



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro



Año II
No 8





Maestro Roger Armando Arias Alvarado
Rector

Dr. Manuel de Jesús Joya Ábrego
Vicerrector Académico

Ing. Agr. Nelson Bernabé Granados Alvarado
Vicerrector Administrativo

Maestro Cristóbal Hernán Ríos Benitez
Secretario General

Licda. Josefina Sibrián
Presidenta Asamblea General Universitaria (AGU)

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
**Secretario de Investigación Científica de la Universidad
de El Salvador (SIC-UES)**
**Director Ejecutivo del Consejo de Investigaciones
Científicas de la Universidad de El Salvador (CIC-UES)**



Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Decano Facultad de Ciencias Agronómicas

Dr. Francisco Lara Ascencio
Vicedecano Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. M.Sc. Luis Fernando Castaneda Romero
Secretario Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén
**Jefe de la Unidad de Investigación Facultad de Ciencias
Agronómicas**

Br. Geovany Castillo Salaverría
**Presidente de la Asociación de Estudiantes de la
Facultad de Ciencias Agronómicas (ASECAS)**

Br. Luis Urbina Castillo
**Secretario de la Asociación de Estudiantes de la
Facultad de Ciencias Agronómicas (ASECAS)**



Revista Agrociencia, una publicación de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador.

Octubre-noviembre 2018

Comité Editorial

Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios,
Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Inga. Agr. M.Sc. Blanca Lorena Bonilla de Torres.
Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

MVZ. María José Vargas Artiga.
Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Inga. Agr. M.Sc. Blanca Eugenia Torres de Ortiz,
Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Ph.D. Lara-Uc Ma. Mónica.
Alumno Posdoctorante Posgrado de Ciencias Marinas y Costeras
de Universidad Autónoma de Baja California Sur Universidad
Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur,
México.

Ing. Agr. Sabas Alberto Argueta Palacios.
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad
de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ph.D. Víctor D. Carmona Galindo.
Director of Sustainability and Associate Professor Biology
Department. University of Detroit Mercy, Detroit
Michigan, United States.

Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes.
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Geografo Aisur Ignacio Agudo Padrón.
Gerente Investigador del Projeto Brasileiro Autônomo “Avulsos
Malacológicos - AM, Brasil.

MVZ Rudy Anthony Ramos Sosa.
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. Miguel Ángel Hernández Martínez.
Escuela de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén.
Jefe Unidad de Investigación, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas.
Secretario de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
y Director ejecutivo (CIC-UES) Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. Rafael Antonio Espino Barahona.
Departamento Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Carlos Estrada
Director- Editor de la revista Agrociencia, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Contenido

Cerdo Criollo: 500 años de adaptación a El Salvador, una alternativa potencial de producción pecuaria en zonas rurales ante la amenaza del cambio climático. **Pág. 6**

Almacenamiento de carbono en sistemas con diferentes usos de suelos en el municipio de Comalapa, Chalatenango, El Salvador. **Pág. 15**

Comunidades y grupos funcionales de nemátodos indicadores de la calidad del suelo en dos sistemas de manejo de cafetal en la zona oriental de el salvador. **Pág. 31**

Evaluación fenológica y morfo-agronómica de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). **Pág. 45**



Portada: ... cerdos criollos de color negro. Son de tamaño mediano o pequeño, la cabeza es pequeña con hocico largo y orejas medianas.

No 8
Año II
Octubre - Noviembre 2018
ISSN 2522-6509

<https://revistaagrociencia.wordpress.com/>

Director- Editor: Carlos Estrada
Correctora de estilo: Yesica Guardado

Editorial

Algunas de estas páginas están dedicadas a fotografías que ilustran parte de los logros de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

La inauguración de la Maestría en Biología Molecular, que permitirá lanzar a la sociedad profesionales acordes a las exigencias del mundo actual.

El desarrollo del III Simposio de Investigación Científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador los días 16 y 17 de octubre de 2018 .

Este evento ha ido creciendo año con año, ahora nos visitan diferentes instituciones educativas nacionales y extranjeras, instituciones gubernamentales, ONG's, pequeños y medianos productores y gran empresa se hicieron presentes. Dos días de ponencias, exposiciones y convivencia que dieron como frutos la adquisición de nuevos conocimientos, el estrechamiento de lazos de amistad, cooperación y la proyección de la investigación de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Durante el evento el clima no fue favorable, lo cual impidió el arribo de la delegación de Honduras y de Costa Rica, docentes y estudiantes de sus universidades se harían presentes con posters y ponencias, como lo hizo University of Detroit Mercy, United States, con su delegación de un docente y dos estudiantes con sus ponencias y posters. Esto lleva a pensar que la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador está proyectando una fuerte imagen del quehacer científico y académico de El Salvador. La respuesta nacional fue más allá de nuestras expectativas, un promedio de 300 personas diarias, asistieron al evento y muchos dieron seguimiento vía noticias y transmisiones.



Quiero por medio de estas líneas expresar mi más grande agradecimiento a las empresas e instituciones que no dudaron en ofrecer el apoyo para la realización de este evento, nos han acompañado por tres años comprometidos con la ciencia, comprometidos con El Salvador, con el planeta. Agradecido con el personal de apoyo de la F.CC.AA., las y los estudiantes que apoyaron en la organización, con sus ponencias y asistencia, a las autoridades de la F.CC.AA. por darnos el apoyo, el espacio y la libertad de acción para la consecución de este evento.

Nos vemos en el IV Simposio de Investigación Científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador 2019!!!

carlos estrada

Cerdo Criollo: 500 años de adaptación a El Salvador, una alternativa potencial de producción pecuaria en zonas rurales ante la amenaza del cambio climático

Martínez - Aguilar, EA

Auxiliar de Proyectos, Departamento de Zootecnia
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador
Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador
Correo electrónico: joco0690@yahoo.es

Resumen

El cerdo criollo es un animal que se caracteriza por su adaptabilidad a cualquier tipo de ambiente, su rusticidad es notoria y es quizá su característica más valiosa que se le debe reconocer. Su origen en El Salvador se remonta a la llegada de los conquistadores y colonizadores españoles quienes trajeron a estas tierras las razas autóctonas de la península ibérica, pero con el paso del tiempo, las condiciones del ambiente y los cruzamientos al azar, fueron amoldando el cerdo criollo que existe hoy en día en el territorio de El Salvador y en toda América Latina. Cada raza de cerdo criollo de América tiene sus propias características definidas el ambiente específico donde se desarrollo. Esta investigación fue realizada recopilando información sobre los cerdos criollos en general, específicamente del caso salvadoreño, donde durante el periodo de 1977 a 1992, existió un numeroso núcleo experimental de cerdos criollos de tres fenotipos diferentes, en los cuales se realizaron diversos estudios de alimentación, producción y reproducción. Es necesario llevar a cabo otro esfuerzo similar para rescatar y conservar lo que queda de estos recursos zoogenéticos cada vez más escaso en El Salvador y que puede constituir una alternativa con potencial ante la amenaza del cambio climático.

Palabras clave: Cerdo, criollo, recursos, zoogenéticos, rusticidad.

Abstract.

The Creole pig is an animal that is characterized by its adaptability to any type of environment, its rusticity is notorious and is perhaps its most valuable characteristic and that should be fairly recognized. Its origin in El Salvador goes back to the arrival of the Spanish conquerors and colonizers who brought to these lands the autochthonous races of the Iberian Peninsula, but with the passage of time, the environmental conditions and the random crossings, they were adapting the pig Creole that exists today in the territory of El Salvador and throughout Latin America. Each creole pig breed in America has its own characteristics defined the specific environment where it was developed. This research was carried out collecting information on Creole pigs in general and specifically in the Salvadoran case, where during the period from 1977 to 1992, there was a large experimental nucleus of Creole pigs of three different phenotypes, in which several feeding studies were carried out, production and reproduction. It is necessary to carry out another similar effort to rescue and conserve what is left of these animal genetic resources that is increasingly scarce in El Salvador and that can constitute an alternative with potential in the face of the threat of climate change.

Key words: Creole, pig, animal genetic, resources, rusticity.

Introducción

Los conquistadores españoles en sus diferentes viajes, trajeron consigo todo tipo de animales domésticos diseminándolos por todo el territorio Americano. Así la actividad pecuaria de América es una prolongación lógica de la tradición española. El cerdo llegó en primer lugar a Santo Domingo, Puerto Rico, Cuba y Jamaica, procedente de las Islas Canarias en el segundo viaje de Cristóbal Colón en 1493 (Patiño, 1970). Las conquistas españolas y portuguesas poblaron el resto del continente. Para fines del siglo XVI, la cría del cerdo era estable en casi todas las poblaciones españolas del Nuevo Reino; la especie porcina, más que cualquier otro animal doméstico introducido por los europeos, encontró en América tropical una gran variedad de recursos alimenticios, causa principal de rápido incremento que tuvo la cría. Los cerdos ibéricos y los criollos americanos se encuentran históricamente vinculados entre sí, las diferencias morfológicas son producto de más de 500 años de adaptación y de la introducción de otros genotipos (Pinheiro, 1976). La presencia de los cerdos criollos originarios de las razas ibéricas se extiende desde México hasta el extremo sur de Argentina, desde el nivel del mar hasta los 4500 metros de altura como en la provincia del Chimborazo en el Ecuador y algunas regiones de Bolivia (Benítez y Sánchez, 2001). Alvarado (1982), indica que los cerdos criollos son de pelaje escaso o abundante (de acuerdo al clima), de color negro con mezclas de amarillo y blanco. Son de tamaño mediano o pequeño, la cabeza es pequeña con hocico largo y orejas medianas. Las extremidades son pequeñas con malos aplomos y jamones escasos (Figs.1,2,3).



Figura 1. Cerdo criollo tipo Negro, en Tiangué de San Rafael Cedros, Cuscatlán (2016).



Figura 2. Cerdo criollo tipo Chino, de la Finca de Don M. Escobar en Aguilares, San Salvador (2018).



Figura 3. Cerdos criollos tipo Manchado, en Tiangué de Nuevo Edén de San Juan, San Miguel (2017).

Rusticidad, la importancia del cerdo criollo

La capacidad de los animales de sobrevivir y producir bajo condiciones desfavorables: climas cambiantes, escasez de alimento y predisposición a infecciones por patógenos es llamada rusticidad. Este es el tipo de cerdo que es utilizado en América tropical y que se han adaptado por más de 500 años, sin control sistematizado de producción por lo que han desarrollado mecanismos de resistencia que les permite habitar en esos lugares (Benítez y Sánchez, 2001; Lemus *et al.* 2005).

Crearon mecanismos de ajuste a condiciones difíciles dados como respuesta a la interacción entre factores hereditarios y condiciones ambientales adversas: intemperie, consanguinidad, cambios climáticos, alimentación deficiente, que en conjunto han proporcionado rusticidad, características como: resistencia a enfermedades, instinto rebuscador, formas de aprovechamiento de toda clase de recursos alimenticios y mecanismos fisiológicos para la transformación de forrajes (Carrero, 1989). En países tropicales las razas criollas toleran de mejor forma el calor y la humedad que las líneas comerciales, que por encima de los 30°C disminuyen notablemente su consumo de alimento, ganancia de peso y fertilidad (Ministerio de Agricultura del Ecuador, 2009). Por otro lado, estudios en cerdos criollos cubanos indican que su sistema inmunológico cuando es retado a las parasitosis comunes en sistemas extensivos, responde con mayor eficiencia que las razas comerciales otorgándole mayor resistencia a la infestación (Pérez *et al.* 2002). Lamentablemente en América Latina, las razas de origen ibérico tienden a desaparecer por la agresiva introducción de razas provenientes de los países del norte, lo cual pone en riesgo un patrimonio genético digno de ser conservado con el fin de aprovechar esta capacidad, la resistencia a las enfermedades, rusticidad y capacidad transformadora de los más variados alimentos (Benítez y Sánchez, 2001).

Formación del hato de cerdos criollos en El Salvador

En 1977 el gobierno de El Salvador inicio un programa de desarrollo del cerdo criollo. En esa fecha se inició la recolección de germoplasma de cerdos criollos, estableciéndose el núcleo de investigación CEGA-Izalco. Los objetivos de esta iniciativa los constituyó el estudio de esta especie y la generación de tecnologías apropiadas para su desarrollo. Esta actividad se orientó a productores de limitados recursos, quienes tradicionalmente la han utilizado aprovechando residuos de cosecha y otros recursos alimenticios de las fincas, como una forma de capitalización (Ventura, 1987a).

Investigaciones sobre la alimentación del cerdo criollo en El Salvador

Follaje de soya en cerdo criollo

Ventura (1987b), relata como en Metalío, Sonsonate, durante 1987, se obtuvo colaboración de agricultores los cuales proporcionaron parcelas para sembrar frijol de soya, y posteriormente se seleccionaron tres grupos de cerdos del tipo criollo de diferente sexo, en los cuales se efectuó la evaluación del follaje de soya. Durante los primeros 14 días se les proporcionó a los cerdos follaje de soya en estado de floración, además se les suministró maíz, maicillo, “chilate” y campanilla, dependiendo de los recursos del colaborador. Posteriormente, los cerdos fueron sometidos por otros 14 días al sistema de alimentación que el colaborador acostumbra en ausencia de follaje de soya, el follaje de soya se suministró por la mañana y por la tarde llevando registro de peso de la cantidad ofrecida, además se registró el peso del cereal, en los casos que el colaborador lo suministraba. El autor concluyó que no es pertinente emplear esfuerzos en establecer parcelas de soya para uso de forraje en cerdos. Señala que existen en el área rural plantas que crecen exhuberantemente, como el quinamul y la campanilla, que no necesitan de ningún manejo agronómico, cuyo análisis bromatológico y aceptabilidad por el cerdo, indican ser materiales cuya utilización puede ser más ampliamente difundida.

Suplementación con suero a lechones criollos de diferentes tipos, alimentados con raciones comerciales

Ventura (1987b), también reporta una investigación en el CEGA-Izalco, Sonsonate, que buscaba aprovechar el suero de leche, el cual es un subproducto de la elaboración artesanal del queso de leche de vaca, y que en muchos lugares de El Salvador se desechaba, objetivos de esta investigación fueron:

- a - Estudiar la respuesta de cerdos destetados a las 4 semanas de edad al suministró de suero mezclado con el concentrado en la proporción 1:1.5, concentrado: suero.
- b- Verificar si el destete precoz responde favorablemente a las fórmulas comerciales empleadas en el estudio.

Se utilizaron 12 camadas de cerdos criollos de diferentes tipos que se destetaron a las 4 semanas de edad. Se asignaron 6 camadas por tratamiento. Uno de los tratamientos consistió en ofrecer *ad libitum* una ración de iniciador comercial durante 4 semanas después del destete, cuyo contenido

de proteína cruda y grasa fue no menor de 18.0% y 4.0% respectivamente, siendo su contenido de fibra no mayor de 5.5%. A las 8 semanas de edad, se suplemento por cuatro semanas una fórmula para crecimiento con un contenido de proteína y grasa de 16.0% y 5.0% respectivamente, y su contenido de fibra no mayor de 6.5%. Para el otro tratamiento se utilizaron las mismas fórmulas comerciales de iniciación y crecimiento en la misma secuencia, siendo la única diferencia que se les agregó suero en la proporción 1:1.5 fórmula comercial: suero. Se suministró el alimento *ad libitum*, cuidándose estimar la cantidad necesaria diaria para evitar desperdicios. El peso de los lechones fue registrado semanalmente, en el cuadro 1, se presentan los resultados obtenidos de los pesos iniciales, finales y ganancia promedio, así como el número de observaciones para cada tratamiento. El análisis estadístico fue un diseño completamente al azar, en el cual el tratamiento se define como la combinación del tipo de cerdo y tipo de dieta, se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) obteniéndose los mejores resultados en cerdo tipo parchado y negro con una ganancia promedio de 14.3 y 11.1 kg, respectivamente.

El autor concluyó que la adición de suero produjo un efecto adverso, esto pudo deberse a algún desbalance de nutrientes, que se haría más notorio si la ración comercial es de buena calidad.

Crecimiento de lechones criollos tipo Negro, Chino y Parchado amamantado hasta las cuatro y ocho semanas

Ventura (1987b), narra que en estudios realizados sobre la producción láctea de las cerdas criollas, indican que en los tres tipos raciales la producción de leche desciende a partir de la cuarta y quinta semana después del parto por lo que se efectuaron ensayos con miras a un destete precoz. En el CEGA-Izalco, el destete de los lechones se acostumbra efectuarlo a las 8 semanas de edad. En el campo el porcinocultor acostumbra destetar a sus lechones a las 10 semanas de edad o más tarde, hasta que la cerda rehúse amamantarlos. Los objetivos fueron:

a- Estudiar la posibilidad de destetar los cerdos criollos a las 4 semanas de edad, sin detrimento en el posterior desarrollo de los lechones.

b- Observar el estado físico-nutricional de la madre.

Se tomaron al azar camadas de lechones de diferentes tipos y se sometieron a dos tratamientos: (1) el primer grupo se desteto a la 8 semanas, y (2) el segundo grupo se desteto a las 4 semanas, pasando luego a un sistema de alimentación hasta la semana 8, con una dieta completa *ad libitum*, formulada por los laboratorios del INCAP (20% de proteína). De las semanas 8 a la 12 todas las camadas fueron alimentadas *ad libitum* con iniciador comercial. El peso individual de los lechones y consumo de alimento se registró semanalmente a partir de la semana 4. A todas las camadas se les ofreció concentrado desde la primera semana de edad para su acostumbramiento (concentrado de las madres al primer tratamiento y la fórmula del INCAP para el segundo), los resultados se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 1. Efecto de la suplementación de suero en lechones criollos de diferentes tipos alimentados con raciones comerciales.

Grupo No	Tipo de cerdo	Suplemento	Peso Kg			n
			Inicial	Final	Ganancia	
1	Negro	Nada	4.5	15.6	11.2	21
2	Negro	Suero	4.1	12.5	8.4	21
3	Chino	Nada	3.8	13.2	9.4	14
4	Chino	Suero	4.9	13.4	8.5	7
5	Parchado	Nada	4.3	18.6	14.3	9
6	Parchado	Suero	4.2	12.1	7.9	7

Fuente: Ventura, 1987

Cuadro 2. Resultados de la ganancia de peso de lechones criollos destetados a las 4 y 8 semanas de edad.

Raza	Trat.*	Peso			Ganancia Kg		Cons. / kg Gan.	
		4 sem.	8 sem.	12 sem.	8 sem.	12 sem.	8 sem.	12 sem.
Negro	1	4.3	7.3	14.0	3.0	6.7	2.0	2.4
Negro	2	4.3	8.3	12.4	4.0	4.1	---	4.0
Chino	1	4.9	7.1	15.3	2.2	8.2	2.3	2.2
Chino	2	3.8	6.8	8.4	3.0	1.6	---	9.2
Parchado	1	3.6	4.8	8.8	1.2	4.0	3.3	1.2
Parchado	2	3.3	5.4	7.9	2.1	2.5	---	3.5

*1= destete 4 semanas; 2= destete 8 semanas
Fuente: Ventura, 1987

Para los cerdos tipo negro se observan diferencias estadísticas entre los dos tratamientos siendo la mayor ganancia de peso para el grupo alimentado con la madre hasta las 8 semanas. En el periodo de la semana 8 a la 12 se observa en el grupo de destete precoz una mayor ganancia de peso. También se observó en este grupo el mayor aumento de peso entre la semana 8 y la 12 de los tres tipos. Para los cerdos chinos se observa que el grupo alimentado con la madre a las 8 semanas presenta mayor ganancia de peso, estadísticamente significativo. En el periodo de la semana 8 a la 12 se observa en el grupo de destete precoz una mayor ganancia de peso. El tipo parchado presenta el mismo comportamiento que los anteriores, no existen diferencias significativas. Con base a los resultados el autor concluye que el estrés provocado por la separación de los lechones de la madre afecta la ganancia de peso y favorece a los lechones que permanecen con la madre. Sin embargo el autor señala que este comportamiento es factible de ser superado mejorando la ración. En el segundo tratamiento los resultados indican que los lechones amamantados por la madre hasta las 8 semanas sufren estrés al ser separados y la ganancia de peso favorece al precoz. El autor concluyó que definitivamente los dos grupos en un momento determinado fueron afectados por el cambio de dieta, especialmente por la supresión de leche materna; sin embargo, señala que al comparar la ganancia total de peso hasta las 12 semanas, se observó que el grupo de lechones destetados precozmente se comporta mejor por lo que se concluyó que la práctica de destete precoz es recomendable y que la dieta a utilizarse para el destete debería ser mejorada.

Estudios de digestibilidad de raciones altas en fibra, utilizando choreque (*Lathyrus sativus*) y campanilla (*Ipomoea* sp)

Ventura (1987b), señala que, se sabe que el cerdo criollo consume altas cantidades de forraje verde como parte de su dieta; sin embargo se desconoce la eficiencia de utilización de alimentos fibrosos, por lo que se consideró conveniente realizar algunos estudios para conocer la capacidad del cerdo criollo en digerir raciones altas en fibra. Los objetivos fueron (a) Establecer la eficiencia digestiva de energía, proteína y fibra del cerdo alimentado con raciones altas en fibra a las 8, 16 y 26 semanas de edad y (b) Determinar la influencia del nivel de fibra sobre la digestibilidad de la proteína y la energía. Para cada edad de los cerdos se utilizaron tres fórmulaciones, cuyo contenido de material fibroso a evaluar fue 0% para el control y de 16.2 y 32.8% para las otras dos fórmulaciones. El material fibroso de choreque se evaluó en las tres etapas de los cerdos, mientras que el de campanilla solo se evaluó en cerdos de 8 semanas de edad. Las dietas elaboradas para cada balance se

analizaron en su contenido energético y proteico, contenido celular, paredes celulares, fibra ácido detergente, lignina y celulosa. Los mismos análisis se hicieron a las heces. Por diferencia se calculó la digestibilidad. Los resultados en la comparación de digestibilidad de los materiales choreque y campanilla, se pudo observar que para la variable fibra ácido detergente, lignina y celulosa existen diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$), por lo que las dietas desarrolladas a base de campanilla, poseen mayor digestibilidad y, por lo tanto, es mejor aprovechada por el cerdo. El autor recalca que esto es importante ya que la campanilla es el forraje predominante en la zona.

Evaluación de Maíz con alto contenido de lisina

Ventura (1987a), señala que en un ensayo que tuvo una duración de 63 días, se evaluó el maíz variedad Nutricia alto en lisina contra maíz común más lisina, se midió el peso de los animales y el consumo de alimentos. Los resultados obtenidos indican que los animales que recibieron el tratamiento con maíz Nutricia presentaron las mejores ganancias de peso total y diario, pero mostraron un mayor consumo y una mayor conversión alimenticia. El tratamiento de maíz común más lisina presentó un pobre crecimiento, bajo consumo de alimento y la mejor conversión alimenticia. También se determinaron los niveles más apropiados de energía en el crecimiento y acabado, para ello se probaron tres niveles de energía en las dietas para los periodos de crecimiento, engorde y terminado. Los resultados ratifican el concepto de que en el cerdo criollo los niveles de energía juegan un papel importante en la eficiencia del crecimiento, sin embargo el estudio propone que se requieren evaluaciones adicionales sobre este aspecto.

Consumo de alimento e incremento de peso diario

Los incrementos diarios fluctuaron entre 90 y 125 g/día en la etapa de crecimiento y hasta 572 y 640 g/día en la etapa de finalización, sin diferencias significativas entre los tipos de cerdo Chino, Negro y Parchado, aunque la mayor velocidad de crecimiento la obtuvieron los cerdos Chino y Negro. Los consumos diarios de alimento fluctuaron entre 250 g al inicio y 3800 g a la finalización (Ventura, 1987a).

Cuatro dietas fórmuladas con ingredientes locales en destete temprano de lechones criollos

En el CEGA-Izalco, se evaluaron en 114 lechones criollos, cuatro tratamientos para el destete temprano de lechones criollos, T0=Concentrado + Agua; T1= Concentrado + Suero; T2= Concentrado + Suero-Melaza; T3= Concentrado + Jugo de Chayo (*Chiyoslocus chayamansa*).

Se evaluaron las variables: Peso (kg), perímetro torácico (cm), longitud corporal (cm), altura inferior (cm), altura superior (cm), y se realizaron hemogramas. El ensayo comenzó a los 14 días de vida de los lechones y la fase de análisis a los 35 y 56 días de vida de los lechones. Los resultados obtenidos a los 35 días revelan que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a los 56 días, la prueba estadística no demostró diferencias significativas, excepto en los hematocritos, hemoglobina y neutrófilos, que son parte del hemograma, y en química sanguínea para proteína altamente significativas ($p > 0.01$), las albuminas y globulinas fueron significativas, sin embargo todas encajaban en los rangos normales, así que se concluyó que todas las dietas cubrían los rangos nutricionales necesarios para los cerdos en esa edad (Chevez y Flores, 1992).

Evaluación del comportamiento reproductivo de las hembras criollas

Ventura (1987b), señala que en este estudio se involucró a todas las hembras del hato de cerdos criollos del CEGA-Izalco y la evaluación se realizó año con año, desde la fundación del hato en 1977 (Cuadros 3,4,5).

El autor señala que en cuanto a las características de las reproductoras es factible reducir la edad al primer parto de los 15 a los 12 o 13 meses, con una mejor nutrición. En las cerdas de más de tres partos, el ciclo reproductivo fue más largo por problemas del destete a 56 días. La duración de la preñez fue 112 días, 3 días menos que en cerdos de raza especializada. En cuanto a características reproductivas únicamente el 8% de las cerdas repite celo, los servicios por parto son aceptables (1.4), el ciclo entre partos se ve afectado por la lactancia de 56 días, el periodo de destete-servicio (26 días) debería ser de 12, ya que igualmente se ve afectado por la lactancia larga. En cuanto a las características productivas, se observa que la Prolificidad es baja (8.3) e inferior a los especializados manejados en estabulación; los lechones nacen pequeños (1.0 kg) y sus aumentos diarios son muy pobres (106 gr/día).

Cuadro 3. Parámetros reproductivos de las hembras criollas del hato del CEGA-Izalco.

Edad de las cerdas al primer parto, meses	15
Edad de las cerdas al segundo parto, meses	21
Edad de las cerdas al tercer parto, meses	27
Edad promedio de las cerdas de más de 3 partos, meses	40
Duración de la preñez, días	112
Duración promedio del parto, horas	3.8
Cerdas que parieron de día (23), %	30.7
Cerdas que parieron de noche (52), %	69.3
Cerdas servidas, total	87
Cerdas que replicaron celo	7
Servicios por cerda por hato	2.7
Servicios por cerda por parto	1.4
Ciclo entre partos, días	194
Periodo destete-servicio, días	26
Partos por cerda por año	1.9
Lechones destetados por cerda por año	13
Lechones nacidos vivos por camada	8.3
Lechones nacidos muertos por camada	0.24
Lechones vivos a los 21 días por camada	7.1
Peso del lechón al nacer, kg	1.0
Peso por lechón a los 21 días, kg	3.2
Mortalidad a los 21 días, %	14.3
Mortalidad al destete (56 días), %	16.7
Ganancia de peso diaria por lechón a los 21 días, g	106

Cuadro 4. Características reproductivas de la cerda criolla, según el número de partos.

Parámetro	Parto			
	1°	2°	3°	4° o mas
Tamaño camada al nacer	8.3	7.7	8.5	9.1
Tamaño camada a los 21 días	7.5	7.1	6.6	6.9
Tamaño camada al destete	7.3	6.7	6.5	6.7
Lechones nacidos muertos/camada	0.22	0.06	0.53	0.18
Peso lechón al nacer, kg.	0.95	0.95	1.04	1.04
Peso lechón a 21 días, kg	3.2	3.2	3.3	3.4
Peso lechón a 28 días, kg	3.7	4.1	3.9	4.4
Peso lechón a 42 días, kg	4.3	4.6	5.9	4.8
Peso lechón a 56 días, kg	6.3	6.8	7.0	7.4
Duración de la preñez en días	112	113	112	113
Ciclo entre partos, días	---	178	203	206

Cuadro 5. Características reproductivas de la cerda criolla, según raza.

Parámetro	China	Negra	Parchada	Cruce
Lechones nacidos vivos/camada	8.5	8.4	8.1	8.3
Lechones nacidos muertos/camada	0.16	0.23	0.00	0.30
Lechones vivos a 21 días	6.9	7.2	7.4	7.4
Lechones destetados/camada	6.6	7.1	7.3	7.1
Peso/lechón al nacer, kg	0.95	1.0	1.1	1.04
Peso lechón a los 21 días, kg	3.1	3.4	3.2	3.4
Ganancia diaria/lechón g	104	113	100	110

Estado Actual del cerdo criollo en El Salvador

Según el informe nacional sobre el estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura, la población porcina en El Salvador para el año 2016 fue de 194,160 cabezas, de las cuales 108,613 son desarrollados en sistemas familiares o de traspatio. Los departamentos que presentaron mayor estructura del hato porcino de traspatio a nivel familiar para el año 2014 fueron Usulután, Ahuachapán, La Unión y Cabañas con 21,492; 19,055; 13,965 y 11,200 cabezas respectivamente (Ortíz *et al.* 2016). A nivel familiar se explotan los cruces con los grupos de cerdo criollo, como el cerdo tipo curro y chino (Pleitez *et al.* 2003). De estos grupos (criollos), igualmente no se tienen estimaciones de la población animal aunque su presencia es más frecuente a nivel de las fincas, estos se encuentran con amenazas de extinción dado el uso creciente de verracos cruzados con otras razas especializadas. Con las razas especializadas se presenta el problema que no se adaptan fácilmente al medio, existiendo problemas en su alimentación para obtener buenas producciones, por lo que se debería de aprovechar el potencial genético de los vestigios de razas criollas que aún persisten, en el país no existen programas de conservación de los recursos genéticos criollos y los vestigios que aún se encuentran se dan a través de la resistencia y racionalidad campesina y que la misma se debe a su estado de pobreza, principalmente puesto que no se han realizado esfuerzos de conservación de la raza criolla, la conservación de los mejores ejemplares se realiza por fenotipo (Pleitez *et al.* 2003).

Conclusiones

En las fuentes consultadas se puede apreciar que los investigadores realizaron un extenso trabajo en el hato de cerdos criollos que existió en el CEGA-Izalco durante el periodo de 1977 a 1992, de estos resultados se rescatan datos relevantes como la capacidad que poseen los cerdos criollos de alimentarse de altas cantidades de forraje y aprovechar en medida aceptable los nutrientes que estos le proporcionan.

Queda evidenciada la Prolificidad de las cerdas criollas y su elasticidad, ya que las pruebas en el CEGA-Izalco demostraron que la edad al parto puede reducirse de 2 a 3 meses nutriendo adecuadamente a la cerda de reemplazo, y que el destete precoz era posible en los lechones criollos nutriéndolos adecuadamente sin poner en detrimento su desarrollo, lo que repercutía en que la madre entrara en celo nuevamente en menor tiempo.

Con todas las pruebas de alimentación realizadas se demostró que estos cerdos pueden ser alimentados con una gran variedad de materiales que abundan en el medio rural, por lo que los costos de producción de este tipo de animal deberían ser factibles para los productores de escasos recursos, esto sumado a su mayor ventaja que es la adaptación al medio rural salvadoreño.

El cerdo criollo en la actualidad se encuentra amenazado, el hato de cerdos criollos del CEGA-Izalco actualmente CEDA-Izalco, ya no existe, por lo tanto se perdieron los 3 núcleos experimentales de los tipos Chino, Negro y Parchado.

No se conoce actualmente el grado de amenaza existente sobre la raza, ni cuáles son los fenotipos sobrevivientes en medio rural salvadoreño.

Bibliografía

- Alvarado, F. 1982. Consejos prácticos para una Explotación de Cerdos. Quito, EC. Edit. INIAP. Pág. 136-142.
- Benítez, O.W.; Sánchez, D.M. 2001. Los cerdos criollos en América Latina. In: FAO (ed.) Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal, 13-35; 148-191.
- Carrero González, H. 1989. Manual de producción porcícola. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)-Centro Latinoamericano de Especies Menores (CLEM). 111 p. Manual Técnico.
- Chevez, I.E; Flores, O. 1992. Uso de cuatro dietas formuladas con ingredientes locales para cerdo criollo en fase de destete temprano. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador (UES). 157 p.
- Lemus, C.; Alonso, M.R.; Alonso-Spilbury, M.; Ramírez, N.R. 2005. Características morfológicas en cerdos nativos mexicanos. Revista Archivos de Zootecnia 52: 105-108.
- Ministerio de Agricultura del Ecuador. 2009. Caracterización Etnozootécnica y Genética del Cerdo Criollo de Ecuador (En Línea). Consultado 20 de agosto 2018. Disponible en http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/03_13_09_Patricio.pdf
- Ortíz, O; Flores, H; Alemán, S; Osorio, M; Solórzano, S. 2016. El Salvador: Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV)-CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, SV). 154 p.
- Patiño V.M. 1970. Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Tomo IV: plantas introducidas. Cali (CO): Imprenta Departamental. p. 295-317.
- Pérez, E.; Velázquez, F.; Rivero, M.; Pérez, L.; Villa, R.; Segura, D.; Peña, M. 2002. El cerdo criollo cubano un recurso genético que tolera mejor las parasitosis en sistemas de producción de medios y bajos insumos. Memorias III Simposio Iberoamericano sobre la conservación de los recursos zoogenéticos locales y el desarrollo rural sostenible. Montevideo, Uruguay.
- Pleitez, J; Mejía, O.E.; Araujo Santin, J. 2003. Diagnóstico de los Recursos Zoogenéticos en El Salvador (En Línea). Consultado el 27 de Noviembre de 2016. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/.../annexes/CountryReports/ElSalvador.pdf>
- Pinheiro, M. 1976. Los cerdos. Editorial Buenos Aires: Hemisferio Sur. Argentina
- Ventura, J.A. 1987a. Mejoramiento de la productividad del cerdo criollo. El Salvador. In Informe VII reunión anual. IICA-RISPAL. 1987. Red de investigación en sistemas de producción animal en Latinoamérica. Ed. Ruiz, M. Programa II: Generación y transferencia de tecnología. P 135-148.
- _____. 1987b. Mejoramiento de la productividad del cerdo criollo. El Salvador. In Informe VIII reunión anual. IICA-RISPAL. 1988. Red de investigación en sistemas de producción animal en Latinoamérica. Ed. Ruiz, M. Programa II: Generación y transferencia de tecnología. P 211-222.



La Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Agronómicas y el Viceministerio de Ciencia y Tecnología de El Salvador inauguraron la Maestría en Biología Molecular.

Este evento se llevó a cabo el 29 de noviembre 2018, en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas.



Almacenamiento de carbono en sistemas con diferentes usos de suelos en el municipio de Comalapa, Chalatenango, El Salvador

Melgar-Ramírez, KI

Estudiante tesista

Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Facultad de Ciencias Agronómicas

Universidad de El Salvador

Nieto-Marroquín, MJ

Estudiante tesista

Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Facultad de Ciencias Agronómicas

Universidad de El Salvador

Castaneda-Romero, LF

Docente Director

Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Facultad de Ciencias Agronómicas

Universidad de El Salvador

García-Inestroza, ED

Docente Director

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Honduras

Siles-Gutiérrez, P

Docente Director

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Nicaragua

Resumen

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Comalapa, Chalatenango, El Salvador, entre mayo y octubre de 2016, en el marco del proyecto ABES (Agro biodiversidad para Servicios Eco sistémicos). El objetivo principal fue cuantificar las reservas de carbono (C) en diferentes usos de la tierra en un paisaje fragmentado. Se estimó el C almacenado en la biomasa aérea y suelos en tres sistemas: Bosque, Cultivo y Pastura, los cuales se categorizaron en ocho diferentes usos de la tierra. En cada sistema se estableció un área de muestreo de 1,000 m², con 50 m de largo y 20 m de ancho. En cada parcela se evaluó la riqueza de especies con Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) mayores de 2.5 cm, la biomasa aérea (hojarasca, necromasa y biomasa arbórea) y la materia orgánica en suelos. La biomasa arbórea se estimó por medio de modelos alométricos que se adaptaron a las especies encontradas (*Cordia alliodora*, árboles de bosque seco tropical y *Musa* spp), el C almacenado, se calculó por medio de la extrapolación utilizando el factor 0.5, ya que según la literatura la mitad del peso seco de la biomasa es C. En promedio se almacenan entre 4.39 a 81.14 Mg de C ha⁻¹ en la biomasa aérea y de 24.77 a 39.65 Mg de C ha⁻¹ en suelos. Se determinó además que la biomasa arbórea y los suelos son los componentes que almacenan la mayor cantidad de C. En relación a los sistemas, el bosque es el que almacena la mayor cantidad de C (104.50 Mg ha⁻¹), seguido de cultivo (48.54 Mg ha⁻¹). Por tanto, las especies arbóreas dentro de las parcelas de los productores, permiten incrementar el almacenamiento de C en el sistema, además de brindar otros servicios ecosistémicos que son de beneficio no solo para los productores sino también para el planeta.

Palabras clave: Almacenamiento, Carbono, paisaje, fragmentado, bosque, cultivo, pasturas, Comalapa, Chalatenango.

Abstract

The research was carried out in the municipality of Comalapa, Chalatenango, El Salvador, between May and October 2016, within the framework of the ABES project (Agro biodiversity for Eco-systemic Services). The main objective was to quantify carbon stocks (C) in different land uses in a fragmented landscape. It was estimated the C stored in the aerial biomass and soils in three systems: Forest, Cultivation and Pasture, which were categorized in eight different uses of the land. In each system a sampling area of 1,000 m², 50 m long and 20 m wide, was established. In each plot the richness of species with diameter at chest height (DAP) greater than 2.5 cm, aerial biomass (leaf litter, necromass and tree biomass) and organic matter in soils were evaluated. The tree biomass was estimated using allometric models that were adapted to the species found (*Cordia alliodora*, tropical dry forest trees and *Musa* spp), the stored C was calculated by means of extrapolation using the factor 0.5, since according to Literature half the dry weight of the biomass is C. On average, between 4.39 and 81.14 Mg of ha⁻¹ C are stored in aerial biomass and 24.77 to 39.65 Mg of ha⁻¹ C in soils. It was also determined that tree biomass and soils are the components that store the largest amount of C. In relation to the systems, the forest is the one that stores the largest amount of C (104.50 Mg ha⁻¹), followed by cultivation (48.54 Mg ha⁻¹). Therefore, the tree species within the plots of the producers, allow to increase the storage of C in the system, in addition to providing other ecosystem services that are of benefit not only for the producers but also for the planet.

Key words: Carbon, Storage, Fragmented, Landscape, Forest, Crop, Pasture, Comalapa, Chalatenango.

Introducción

El CO₂ es responsable del 50% del calentamiento global debido a la absorción de la radiación térmica emitida por la superficie de la tierra (Jobbágy y Jackson, 2000). Una forma de mitigar sus efectos es almacenarlo en la biomasa mediante la fotosíntesis, a través de sistemas agroforestales, que son formas de uso de la tierra donde los árboles o arbustos interactúan biológica y económicamente en una misma superficie con cultivos o animales, asociados de forma simultánea o secuencial (Nair 2004).

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de El Salvador del año 2005, el total de emisiones de GEI fue de 14,453.40 Gg de CO₂; el sector agricultura en general emite 3,115.40 GgCO₂ que equivale al 21.55% del total de las emisiones (MARN 2013). Ante este problema es necesario proponer soluciones que permitan que la agricultura pueda ser una opción viable para contribuir a mitigar los efectos del cambio climático.

La agricultura captura carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis de las plantas. A nivel global la producción primaria neta de la agricultura fija unos 7,000 millones de toneladas anuales de C, una cantidad que se aproxima al liberado por la quema de combustibles fósiles e industria. Una pequeña parte de este carbono se incorpora a los suelos a través de los residuos de las cosechas; el resto circula por la cadena trófica (es decir, la alimentación ganadera y humana fundamentalmente), incorporándose también al suelo una mínima parte a través de los residuos animales, y siendo liberado el resto principalmente a través de la respiración (Field *et al.* 2007).

En el Salvador, se espera que el cambio climático produzca una reducción de los caudales superficiales de agua y desbordamientos en los ríos; mientras que en el rubro de agricultura provocaría pérdidas en las cosechas de granos básicos que pueden rondar los 11 millones para el año 2025, debido a las sequías, si no se adoptan medidas oportunas (Oviedo 2010).

Para comenzar a establecer mecanismos que incluyan a los productores en las estrategias de mitigación del cambio climático, es necesario estimar el crecimiento, acumulación de biomasa aérea y la fijación de carbono asociada (Alberto y Elvir 2008).

En El Salvador existen muy pocos estudios sobre estos aspectos, por lo cual esta investigación puede dar un valioso aporte para continuar realizando este tipo de esfuerzos a nivel de pequeños y medianos productores, como parte de las acciones que debe realizar la academia y el país en general, en el contexto del cambio climático.

El objetivo principal de la investigación fue cuantificar el almacenamiento de carbono en diferentes usos de la tierra en un paisaje fragmentado en el municipio de Comalapa, Chalatenango, El Salvador, lo que permitirá establecer las bases para futuros proyectos de compensación o pago por servicios ecosistémicos, para beneficiar a los productores y contribuir a la mitigación del cambio climático en el país.

Materiales y Métodos

Ubicación, Duración, Unidades experimentales

La investigación se desarrolló de mayo a octubre de 2016, en el municipio de Comalapa, Chalatenango. Se encuentra a 490 msnm, entre los 14°08'00" latitud Norte y 88°57'00" longitud Oeste; con una temperatura promedio de 31°C y humedad relativa de 71% (MAG 2010). En cuanto al relieve, predominan terrenos escarpados, en su mayoría con pendientes mayores al 12%. La extensión territorial del municipio es de 28.22 km². En 2005 su población era de 4,516 habitantes. Administrativamente se divide en 4 cantones y 20 caseríos.

Se seleccionaron 40 fincas tomando de base los siguientes criterios: área de la finca (una manzana (0.7 ha) como mínimo, que tuvieran al menos dos de los tres sistemas para evaluar (granos básicos, pasturas y bosques secundarios) y disponibilidad del propietario o propietaria para colaborar en la investigación. Se seleccionaron ocho usos de la tierra, tomando de referencia las densidades de árboles presentes en los sistemas agroforestales que tradicionalmente se manejan en la zona, los cuales se describen a continuación:

Cultivo

Se denomina cultivo en este estudio, a las parcelas o áreas de la finca en donde el productor siembra o haya sembrado en los dos últimos años, cultivos como el maíz, frijol y maicillo. Se dividió en:

Cultivo con baja densidad de árboles (CBD): menos de 50 árboles por hectárea.

Cultivo con alta densidad de árboles (CAD): más de 50 árboles por hectárea.

Pasturas

Se clasifican como pasturas a las áreas dentro de la finca destinadas para la siembra de forraje y pasto para el ganado. Se dividió en:

Pastura tradicional o sin árboles (PT): cero árboles por hectárea.

Pastura con baja densidad de árboles (PBD): menos de 100 árboles por hectárea.

Pastura con alta densidad de árboles (PAD): más de 100 árboles por hectárea.

Bosque

Se consideran aquellas áreas dentro de la finca en donde no se trabaja la tierra, se divide en tres:

Bosque secundario (BS): área dentro de la finca abandonada o en descanso con un tiempo mayor a 5 años a partir de su último uso

Áreas en descanso (AD): área dentro de la finca abandonada o en descanso con un tiempo menor a 5 años a partir de su último uso.

Cultivos perennes abandonados (CPA): se considera en esta categoría a aquellas parcelas dedicadas a cultivos perennes que se dejaron de trabajar, en donde se incluyen las especies de Cítricos, Café y Musáceas

Caracterización socioeconómica

La caracterización socioeconómica de las fincas en estudio, se hizo tomando como base un instrumento elaborado por CIAT (Valbuena 2014) que consta de 13 preguntas que incluyen la información general de los productores, aspectos relacionados a la producción y manejo de sus parcelas.

Muestreo de campo

Muestreo de vegetación

En cada finca y uso de la tierra seleccionado, se estableció una parcela temporal de medición rectangular con un tamaño de 0.1 ha (20 m x 50 m). En cada parcela se desarrolló el conteo de árboles y se identificó el nombre de la especie, su DAP (Diámetro a la Altura del Pecho en centímetros) y altura total (H) en metros, para todos los individuos con DAP mayor a 2.5 cm. La identificación de las especies arbóreas se realizó en el campo con la ayuda de personas locales que conocían los nombres comunes y luego con el uso de guías dendrológicas se determinó el nombre científico (Acevedo 2005, Gentry 1993, Holdridge *et al.* 1997).

Muestreo de hojarasca

En cada parcela de medición se establecieron cuatro puntos de muestreo de la hojarasca. La selección de los puntos de muestreo se definió con un patrón sistemático (a 3 m de las esquinas de las parcelas) donde se colectó todo el material muerto y verde en un área de 0.25 m² y colocado en bolsas de polietileno para posteriormente ser pesado en basculas electrónicas. Debido a la época en que se realizó el muestreo no se encontró cultivos establecidos, sin embargo, los rastrojos presentes y pasto se incluyeron en este componente.

Muestreo de necromasa

Se utilizó el método de líneas de intercepción para estimar el volumen de madera gruesa caída en la parcela (MAP 2006). Se utilizó una cinta métrica para medir la distancia y se colocó sobre el suelo para crear una línea de transepto. Se midió todo el material leñoso con un diámetro mayor a 0.5 cm que estuviera a lo largo del intercepto o línea. El material leñoso con diámetro < 0.5 cm no se tomó en cuenta debido a que está incluido en el muestreo de hojarasca.

Muestreo de suelos

En el transepto delimitado para el muestreo de necromasa, se tomaron muestras de suelo a 3 m, 25 m y 47 m, desde 0 a 20 cm de profundidad, ya que ésta se considera de mayor representatividad para estimar materia orgánica en el suelo (Aguilar *et al.* 2012). Las sub muestras se extrajeron con ayuda de un barreno, se mezcló y homogeneizó para obtener una muestra compuesta (debidamente rotulada) de una libra, la cual fue enviada al laboratorio del CENTA para determinar su contenido de materia orgánica.

Metodología de laboratorio

Secado y pesado de la hojarasca.

Las muestras de hojarasca fueron colocadas en bolsas de papel y secadas al horno a 70 °C por 72 horas, se pesaron utilizando una balanza electrónica.

Determinación de la materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo fue analizada en el laboratorio de suelos del CENTA por el método de Walkley y Black o combustión húmeda.

Estimación del Índice de Valor de Importancia (IVI) y carbono almacenado.

Estimación del Índice de Valor de Importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis 1956 citado por Campo y Dubal 2014). Se determinó la frecuencia y dominancia en base a la cantidad de individuos por especie y su área basal, respectivamente.

Frecuencia Relativa: (número de individuos de la especie/ número total de individuos) *100

Dominancia Relativa: (área basal por especie/ total del área basal) * 100

El IVI resulta de sumar la frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies.

Carbono en biomasa arbórea

El carbono en la biomasa arbórea fue estimado por medio de ecuaciones alométricas basadas en el DAP. Las ecuaciones alométricas fueron seleccionadas de la literatura, para especies encontradas en el bosque seco tropical, de acuerdo a lo descrito en cuadro 1.

La biomasa de todos los árboles por parcela fue extrapolada por hectárea (el área de muestreo fue de 0.1 ha) y posteriormente el carbono fue estimado multiplicando por 0.5, ya que las estimaciones de la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, secundarios y plantaciones forestales en su gran mayoría, asumen el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general (Brown y Lugo citado por Segura 1999).

Cuadro 1. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de biomasa arbórea.

Especie	Modelo	Fuente
<i>Cordia alliodora</i>	$B = 10^{-0.755 + 2.072 * \log_{10}(DAP)}$	Segura <i>et al.</i> 2006
Árboles de bosque seco tropical (usando densidad de madera)	$AGB = p e^{(-0.0667 + 1.784 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)}$	Chavé <i>et al.</i> 2005
Árboles de bosque seco tropical	$y_i = 0.37(DAP)^{1.96}$	Nàvar 2009
<i>Musa spp</i>	$W = 0.03(DAP)^{2.13}$	Arifin <i>et al.</i> 2001, citado por Rapidel <i>et al.</i> 2011

Fuente: Adaptado de González, 2009.

Carbono en hojarasca

Los pesos obtenidos de los muestreos de hojarasca de los cuadrantes medidos (0.25 m²), fueron extrapoladas a hectárea. Para determinar el carbono en hojarasca, se multiplicó el peso seco de la biomasa por 0.5, ya que según Ramírez y Montalvo (2006), la mitad del peso seco es Carbono.

Carbono en la necromasa

El volumen (V m³ ha⁻¹) de la necromasa para un transecto individual, se determinó usando la ecuación propuesta por van Wagner (1998)

$$V (m^3 ha^{-1}) = \frac{\pi^2 \sum (d_n)^2}{8L}$$

Dónde d_n es el diámetro de cada pieza de necromasa y L es la longitud del transecto usado. La biomasa se estimó a partir de datos de densidad de la necromasa existente en la literatura (0.4 para necromasa de tamaño medio). El carbono al igual que con la hojarasca y la biomasa aérea, se obtuvo de multiplicar el peso seco por 0.5.

Carbono orgánico en suelo

Para obtener el porcentaje de materia orgánica de cada muestra, se modificó la fórmula propuesta por Hernández *et al.* (2014) para obtener el carbono por hectárea almacenado a la profundidad de muestreo:

$$CS = CC \times (VS \times Da)$$

Dónde:

CS: carbono del suelo (Mg ha⁻¹)

CC: contenido de C (%) obtenido de dividir el porcentaje de la materia orgánica entre 1.72

VS=Volumen de suelo en una ha (10,000 m² x 0.2 m de profundidad).

Da: densidad aparente (se asumirá un valor de 1 t/m³)

Resultados y Discusión

Caracterización de las fincas

Tenencia de la tierra y tamaño de las fincas

La mayoría de productores (57.14%) son arrendatarios, 40% son dueños de la tierra y 2.86% es tierra prestada. En relación al tamaño de la finca, el 42.50% son medianos (área 1 – 3 Mz), y el 57.50% son grandes (área > 3 mz).

Fuentes de ingreso

El 37% de los productores encuestados dijeron que sus ingresos provienen de la agricultura, el 20% mencionan que los pequeños negocios, 17% dijo que la ganadería, 9% menciona que, de la construcción, otro 9% dijo que recibe ayuda del extranjero, el 6% son asalariados y 3% son jornaleros.

Agricultura y ganadería

El 22.85% de los productores se dedican a la ganadería y poseen entre 2 y 40 animales, con un promedio de 3 animales. El maíz, frijol y sorgo son los cultivos de mayor importancia en la zona, los dos primeros tienen mayor relevancia ya que el 100% de los productores los cultivan; con respecto al sorgo, 71.42% lo cultiva principalmente para alimento de ganado (para ensilado) o de aves. El 60 % de los productores destinan el 58% del maíz y el 45.71% del frijol para la venta.

El 100% de los productores la preparación de la tierra la realiza, aplicando herbicidas y luego limpiando con machete. La primera fertilización la realizan con fórmula química 16-20-0 y una segunda con sulfato de amonio. Únicamente un 9% de los productores realizan quema de rastrojos para preparar el terreno para la siembra, pero esta práctica la realiza de forma parcial (controlada), es decir, que los colocan en montones y los queman en diferentes sitios de las parcelas. El 77% de los productores acostumbran dejar la hojarasca como cobertura del suelo, ya que es una práctica muy difundida entre la población, el 11.42% la quema y otro 11.42% la saca del terreno.

Especies arbóreas encontradas

En el muestreo se encontró un total de 2330 árboles, de 93 especies y 46 familias. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies arbóreas encontradas y su respectivo almacenamiento de C.

Nombre científico	Familia	Número de Individuos	C en Mg ^{ha-1}	Σ DAP (m)	DAP medio (m)
<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	176	60.37	20.36	0.12
<i>Eugenia salamensis</i>	Myrtaceae	179	15.46	26.54	0.15
<i>Gliricidia sepium</i>	Papilionoideae	272	14.23	32.84	0.12
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	146	9.69	19.28	0.13
<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae	127	7.84	15.70	0.12
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	52	7.74	10.53	0.20
<i>Bauhinia unguolata</i>	Caesalpiniaceae	79	7.55	13.34	0.17
<i>Roupala glaberrima</i>	Proteaceae	97	6.52	14.66	0.15
<i>Musa sp</i>	Musaceae	41	5.91	18.51	0.45
<i>Conostegia icosandra</i>	Melastomataceae	104	4.97	11.34	0.11
<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	57	4.69	8.70	0.15
<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae	33	3.55	5.94	0.18
Otras especies (80)		967	49.81	115.78	0.12
Total		2,330	198.33	313.52	0.13

Las tres especies de mayor importancia respecto a la captura de C son *Cordia alliodora*, *Eugenia salamensis* y *Gliricidia sepium*, con 60.37, 15.46 y 14.23 Mg ha⁻¹ de C, respectivamente. A pesar que *Gliricidia sepium* tiene 272 individuos, no es la especie que almacena la mayor cantidad de C, debido a que son arboles pequeños con un DAP medio de 0.12 m y reciben frecuentemente podas, esto concuerda con lo reportado por White y Minang (2001) quienes mencionan que los arboles grandes tienen implicaciones significativas en cuanto a la biomasa arbórea y consecuentemente en el almacenamiento de C.

Familias de las especies arbóreas encontradas

Las 2,330 especies encontradas se agrupan en 45 familias, de las cuales se presentan las 10 principales en cuanto al número de individuos (cuadro 3).

Las familias Fabaceae y Rutaceae, son las que agrupan la mayor cantidad de especies (6 cada una), ambas constituyen un 12.90 % del total. Más de la mitad (51.62%) de la población, representada por 48 especies, están agrupadas en la categoría otras especies. Esto permite evidenciar que en los sistemas en estudio existen 10 familias que son de mayor presencia en la zona comparado con las otras 35 familias de la categoría otras.

Cuadro 3. Familias de las especies arbóreas encontradas en el estudio.

Familia	Número de especies	Equivalencia de la población total (%)
Fabaceae	6	6.45
Rutaceae	6	6.45
Mimosaceae	5	5.38
Papilionoideae	5	5.38
Annonaceae	4	4.30
Bignoniaceae	4	4.30
Caesalpiniaceae	4	4.30
Meliaceae	4	4.30
Myrtaceae	4	4.30
Anacardiaceae	3	3.23
Otras (35)	37	51.62

Al realizar una comparación las familias con mayor número de especies no coinciden con las de las tres especies que almacenan la mayor cantidad de C (Boraginaceae, Myrtaceae y Papilionoideae), las cuales están dentro de la categoría de Otras familias, esto indica que pocas familias agrupan la mayor parte de los individuos de una especie, es decir existe una predominancia de familias con menos de tres especies.

Especies de mayor importancia por sistema (según Índice de Valor de Importancia)

Bosque

En el sistema bosque se encontraron 58 especies en total, de las cuales en el cuadro 4 se detallan las principales especies de mayor IVI en cada uso de suelos.

Cuadro 4. Especies de mayor IVI en el sistema bosque.

Área en Descanso		Bosque Secundario		Cultivo Perenne Abandonado	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Persea americana</i>	30.00	<i>Conostegia icosandra</i>	22.34	<i>Musa sp</i>	72.49
<i>Roupala glaberrima</i>	18.08	<i>Gliricidia sepium</i>	18.75	<i>Coffea arábica</i>	22.19
<i>Inga pavoniana</i>	16.88	<i>Luehea speciosa</i>	14.84	<i>Cedrela odorata</i>	13.65
<i>Mangifera indica</i>	12.02	<i>Curatella americana</i>	13.29	<i>Eugenia salamensis</i>	11.58
<i>Eugenia salamensis</i>	10.94	<i>Cordia alliodora</i>	11.43	<i>Persea americana</i>	9.70
<i>Cedrela odorata</i>	8.95	<i>Bursera simaruba</i>	9.57	<i>Cordia alliodora</i>	6.94
<i>Tabebuia rosea</i>	8.25	<i>Roupala glaberrima</i>	8.52	<i>Inga pavoniana</i>	5.89
<i>Psidium guajava</i>	7.45	<i>Cordia dentata</i>	8.28	<i>Mangifera indica</i>	4.71
<i>Guazuma ulmifolia</i>	7.42	<i>Clusia multiflora</i>	7.32	<i>Swietenia humilis</i>	4.67
Otros (30 sp)	80.00	Otros (49 sp)	85.66	Otros (42 sp)	48.19

Las especies que tienen mayor contribución a la estructura del paisaje del sistema bosque son *Persea americana* (30%), *Conostegia icosandra* (22.34%) y *Musa sp.* (72.49%), combinando su número de individuos y área basal. Sin embargo, el paisaje total está constituido en su mayoría por más de 30 especies, las cuales representan 80% en AD, 85.66% en BS y 48.19 en CPA. En el caso del uso de suelo CPA, la especie *Musa sp.* representa un 70% de contribución esto se debe a que el tallo de la especie es de un diámetro superior comparado con otras especies.

En los usos de suelo BS y CPA se reportó una cantidad similar de especies (58 y 51 respectivamente) esto se debe al tiempo de manejo de las parcelas que tienen más de cinco años de no ser cultivadas, este tiempo ha permitido que muchas especies puedan crecer mediante la regeneración natural, en cambio en AD las parcelas tienen menos de cinco años de no ser cultivadas lo que no ha permitido que las especies se reproduzcan en las parcelas, muchos árboles no se incluyeron debido a que su DAP era menor a 2.5 cm.

Cultivo

En el cuadro 5 se muestran las especies encontradas en las parcelas del sistema cultivo detalladas por cada uso de suelo.

En este sistema, *Gliricidia sepium* y *Cordia alliodora* son las especies que predominan en el paisaje en los dos usos de suelo. De 34 especies encontradas en CAD, 24 representan un 41.05%, difiere únicamente con un 7.61% con la especie con mayor IVI (*Gliricidia sepium* con 48.66%). En CBD, se encontraron únicamente 13 especies, de las cuales las 9 detalladas en el cuadro representan un 181.12% del total.

Las especies principales son en su mayoría forestales, con usos forrajeros o maderables. Es ambos usos de suelo se encuentran presentes las tres especies que almacenan la mayor cantidad de C (*C. alliodora*, *E. salamensis* y *G. sepium*), esto indica que estas especies son consideradas de utilidad por los productores en las parcelas de cultivo a su vez que contribuyen en gran medida a la configuración y estructura del paisaje.

Pasturas

El sistema pasturas está constituido por tres usos de suelos, sin embargo, PT no registra árboles, por eso se describen únicamente dos usos de suelos (cuadro 6).

Cuadro 5. Especies de mayor Índice de Valor de Importancia en el sistema cultivo.

Cultivo con Alta Densidad (CAD)		Cultivo con Baja Densidad (CBD)	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Gliricidia sepium</i>	48.66	<i>Cordia alliodora</i>	43.21
<i>Curatella americana</i>	25.37	<i>Gliricidia sepium</i>	21.16
<i>Cordia alliodora</i>	18.49	<i>Byrsonima crassifolia</i>	21.01
<i>Psidium guajava</i>	14.26	<i>Cedrela odorata</i>	18.92
<i>Byrsonima crassifolia</i>	14.07	<i>Eugenia salamensis</i>	18.57
<i>Eugenia salamensis</i>	10.82	<i>Guazuma ulmifolia</i>	17.08
<i>Andira inermis</i>	10.30	<i>Anacardium occidentale</i>	16.87
<i>Bauhinia unguolata</i>	8.90	<i>Simarouba glauca</i>	13.87
<i>Hymenaea courbaril</i>	8.10	<i>Vernonia sp</i>	10.43
Otros (24 sp)	41.05	Otros (4 sp)	18.88

Cuadro 6. Especies de mayor Índice de Valor de Importancia en el sistema pasturas.

Pastura con Alta Densidad (PAD)		Pastura con Baja Densidad (PBD)	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Curatella americana</i>	31.47	<i>Psidium guajava</i>	59.82
<i>Gliricidia sepium</i>	26.87	<i>Eugenia salamanensis</i>	16.02
<i>Eugenia salamanensis</i>	23.42	<i>Gliricidia sepium</i>	15.83
<i>Andira inermis</i>	14.10	<i>Leucaena leucocephala</i>	14.48
<i>Byrsonima crassifolia</i>	13.91	<i>Anacardium occidentale</i>	14.14
<i>Cordia alliodora</i>	13.49	<i>Tabebuia rosea</i>	13.13
<i>Roupala glaberrima</i>	12.60	<i>Byrsonima crassifolia</i>	12.86
<i>Hymenaea courbaril</i>	10.20	<i>Swietenia humilis</i>	12.62
<i>Anacardium occidentale</i>	7.90	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	6.22
Otros (20 sp)	46.10	Otros (11 sp)	34.87

En el uso de suelo PAD se encontraron 29 especies, de las cuales, 20 son las que contribuyen mayormente (46.10%) a la configuración y estructura del paisaje; en el caso de PBD *Cordia alliodora* es la especie que reporto mayor IVI (43.21%), en este uso de suelo únicamente se registraron 13 especies. Al comparar ambos usos de suelo se puede observar que en ambos se encuentran presentes las tres especies que almacenan la mayor cantidad de C (*C. alliodora*, *E. salamensis* y *G. sepium*), por tanto, son especies características en las parcelas dedicadas a las pasturas debido a los usos que los productores pueden darles (madera, leña, postes, entre otros). Sin embargo, los productores muestran atención en introducir más especies forrajeras en los potreros tal como se puede evidenciar en el PBD, donde se encuentra *Leucaena leucocephala*.

Reserva de carbono de la biomasa aérea y suelos en los sistemas

El carbono de la biomasa aérea está compuesto por biomasa arbórea, hojarasca y necromasa; mientras que en suelos está constituido por el carbono orgánico del suelo.

Biomasa aérea

Las reservas de C en la biomasa aérea tuvieron un rango de 81.14 a 4.38 Mg ha⁻¹, con un promedio de 27.22 Mg ha⁻¹.

Como se aprecia en la figura 1; el mayor valor (81.14 Mg ha⁻¹) se encontró en el Cultivo Perenne Abandonado (CPA); mientras que el menor (4.38 Mg ha⁻¹) en el Potrero Tradicional (PT). Los resultados obtenidos están dentro del rango reportado por Kearney *et al.* (2012) en la mancomunidad La Montañona, que fue de 0.00 a 121.20 Mg C ha⁻¹ para la biomasa aérea. Estos autores también reportaron que 191,600 Mg C son almacenados en la biomasa aérea en el mismo sitio. De éste, 72% (137,955 Mg) se almacena en Bosques, 6% (11,496 Mg) en Arbusto/Matorral y 22% (42,152 Mg) en Tierra Cultivada. Sin embargo, el valor es bajo comparado con un estudio realizado en Nicaragua, en donde se estimó el C almacenado en bosques secundarios jóvenes (10 – 25 años) entre 25.2 y 68.8 Mg ha⁻¹ (Suarez *et al.* 2002 citado por Kearney *et al.* 2012).

C almacenado en la Biomasa aérea

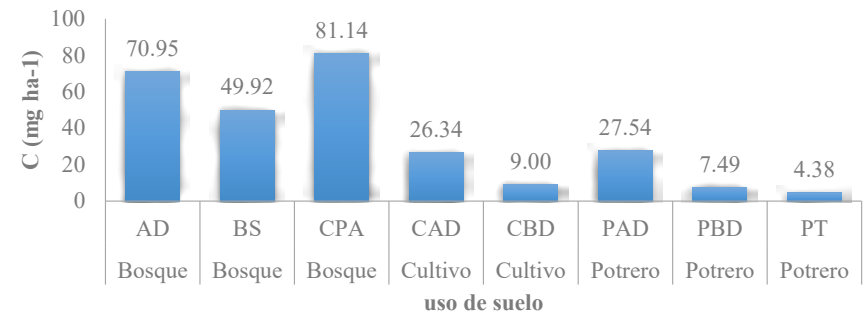


Figura 1. Reserva de C en la biomasa aérea.

Suelo

Las reservas de Carbono en el suelo variaron de 39.65 a 24.77 Mg ha⁻¹ con un promedio de 32.13 Mg ha⁻¹.

Según la figura 2, BS registró el mayor valor de Carbono en el suelo (39.65 Mg ha⁻¹) y el CBD, el menor (24.77 Mg ha⁻¹). Estos valores son similares a los reportados en la zona de la Mancomunidad La Montañona por Kearney *et al.* (2012) en donde las reservas de Carbono en el suelo superficial variaron de 2.9 a 54.4 Mg ha⁻¹, con un promedio de 11.8 Mg ha⁻¹.

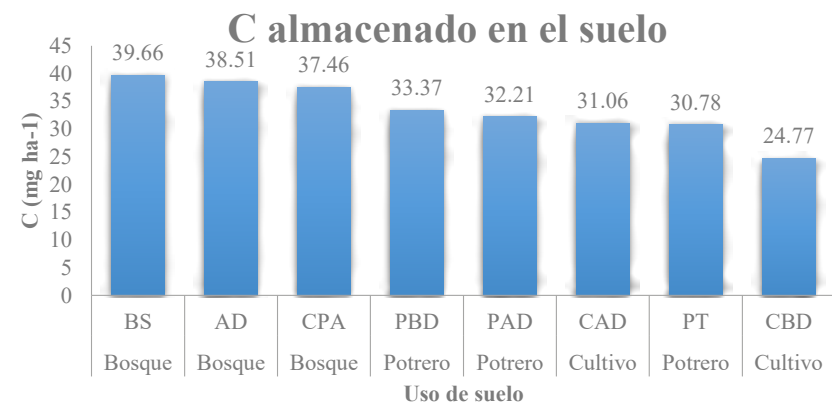


Figura 2. Reservas de Carbono en el suelo.

Comparando con otro estudio realizado en Perú, en el cual las reservas de Carbono en el suelo fueron de 68,33 y 19,63 Mg ha⁻¹, en bosques secundarios de 15 y 3 años respectivamente, los valores reportados en esta investigación fueron inferiores, variando de 37.61 a 39.65 Mg ha⁻¹ con un promedio de 38.61 Mg ha⁻¹, considerando que hay parcelas que tienen más de 40 años de estar en descanso; 22.36 Mg ha⁻¹ para cultivos anuales (maíz) los valores son cercanos a los reportados por los autores antes mencionados, ya que se tiene en promedio 28.69 Mg ha⁻¹ con un rango de 24.77 a 31.05 Mg ha⁻¹; para pasturas degradadas estos autores reportan 35.74 Mg ha⁻¹, al compararlos con los valores reportados para pasturas en esta investigación (30.77 a 33.36 Mg ha⁻¹) son similares.

Valores promedio de C

En el cuadro 7 se detallan los valores promedio para C en suelo y biomasa aérea por cada sistema y su respectivo uso de suelo.

Cuadro 7. Promedio de carbono (Mg ha⁻¹) en la biomasa aérea y suelos en diferentes usos de suelos.

Sistema	Uso de suelo	C suelo	C biomasa aérea	Total
		Mg ha ⁻¹		
Bosque	AD	38.51	70.95	109.46
	BS	39.65	49.92	89.58
	CPA	37.46	81.14	118.60
	Promedio	38.61	65.89	104.50
Cultivo	CAD	31.05	26.34	57.40
	CBD	24.77	9.00	33.77
	Promedio	28.69	19.84	48.54
Pasturas	PAD	32.21	27.54	59.75
	PBD	33.36	7.49	40.85
	PT	30.77	4.38	35.15
	Promedio	32.12	14.03	46.16

Al analizar los datos promedio se determinó que en los sistemas Cultivo y Pasturas el componente suelo almacena la mayor cantidad de C (28.69 y 32.12 Mg ha⁻¹, respectivamente) comparado con lo que se almacena en la biomasa aérea (19.84 y 14.03 Mg ha⁻¹, respectivamente) en el sistema bosque, en la biomasa aérea se almacena la mayor cantidad de C (65.89 Mg ha⁻¹). Esto se debe principalmente a que en el sistema bosque, existe una mayor cantidad de árboles los cuales representan una valiosa fuente de almacenamiento de C, que puede llegar a superar el C en el suelo.

Este resultado concuerda con lo obtenido por Kearney *et al.* (2012), ya que el valor más alto de biomasa aérea fue reportado para los sitios de bosque (32.4 Mg C ha⁻¹). Sin embargo, comparado con un estudio realizado en Chile en varios sistemas de bosque siempre verde Schlegel (2001) este valor es bajo (140.07 Mg ha⁻¹). Los valores reportados para esta investigación son superiores a los registrados para bosque secundario en Colombia por Herrera *et al.* (2000) 20.48 Mg ha⁻¹ en biomasa aérea para bosques secundarios.

Esto refleja la importancia de la incorporación de árboles en las parcelas de los productores, ya que se traduce en un mayor almacenamiento de C, es decir si se convirtiera el potrero tradicional a potrero con baja densidad (< de 100 árboles/ha) se incrementaría en 5.7 Mg ha⁻¹ de C y un 24.6 Mg ha⁻¹, si se convierte a potrero con alta densidad (> de 100 árboles/ha).

Para el caso de las parcelas de cultivo, se pueden incrementar 23.63 Mg ha⁻¹ las reservas de carbono incorporando mayor cantidad de árboles, es decir pasar de una densidad mayor a 50 árboles por ha.

En caso de convertir los terrenos de cultivo anuales a perennes, se podría superar los 118.60 Mg de C ha⁻¹ reportados en esta investigación. Lo que significa una diferencia de 70.06 Mg de C ha⁻¹.

Reservas de carbono en cada componente

Se cuantificó el C para cada uno de los componentes en estudio: suelo, hojarasca, necromasa y biomasa arbórea. Los resultados se muestran en el cuadro 8.

En cinco de los ocho usos de suelo (CAD, CBA, PAD, PBD y PT), el componente que aporta la mayor cantidad de carbono es el suelo, con valores de 54.10, 73.34, 53.90, 81.67 y 87.53 %, respectivamente. Esto se debe principalmente a que los árboles que existen en estos usos de suelo (a excepción de PT) son jóvenes y no llegan a representar una cantidad significativa de almacenamiento de C.

Cuadro 8. Carbono (Mg ha⁻¹) por componente en cada uso de suelo

Sistema	Uso de suelo	C en Mg ha ⁻¹				Porcentaje que aporta cada componente			
		S*	H*	N*	B*	S	H	N	B
Bosque	AD	38.50	7.47	1.66	61.80	35.20	6.83	1.52	56.50
Bosque	BS	39.70	7.94	0.70	41.30	44.30	8.87	0.78	46.10
Bosque	CPA	37.50	8.51	1.17	71.50	31.60	7.18	0.99	60.30
Cultivo	CAD	31.10	5.8	0.61	19.90	54.10	10.10	1.07	34.70
Cultivo	CBD	24.80	5.77	0.09	3.15	73.30	17.10	0.25	9.33
Potrero	PAD	32.20	5.31	0.51	21.70	53.90	8.89	0.85	36.40
Potrero	PBD	33.40	5.21	0.04	2.24	81.70	12.80	0.11	5.47
Potrero	PT	30.80	4.18	0.20	0.00	87.50	11.90	0.58	0.00

*= S: suelo; H: hojarasca; N: necromasa; B: biomasa arbórea

Lo contrario se reporta en AD, BS y CPA, en donde la Biomasa arbórea representa el mayor almacén de C con valores de 56.47, 46.09, 60.25 %, respectivamente. Este resultado difiere con lo reportado por Acosta *et al.* (2009), quienes determinaron los almacenes de C en el estrato aéreo y el suelo en rodales de diferente composición de especies arbóreas en la región de Tlaxco, en donde el que presentó mayor contenido de C fue el de pino-oyamel (Po), con 300.9 Mg ha⁻¹; de este total 212 Mg ha⁻¹, que representa poco más del 70%, se encontró en el suelo de 0 a 40 cm de profundidad.

Cuadro 9. Carbono (Mg ha⁻¹) en la biomasa aérea y suelos por productor.

Productor	Promedio de C suelo	Promedio de C biomasa aérea	C total
	Mg ha ⁻¹		
FL1	30.49	87.12	117.61
MEG	49.74	67.18	116.92
NEF	52.95	56.71	109.66
JO	35.32	61.50	96.82
RG	32.86	26.91	59.77
MG	30.49	26.34	56.83
JAL	34.02	20.53	54.55
JFC	27.28	3.60	30.88
CB	17.73	7.42	25.15
EDB	16.55	5.15	21.71

Etchevers *et al.* (2001), reportan que en un sistema de regeneración natural (Acahual), cerca de un 85% (equivalente a 169 Mg ha⁻¹ del C) está contenido en el suelo. Los resultados son similares para los usos de suelo CAD, CBA, PAD, PBD y PT, en donde el suelo fue el que aportó la mayor cantidad de C; sin embargo, en AD, BS y CPA que son los que pertenecen al sistema bosque, mostraron un comportamiento diferente, ya que la Biomasa arbórea fue la que aportó mayor cantidad de C.

La necromasa no sobrepasa un 2% del total de las reservas de C para los usos de suelo en este estudio. La hojarasca reportó un rango de 6.83 a 17.08 %, que equivale a 7.47 y 5.77 Mg ha⁻¹. Hairiah *et al.* 2017, determinaron que la necromasa constituye aproximadamente el 10% del total de la reserva de carbono aéreo en un bosque natural saludable, comparados con esta investigación los valores encontrados para el sistema bosque, alcanzan valores cercanos al 10 % en el caso de Bosque secundario (BS) con un 8.87%.

Reservas de carbono por productor

De los 40 productores en estudio en el cuadro 9 se muestran únicamente 10 los cuales alcanzaron los valores máximos, medios y mínimos en cuanto al C total almacenado en sus fincas. Se utilizan las iniciales del nombre y apellido de los productores, con la finalidad de proteger la identidad de cada uno.

Los valores encontrados en el C total (suelos y biomasa aérea) van desde 21.71 a 117.61 Mg ha⁻¹, correspondientes al productor EDB y FL1, respectivamente. El mayor valor encontrado en productores que poseen los tres sistemas en estudio fue el de JO, en todas sus parcelas posee una alta densidad de árboles, incorpora los rastrojos al suelo y deja como cobertura, las hojas de las ramas de los árboles que poda, además el uso de suelo, Cultivo perenne abandonado (CPA), en donde predomina el café, tiene más de 40 años de establecido.

El productor RG se encuentra entre los valores intermedios de almacenamiento de C, cuenta con Cultivo y Potrero con alta densidad de árboles, la mayor área de su terreno está destinado a potreros, en donde ha introducido especies forrajeras y pastos mejorados en años recientes, tiene más de 20 años de trabajar bajo un manejo de labranza mínima, fertiliza los pastos con estiércol de bovino, realiza podas frecuentes dejando las hojas y demás residuos como cobertura del suelo.

El productor EDB es uno de los que tiene el valor más bajo de almacenamiento de carbono en su finca, esto se debe principalmente a que maneja bajas densidades de árboles en las parcelas, clasificadas como Cultivo y Potrero con baja densidad de árboles, posee pasto natural y mejorado. Realiza una poda por año, dejando los residuos como cobertura de suelo. Tienen más de 40 años de trabajar las parcelas bajo el mismo sistema.

Queda en evidencia que el manejo que los productores realizan en sus parcelas, es determinante en la cantidad de C que se almacena; además, la cantidad de en cada parcela, influye en la cantidad de materia orgánica (biomasa, hojarasca y necromasa). Esto demuestra que la reforestación de los paisajes fragmentados es beneficiosa en términos de almacenamiento de C y además, según Ordoñez (2016), la Agroforestería, ofrece oportunidades para reconciliar los objetivos ecológicos de la restauración y mantener los medios de vida de quienes manejan y dependen directamente de los ecosistemas.

Conclusiones

De los tres sistemas en estudio, tomando en cuenta los valores promedio, en bosque se encontró un mayor almacenamiento de C en suelo y en biomasa aérea (38.61 y 65.89 Mg ha⁻¹ respectivamente); mientras que Cultivo, es el sistema en donde se almacena la menor cantidad de C (28.69 y 19.84 Mg ha⁻¹ en promedio, respectivamente).

El componente suelo aporta la mayor cantidad de C en cultivo y pasturas; en el caso de bosque, la biomasa arbórea resultó ser el componente que aporta

la mayor cantidad de C. La necromasa es el componente que almacena la menor cantidad de C en los tres sistemas.

El uso de suelo con la mayor cantidad de C almacenado es bosque secundario con 39.65 Mg ha⁻¹ y el de menor fue Cultivo con baja densidad (24.77 Mg ha⁻¹). Cultivo perenne abandonado registro el mayor almacenamiento de C en biomasa aérea (81.14 Mg ha⁻¹), y PT el menor valor (4.38 Mg ha⁻¹), esto se debe principalmente a la cantidad de árboles, ya que en el PT se incluyeron las parcelas sin árboles.

Cordia alliodora es la especie que representa un mayor almacenamiento de C (60.37 Mg Ha⁻¹). Además, existen 14 especies que almacenan 0.1 Mg de C ha⁻¹ (cada una), entre las más comunes están *Erythrina berteroana*, *Cassia grandis*, *Chrysophyllum cainito*, *Pouteria sapota* y *Triplaris melaenodendron*.

El manejo que le dan los productores a las parcelas tiene influencia sobre el almacenamiento de C, principalmente en la biomasa aérea, ya que los que tienen la mayor cantidad de árboles (Bosque), el componente biomasa aérea superó el almacenamiento de C en el suelo.

Al incorporar mayor densidad de árboles en las parcelas, se incrementaría la cantidad de C almacenado hasta en 24.6 Mg ha⁻¹.

La reforestación de paisajes fragmentados a través de los sistemas agroforestales en la zona de Comalapa, Chalatenango, es una estrategia de mucha importancia, porque se incrementa las reservas de C (hasta 118.60 Mg de C ha⁻¹), con un potencial de mitigación al cambio climático.

Recomendaciones

Aumentar la densidad de árboles en las parcelas de cultivos y potreros con la finalidad de incrementar las reservas de C en la biomasa aérea.

Promover sistemas de cultivos más diversos, como los sistemas agroforestales y silvopastoriles, para dinamizar constantemente las reservas de C en la biomasa aérea y suelos en las fincas.

Promover el cambio de uso de los terrenos abandonados a cultivos perennes con un buen manejo, incorporando especies frutales diversas para que los productores cuenten con una fuente de alimentos e ingresos adicionales.

Estimar el almacenamiento de C en los 6 municipios restantes de la mancomunidad La Montañona, con el propósito de crear una alianza entre los productores de la zona, para que puedan optar a proyectos de pago/compensación por servicios ecosistémicos que generan sus fincas.

Bibliografía

- Acosta, M; Carrillo, F; Lavariega, M. 2009. Determinación de carbono total en bosques mixtos de *Pinus patula* Schl et Cham. Terra Latinoamericana. Vol. 27: p. 105-114.
- Aguilar Arias, H; Malavassi, EO; Alvarado, BV; Chazdon, RL. 2012. Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la península de Osa, Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana KURU. Vol. 9: 2215-2504.
- Alberto, DM; Elvir, JA. 2008. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa* en bosques naturales en Honduras. INIA. 12 p.
- Alegre, J; Arevalo L; Ricse, A. 2006. Agroforestería para la producción animal en América Latina: Reservas de Carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia Peruana. (En línea). FAO. Consultado: 23 feb. 17. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s0a.htm>
- Acevedo Rodríguez, P. 2005. An illustrated field guide to the native, naturalized or commonly cultivated vines and lianas of Puerto Rico and the Virgin Islands. Washington D.C. United States of America. Smithsonian institution. p 15.
- Campo, MA; Duval V. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de vegetación natural. Parque Nacional Iliú Cael. Argentina. Revista Anales de Geografía. Vol. 34. (2): 25-45.
- Chavé, J; Andalo, C; Brown, S; Cairns, MA; Chambers, JQ; Eamus, D; Fölster, H; Fromard, F; Higuchi, N; Kira, T; Lescure, JP; Nelson, BW; Ogawa, H; Puig, H; Riera, B; Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Ecosystem Ecology. Vol. 145: 87-99.
- Etchevers, J; Acosta, M; Monreal, C; Quednow, K; Jimenez, L. 2001. Los stocks de Carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México: Simposio Internacional Medición Y Monitoreo de la Captura de Carbono en Sistemas Forestales. Valdivia, Chile. 19 p.
- Field, CB; Campbell, JE; Lobell, DB. 2007. Biomass energy: the scale of the potential resource. Trends in Ecology and Evolution. s.p. Vol. 23: p. 65-72.
- Gentry AH. 1993. Riqueza de especies y composición florística de la comunidad de plantas de la región del Choco. Bogotá. Colombia. Colombia Pacifico. p 201-209
- Gonzales, C.2009. Estimación de biomasa y carbono en sistemas agroforestales. Nicaragua. UCATSE. p 3-5.
- Hairiah, K; Dewi, S; Agus F, van Noordwijk, M; Rahayu,S; Velarde, SJ. 2010. Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual. Bogor, Indonesia. Centro Mundial para la Agroforestación (ICRAF), Oficina Regional de SEA, Universidad de Brawijaya y ICALRRD (Centro Indonesio para el Estudio y Desarrollo de los Recursos de los Suelos Agrícolas) (en línea) consultado en: www.worldagroforestrycentre.or/sea.
- Hernández, JE; Tirado, D; Beltrán, RI. 2014. Captura de carbono en los suelos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (En línea). México. Consultado 01 abr 2016. Disponible en: <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n2/e4.html>
- Herrera, MA; del Valle, JI; Orrego, SA. Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques tropicales primarios y secundarios de Colombia. Medellín, Colombia. UNALMED. 18 p.
- Holdridge, LR; Poveda, L; Jiménez, M. 1997. Árboles de Costa Rica. Palmas y otras monocotiledóneas y árboles con hojas compuestas o lobuladas. 2ed. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical. 544p.
- Jobbágy, E y Jackson, R. 2000. La distribución vertical del carbono orgánico en suelos y su relación con el clima y la vegetación. Aplicaciones ecológicas. Vol. 1: 423-36.
- Kearney, SP; Fonte, SJ; Barillas, R; Siles, P; García, E; Walji, K; Smukler, SM. 2012. Reservas de Carbono en suelo y biomasa arbórea en la Mancomunidad La Montañona. Chalatenango, El Salvador. USAID. 5 p.

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2010. Almanaque salvadoreño. Estación meteorológica Nueva Concepción, Chalatenango. Editado por el SNET. 17 p.
- MAP (Ministerio de Ambiente de Perú). 2009. Muestreo de fincas: muestreo de necromasa. Perú. 20 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013. 2º comunicación Nacional sobre Cambio Climático. PNUD. p. 69-71.
- Nair, PK. 2004. Agroforestería: árboles en apoyo de agricultura sostenible. Eds. Hillel H; Rosenzweig C; Powlson D; Scow K; Singer M; Sparks D. Enciclopedia de suelos en el medio ambiente. Elsevier, Inglaterra. p. 35-44.
- Navar, J. 2009. Biomass component equations for Latin American species and groups of species. EDP sciences. Vol 66: 208-216.
- Ordoñez J. 2016. Agroforestería para la reforestación de paisajes. Taller de IUFRO sobre restauración de paisajes. CIIA. (Diapositivas).Costa Rica. 35 diapositivas color.
- Oviedo, J. 2010. Informe del cambio climático en El Salvador. (En línea). FIAES. Consultado 03 mar. 2016. Disponible en: <http://www.fiaes.org/sv/boletin/250604.php>
- Ramírez, M y Montalvo, S. 2006. Manual de monitoreo de carbono en sistemas agroforestales. Chiapas, México. AMBIO. 43 p.
- Rapidel, B; de Clerck F; Lecoq, JF; Beer, J. 2011. Ecosystem Services from Agriculture and Agroforestry. United States or America. Earthscan. p 25.
- Schleger, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Chile. Universidad Austral de Chile. 13 p.
- Segura, M. 1999. Valoración de los servicios de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Costa Rica. 119 p.
- Valbuena D. 2014. Diversidad de agricultura territorio de Comalapa. (Diapositiva). CIAT. Chalatenango, El Salvador. 16 diapositivas, color.
- van Wagner C.E. 1998. The line intersect method in forest fuel sampling. For. Sci. 14: 20-26.
- White, D; Minang ,P. 2001. Estimación de los costos de oportunidad de REDD+, capítulo 5: medición de carbono de los usos de la tierra. Washington US. IDB traductor. 30 p.



III Simposio de investigación científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. 17 y 18 de octubre de 2018.

Cambio Climático

Seguridad alimentaria y nutricional



SIC-UES
Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador





Comunidades y grupos funcionales de nemátodos indicadores de la calidad del suelo en dos sistemas de manejo de cafetal en la zona oriental de el salvador

Escamilla-Valdez, JJ
Estudiante Tesista
Departamento de Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador.
Correo electronico: juliana_210392@hotmail.com

Guzmán-Díaz, CJ
Estudiante Tesista
Departamento de Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador.
Correo electronico: Cris_guzmn@hotmail.com

Arreaga-Monge, KR
Estudiante Tesista
Departamento de Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador.
Correo electronico: Rafael55a.a@gmail.com

Rivas-Flores, AW
Docente Director
Departamento de Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador.

Paniagua-Cienfuegos, MR
Docente Director
Departamento de Protección Vegetal
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador.

Aguirre-Castro, CA
Docente Director
Departamento de Recursos Naturales
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador.

Resumen

La investigación se realizó en el período de octubre 2015 a octubre 2016, en la Cooperativa Las Marías 93 de R.L. ubicada en el municipio de Jucuapa, departamento de Usulután y el municipio de Chinameca, departamento de San Miguel, El Salvador, a una altura promedio de 879 msnm con el objetivo de caracterizar las comunidades de nemátodos edáficos en los sistemas de producción de café orgánico y convencional. Se muestrearon dos fincas orgánicas de dicha cooperativa y dos de productores convencionales, en la época lluviosa propicio para el desarrollo y crecimiento de los nemátodos, por cada finca se tomaron muestras de suelo por el método del transepto en zigzag en las que se midieron parámetros físico-químicos del suelo y la composición de las comunidades de nemátodos en cada uno de los sistemas. Se estimó la diversidad alfa y beta de las comunidades de nemátodos mediante los paquetes del programa R. Se encontró que la riqueza de grupos taxonómicos y número equivalente de especies, tiene una relación con el porcentaje de arcilla presente ($p < .001$). También se evaluó la abundancia de grupos taxonómicos de cada finca, en las que se observó diferencias entre las comunidades de nemátodos de las fincas con manejo convencional en relación a las de manejo orgánico ($p=0.002$); y que la densidad aparente influye en la diferencia de la composición de las comunidades de nemátodos ($p=0.042$). Al evaluar la abundancia de cada grupo taxonómico de manera individual se observó que los nemátodos de vida libre ($p=0.005$) y el género *Discocriconemella* ($p=0.007$) mostraron diferencias entre los sistemas. Se determinó una alta dominancia de nemátodos colonizadores c-p1 y c-p2 en las fincas orgánicas con un Índice de Madurez mayor que las convencionales. Por lo tanto, la alta presencia de restos vegetales provee un alto contenido de materia orgánica, que genera las condiciones propicias para mantener una alta diversidad y abundancia de nemátodos de vida libre, siendo más abundantes en el cafetal manejado de forma orgánico, obteniendo así índices de madurez mayores que demuestran una mejor calidad de suelo.

Palabras clave: Cafetales, Nemátodos, edáficos, Calidad, suelo, Diversidad, Alfa, Diversidad, Beta, Índice, madurez.

Abstract

The research was carried out in the period from October 2015 to October 2016, in the Cooperativa Las Marías 93 de R.L. located in the municipality of Jucuapa, department of Usulután and the municipality of Chinameca, department of San Miguel, at an average height of 879 msnm with the objective of characterizing edematous nematode communities in organic and conventional coffee production systems. Two organic farms of this cooperative and two conventional producers were sampled in the rainy season favorable for the development and growth of the nematodes, for each farm soil samples were taken by the zigzag transect method in which physical parameters were measured - soil chemistry and the composition of the nematode communities in each of the systems. The alpha and beta diversity of the nematode communities were estimated using the R program packages. The richness of taxonomic groups and the equivalent number of species was found to be related to the percentage of clay present ($p < .001$). The abundance of taxonomic groups of each farm was also evaluated, in which differences were observed between the nematode communities of the farms with conventional management in relation to those of organic management ($p = 0.002$); and that the apparent density influences the difference in the composition of the nematode communities ($p = 0.042$). When evaluating the abundance of each taxonomic group individually, it was observed that the free-living nematodes ($p = 0.005$) and the genus *Discocriconemella* ($p = 0.007$) showed differences between the systems. A high dominance of colonizing nematodes c-p1 and c-p2 was determined in the organic farms with a higher maturity index than the conventional ones. Therefore, the high presence of vegetal remains provides a high content of organic matter, which generates the favorable conditions to maintain a high diversity and abundance of free living nematodes, being more abundant in the organically managed coffee tree, thus obtaining indices of maturity that demonstrate a better soil quality.

Key words: Coffee, plantations, edematous, nematodes, Soil, quality, Alpha, diversity, Beta, diversity, Maturity, index.

Introducción

El suelo es un sistema vivo donde existe un equilibrio dinámico entre los organismos que lo habitan. En la actualidad los sistemas de producción agrícolas industriales afectan algunos aspectos del agroecosistema como fertilidad del suelo, humedad disponible, reciclaje de nutrientes, la diversidad genética y los servicios de los ecosistemas naturales (Gliessman 2015).

La calidad de suelo es la capacidad de este para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat (Cruz *et al.* 2004). El uso de indicadores de la calidad del suelo es una herramienta rápida para la toma de decisiones, ya que estos son sensibles al manejo en el corto, mediano y largo plazo. Para medir la calidad del suelo se utilizan diferentes indicadores, representados por variables sensibles al deterioro o a la recuperación, estos indicadores pueden ser: Químicos, Físicos y Biológicos (García 2012). Los procesos de deterioro y rehabilitación de los suelos agrícolas pueden ser estudiados a través de la composición de comunidades sensibles a las perturbaciones naturales o antrópicas. Estas perturbaciones provocan cambios en la composición y abundancia de especies, que conllevan a la disminución de la estabilidad de los procesos ecológicos dentro de los cuales se incluyen la fertilidad del suelo (Acuña *et al.* 2006).

Los nemátodos edáficos constituyen un grupo de invertebrados de elevada importancia ecológica y económica, siendo especialmente sensibles a las prácticas de manejo agrícola y a los contaminantes ambientales; pudiendo proporcionar géneros o especies que sean especialmente sensibles o tolerantes a impactos específicos de determinadas prácticas agrícolas, por lo que pueden ser utilizados como biomonitores de determinados usos del suelo (Acuña *et al.* 2006). La primera base sólida que afianzó la ecología de nemátodos la estableció Tom Bongers en 1990, cuando clasificó todas las Familias de nemátodos terrestres y acuáticos en la escala colonizador-persistente (cp) (Bongers 1990), una escala discreta de cinco grupos en función de las características de su ciclo de vida. Basados en la escala cp, se desarrollaron los índices de madurez (Bongers 1990; Bongers y Ferris 1999), indicadores del estado sucesional, y por lo tanto de conservación del suelo. El índice de Madurez (IM) tiene en cuenta la contribución promediada de cada uno de los grupos cp a la comunidad de nemátodos, de forma que suelos con mayores valores del IM presentan mayores contribuciones de los nemátodos más sensibles a las perturbaciones, consiguiendo así un

indicador del estado de sucesión ecológica (Bongers 1990). Los nemátodos que pertenecen al cp1 y cp2 son llamados colonizadores, oportunistas de ambientes enriquecidos y por lo tanto indican disponibilidad de nutrientes, con capacidad de sobrevivencia y colonizar bajo condiciones extremas, menos sensibles que los nemátodos que pertenecen a los cp4 y cp5, estos son llamados persistentes son de mayor tamaño, pocos en el hábitat, no pueden sobrevivir bajo condiciones extremas e indican estabilidad del ecosistema y redes tróficas complejas (García 2012). Los índices de madurez responden también de forma precisa a procesos no agrícolas, como a la contaminación del suelo por cobre o a la acidificación (Yeates y Bongers citados por Sánchez *et al.* 2013). El objetivo principal de la investigación fue caracterizar las comunidades de nemátodos edáficos en los sistemas de producción de café orgánico y convencional, lo que permitió establecer las bases para el desarrollo y comparación de indicadores de calidad de suelo en los sistemas de producción con manejo orgánico y convencional.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en fincas pertenecientes a la cooperativa Las Marías 93 de R.L. dedicada a la producción de café con manejo orgánico y en fincas de café con manejo de forma convencional, aledañas a la zona de estudio (Cuadro 1). Las cuales se encuentran geográficamente ubicadas en el municipio de Jucuapa, departamento de Usulután y Chinameca departamento de San Miguel, El Salvador, de 559 a 938 msnm y en 13°28'13.62" Norte y -88°124'17.72 Oeste, con temperatura promedio de 23.4 °C y humedad relativa promedio de 73.8%, con una precipitación acumulada de 2,173.3 mm anuales (MARN 2014). La investigación se realizó en el periodo comprendido de octubre de 2015 al 2016.

Cuadro 1. Manejo de las parcelas de los sistemas orgánico y convencional

Criterio	Orgánico 1	Orgánico 2	Convencional 1	Convencional 2
Altitud	938 m.s.n.m.	687 m.s.n.m	578m.s.n.m	678m.s.n.m
variedad	Bourbon	Bourbon, Cuscatleco, Pacas y Catisic	Bourbon, Catisic y cuscatleco	Bourbon, Cuscatleco, Pacas y Catisic
Edad de la plantación	19 años	Entre 4 a 10 años	Entre 2 a 20 años	Entre 4 a 15 años
Fertilización	Bocashi, biofertilizantes, microorganismos de montaña	Bocashi, biofertilizantes,	Formula 15-15-15 y Fertilizantes foliares	Formula 15-15-15
Control de plagas		Biologico con <i>Beauveria bassiana</i>	Químico (amistar)	Quimico (amistar)
Control de plantas arvenses	Manual	Manual	Manual y Químico a base de Glifosato (Root out)	Manual
Especies de sombras	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>), Conacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>), Madrecacao (<i>Gliricidia sepium</i>), Nance (<i>Byrsonima crassifolia</i>), Matazano (<i>Casimiroa edulis</i>), Nispero (<i>Manilkara zapota</i>),	Pepeto (Inga sp.), Aceituno (<i>Simarouba glauca</i>), Laurel (<i>Cordia alliodora</i>), Cortes Blanco (<i>Tabebuia chrysantha</i>), Aguacate (<i>Persea americana</i>), Mango (<i>Mangifera indica</i>)	Aguacate (<i>Persea americana</i>), Mango (<i>Mangifera indica</i>) y Museaceas (<i>Musaceae</i>), Pepeto (<i>Inga sp.</i>)	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>), Pepeto (Inga sp.), Cedro (<i>Cedrella odorata</i>) Cortes Blanco (<i>Tabebuia chrysantha</i>), Aguacate (<i>Persea americana</i>), Mango (<i>Mangifera indica</i>), Nance (<i>Byrsonima crassifolia</i>)
Regulación de sombra	No	No	No	No

Fase de campo

Delimitación de parcelas

En las dos parcelas orgánicas y dos parcelas convencionales, se delimitó un área de muestreo de 1 mz aproximadamente evitando los linderos.

Toma de muestras de suelo para determinación de densidad y textura

Se tomaron 10 muestras de cada finca, la cual se realizó con el método del cilindro de volumen conocido (5 cm de diámetro y 5 cm de altura), se limpió y quito la capa de hojarasca y se introdujo completamente el cilindro en el suelo a una profundidad de 5 cm, se excavó para poder sacarlo y se colocó el suelo dentro del cilindro en una bolsa ziploc y se trasladaron al laboratorio de química donde se colocaron en una estufa a 105 °C, por 24 horas. Se homogenizaron las 10 muestras y se tomaron 50 gr de suelo para determinación de textura.

Toma de muestra de suelo para fertilidad química

Se tomaron 10 sub muestras para fertilidad química siguiendo un patrón de zig-zag cada 10 m. se tomaron a una profundidad de 0 a 20 cm. descartando hojarasca y la primera capa superficial; se mezcló para obtener una muestra compuesta de 1.5 libras aproximadamente por cada finca, debidamente rotuladas se llevaron al laboratorio para determinar: %MO, pH, Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro Y Zinc.

Toma de muestras para nemátodos

Se realizó 10 puntos de muestreo por cada finca siguiendo un patrón de zig-zag. Cada punto conformado por cinco submuestras de suelo, tomadas entre la zona de goteo y la mitad de la bandola a una profundidad de 0 a 20 centímetros, descartando hojarasca y la primera capa superficial de aproximadamente dos centímetros tomando una submuestra de aproximadamente 30 gramos y se colocaron en una bolsa ziploc para conformar una sola muestra, que fueron debidamente etiquetadas con el nombre de la parcela y el número del punto de muestreo correspondiente.

Fase de Laboratorio

Determinación de textura de suelo

Se determinó la textura por medio del método de hidrómetro de Bouyoucos, en el que se utilizó 50 g de suelo de muestra por finca. Se tomó la lectura del Hidrómetro de Bouyoucos en g/ml y se restó las lecturas corregidas por temperatura, luego se realizaron los cálculos de porcentaje de arena, limo y arcilla, que se leyeron en un triángulo textural para la clasificación de los suelos.

Determinación de fertilidad química

Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. La materia orgánica fue determinada por el método de óxido reducción de Walkley y Black o combustión húmeda, el pH mediante la relación suelo agua 1:2.5 con el método de determinación potenciométrica, para el Fosforo se utilizó el método colorimetría amarillo molibdato vanadato y para los nutrientes, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro Y Zinc se realizó la extracción de nortehlich 1, y el método de Espectrofotometría de absorción atómica.

Los valores obtenidos se compararon con los grados de disponibilidad establecidos por el formato de análisis del CENTA para el cultivo de café.

Extracción de nemátodos con método centrifugación – flotación

Se utilizó el método centrifugación–flotación según Jenkins citado por Cares, J.F.*et al.* (2012) modificado por CENTA, que consistió en el procesamiento de 100 ml de muestra de suelo por cada punto; para lo cual se agregó 100 ml de agua en un beaker y luego se colocó muestra de suelo hasta llegar a un volumen de 200 ml, que pasó a un recipiente en donde se disolvieron los terrones y se dejó reposar por dos minutos, se tamizó el sobrenadante del recipiente en un tamiz de 60 mesh, y se repitió tres veces.

El tamizado se colectó en una cubeta y se pasó por dos tamices de 325 mesh al mismo tiempo, se lavaron los dos tamices con una pizeta y se depositó en una taza evaporadora que pasó a un tubo de centrifuga identificado, se llevó a centrifugar por 5 minutos a 3,500 rpm, se decantó el sobrenadante y se agregó el doble del volumen de solución azucarada (484 g/L) se agitó y se centrifugó de nuevo a 3500 rpm durante dos minutos. Se colocó la solución azucarada en una taza evaporadora con agua para evitar que los nemátodos se dañaran, luego se pasó por un tamiz de 500 mesh y se lavaron para eliminar el azúcar procurando no botar lo recolectado en la superficie, una vez eliminado el azúcar se lavó la malla con agua y se recolectó el lavado en una taza evaporadora. Luego se procedió a la muerte de los nemátodos llevando la muestra a una temperatura de 45°C, se pasó a unos frascos etiquetados y se agregaron 10 gotas de formalina pura, se dejó reposar para llevar las muestras a un volumen de 8 ml.

Reconocimiento taxonómico de nemátodos

La identificación taxonómica y contabilización se realizó a nivel de género presentes en 2 ml de la muestra total con la ayuda de la cámara de Neubauer que se observó bajo el microscopio compuesto, para su captura se utilizó una astilla de bambú con punta muy fina y la ayuda del estereoscopio. Una vez contabilizados los nemátodos se extrapoló en donde se multiplicó por 8 ml y dividió entre 2, para obtener el total de individuos en un volumen de 8 ml. La clasificación por grupos tróficos, fue conformado por 3 categorías: vida libre (que incluye fungívoros, bacterívoros, omnívoros), fitoparásitos y depredadores que pudieron ser fácilmente clasificados basándose en su aparato bucal y hábito alimenticio.

Metodología estadística

Se estimó la diversidad alfa mediante la serie de números de Hill y beta de las comunidades de nemátodos de suelo de las parcelas orgánicas y convencionales en estudio mediante la similitud de comunidades, análisis multivariante basados en modelos usando grupos taxonómicos y gremios mediante un modelo lineal generalizado (glm) multivariante con distribución binomial negativa y función de enlace logarítmica para evaluar el impacto del tipo de manejo y parámetros físicos químicos, los modelos fueron llevados a cabo con la función `manyglm` del paquete “`mabund`” (Wang *et al.* 2012). Posteriormente se realizó un análisis del mismo modelo, pero de forma univariante para determinar los grupos taxonómicos que presentaron diferencias significativas en cuanto a su abundancia entre los factores en estudio (R. Core Team 2016). Determinación del Índice de madurez mediante frecuencia relativa de cada género, los valores c-p asignado por Bongers (1990) y el total de individuos.

Índice de Madurez

Este índice se determinó teniendo en cuenta la frecuencia relativa de cada género, los valores c-p asignado por Bongers y el análisis de los grupos

$$I.M = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{v_i * f_i}{n}$$

tróficos de la comunidad de nemátodos bajo estudio realizados por Bongers (1990), los cual se utilizaron como un indicador holístico del estado general del suelo de los agroecosistemas. Para ello se utilizó la siguiente fórmula usando solo nemátodos de vida libre:

Dónde:

v_i = frecuencia relativa del género.

f_i = valor del c-p para el género.

n = total de individuos

Resultados y Discusión

Características de la finca

Características resultantes del análisis del suelo (fertilidad física)

Las cuatro fincas presentaron densidades bajas, siendo la menor de 0.80 g/cc y la mayor de 0.95 g/cc, denotando suelos ricos en humus y que generaron una propiedad porosa con un máximo de 69.83% y una mínima de 64.18% considerada como excelente bien aireado, con buen drenaje y favorece la penetración de las raíces y por consiguiente un buen desarrollo de las plantas. Con texturas consideradas como medianas, obteniendo una Franco arcilloso para la orgánico 1, Franco Limoso en la orgánico 2, Franco arenoso en la convencional 1 y textura Franca para la convencional 2 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros físicos de las fincas orgánicas y convencionales.

FINCAS	Promedio Densidad Aparente (g/cc)	Porcentaje Promedio de Porosidad (%)	Clase Textural
ORGÁNICO 1	0.94	64.64	Franco Arcilloso
ORGÁNICO 2	0.95	64.18	Franco Limoso
CONVENCIONAL 1	0.95	64.18	Franco Arenoso
CONVENCIONAL 2	0.80	69.83	Franco

Resultados de análisis químico del suelo

Los resultados demuestran valores de pH de 5.7 a 5.9 que los clasifica como moderadamente ácido. FUNDESYRAM (2010), describe para el café un rango óptimo de 5.5 a 6.5. Con respecto al porcentaje de materia orgánica se obtuvieron buenos aportes siendo más alto con 8.14% para la Convencional 2, mientras que la finca convencional 1 presentó el aporte más bajo con 5.13% en comparación de las demás (Cuadro 3). Los nutrientes principales de todas las fincas: Nitrógeno (N) y Potasio (K), presentaron una muy alta disponibilidad de estos con relación a los niveles establecidos por CENTA a excepción del Fósforo (P) que presentó valores muy bajos (Cuadro 4) pudiendo afectar el buen desarrollo radicular del café volviéndolo susceptible al ataque de los nemátodos fitoparásitos; en el caso del Calcio y Magnesio presentaron valores altos y en cuanto a Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Hierro (Fe) todas las fincas presentaron valores bajos a excepción de la finca convencional 2 que presentó valores altos de aporte de Cobre y Hierro (Cuadro 5).

Cuadro 3. Rango de pH y materia orgánica por fincas.

FINCAS	Ph	Escala	MO %	Escala
ORGANICO 1	5.7	Moderadamente ácido	6.38	Alto
ORGANICO 2	5.8	Moderadamente ácido	6.43	Alto
CONVENCIONAL 1	5.9	Moderadamente ácido	5.13	Alto
CONVENCIONAL 2	5.7	Moderadamente ácido	8.14	Alto

Cuadro 4. Análisis químico de macronutrientes de las fincas orgánicas y convencionales.

FINCAS	N%	P ppm	Grado de disponibilidad de P	K ppm	Grado de disponibilidad de K
ORGANICO 1	0.28	2.26	Muy bajo	810	Muy alto
ORGANICO 2	0.36	3.38	Muy bajo	655	Muy alto
CONVENCIONAL 1	0.21	5.26	Muy bajo	786.25	Muy alto
CONVENCIONAL 2	0.36	3.57	Muy bajo	673.75	Muy alto

Cuadro 5. Resultados de análisis químicos de micronutrientes de las fincas orgánicas y convencionales.

FINCAS	Ca Meq/100g	Rango	Mg Meq/100g	Rango	Cu ppm	Rango	Zn ppm	Rango	Fe ppm	Rango
ORGANICO 1	7.81	Alto	4.24	Alto	0.68	Bajo	1.13	Bajo	4.11	Bajo
ORGANICO 2	8.44	Alto	2.67	Alto	0.2	Bajo	2.86	Bajo	5.32	Bajo
CONVENCIONAL 1	6.25	Alto	2.11	Alto	2.46	Alto	3.01	Bajo	12.51	Alto
CONVENCIONAL 2	8.75	Alto	2.84	Alto	0.39	Bajo	2.95	Bajo	6.25	Bajo

Comunidades de nemátodos

Abundancia relativa

De las cuatro fincas muestreadas se obtuvo un total de 3,636 individuos. Estos pertenecen a 15 Familias y 24 géneros que se distribuyeron de la siguiente manera por sistema: en el orgánico se colectaron 2,584 individuos (71%); y en el convencional 1,052 individuos (29 %) (Fig. 1).

De acuerdo a la separación por grupo trófico la distribución por sistemas de manejo fue la siguiente; 2,584 individuos colectados en las fincas orgánicas se agruparon en los siguientes grupos: 75.85% pertenece a Vida libre, 22.60% a Fitoparásitos y un 1.55% a Depredadores. En las fincas Convencionales de un total de 1052 individuos 44.87% pertenece a Vida libre, 54.75% a Fitoparásitos y un 0.38% a Depredadores (Fig. 2).

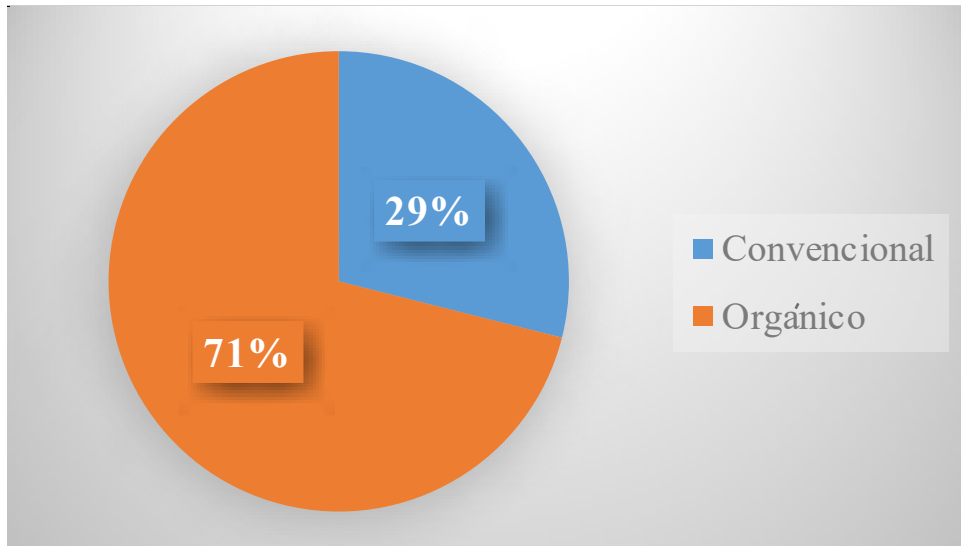


Figura 1. Distribución en porcentaje de los individuos recolectados en los sistemas orgánico y convencional.

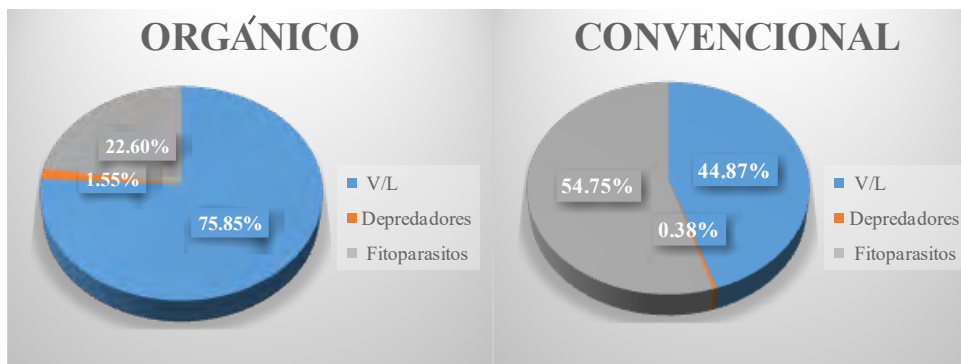


Figura 2. Porcentaje de nemátodos por gremios en fincas orgánicas y convencionales.

Diversidad Alfa

Números de Hill

La finca orgánica 1 presentó la mayor riqueza ($q=0$) con 22 grupos taxonómicos, mientras que la finca orgánica 2 con 14 grupos taxonómicos presentan la menor riqueza. En cuanto al número equivalente de especies ($q=1$) la finca convencional 1 presentó el valor más alto con un número equivalente de grupos taxonómicos aproximado a 9, siendo menos equitativa la finca orgánica 1 con un número equivalente de grupos taxonómicos aproximado a 7. En relación a la dominancia de individuos, cuando ($q=3$), la finca orgánica 1 presentó mayor dominancia con solo 4 grupos taxonómicos, en relación a las fincas convencionales 1 y 2 donde el número de dominio está siendo dado por 6 grupos taxonómicos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores estimados de grupos taxonómicos a partir del cálculo de los números de Hill, en las fincas orgánicas y convencionales.

Sistema	Riqueza	Número equivalente	Dominancia
Orgánico 1	22	6.866	4.081
Orgánico 2	14	7.545	5.519
Convencional 1	15	8.579	6.465
Convencional 2	17	8.362	6.004

Efecto de las prácticas de manejo en la diversidad alfa

La mayor riqueza de grupos, se observó en el sistema manejado de forma orgánica, sin embargo, el sistema convencional presento mayor equidad en la abundancia de grupos taxonómicos, por lo tanto hay mayor dominancia en el sistema orgánico. Esto puede deberse a que el sistema manejado de forma orgánica proporciona las condiciones ideales para el desarrollo de otros grupos taxonómicos. De igual forma Peraza (2010), reportó que en un sistema orgánico, la comunidad de nemátodos es más diversa y con una mayor dominancia de géneros de nemátodos con respecto a la finca convencional. Debe considerarse la limitante en la identificación de todos los géneros, por lo que no se tiene la riqueza real dado que no todos eran grupos taxonómicos como el caso del grupo de vida libre, que al ser identificados en grupos taxonómicos el sistema manejado de forma orgánica puede tener siempre mayor riqueza pero más equitativo.

Relación entre parámetros físico - químicos y diversidad alfa

Existe una relación entre la riqueza de grupos taxonómicos y los parámetros físico químicos ($R^2=0.344$, $P<0.001$), de los cuales solo el contenido de arcilla mostro cierta asociación con la riqueza de grupos taxonómicos $P<0.001$ y el número equivalente de grupos taxonómico $P<0.035$.

Asociación de factores físicos químicos del suelo en la composición de la comunidad de nemátodos

Los nemátodos se ven afectados por propiedades físicas y químicas sin embargo solo se observó relación entre el contenido de arcilla y la riqueza y número equivalente de grupos taxonómicos. Lo anterior concuerda con Castilla (2015), quien reportó mayor riqueza de nemátodos en suelos de textura franco arcilloso y arcillo limoso; en cambio Gallardo *et al.* (2014), considera que los tipos de textura de suelo arenosa franca como la más apta para el ciclo de vida de los nemátodos. Por eso es importante la textura y estructura del suelo sobre la presencia de nemátodos ya que según Wallace citado por Esquivel (1996), hay un “tamaño óptimo de partícula para el movimiento de cada especie de nematodo”, afectando la facilidad con la que los nemátodos del suelo pueden desplazarse a través de este.

Referente a los factores edáficos como materia orgánica, porosidad y pH, la riqueza y número equivalente de grupos taxonómicos no mostraron relación alguna, lo cual puede deberse a los pequeños rangos de diferencia de pH para que las comunidades de nemátodos puedan responder a esos cambios, el contenido de materia orgánica fue similar, a pesar de diferir en el tipo de manejo, sigue siendo un sistema agroforestal y el uso de árboles de sombra genera una acumulación de material vegetal que forma parte de la materia orgánica.

Diversidad Beta

Similitud de comunidades

La composición de grupos taxonómicos de las comunidades de nemátodos, presenta poco traslape entre los sistemas de manejo “orgánico” y “convencional”, por lo que no presentan diferencias en cuanto a la composición de sus comunidades de nemátodos, siendo diferentes entre los sistemas ($P=0.329$) (Fig. 3).

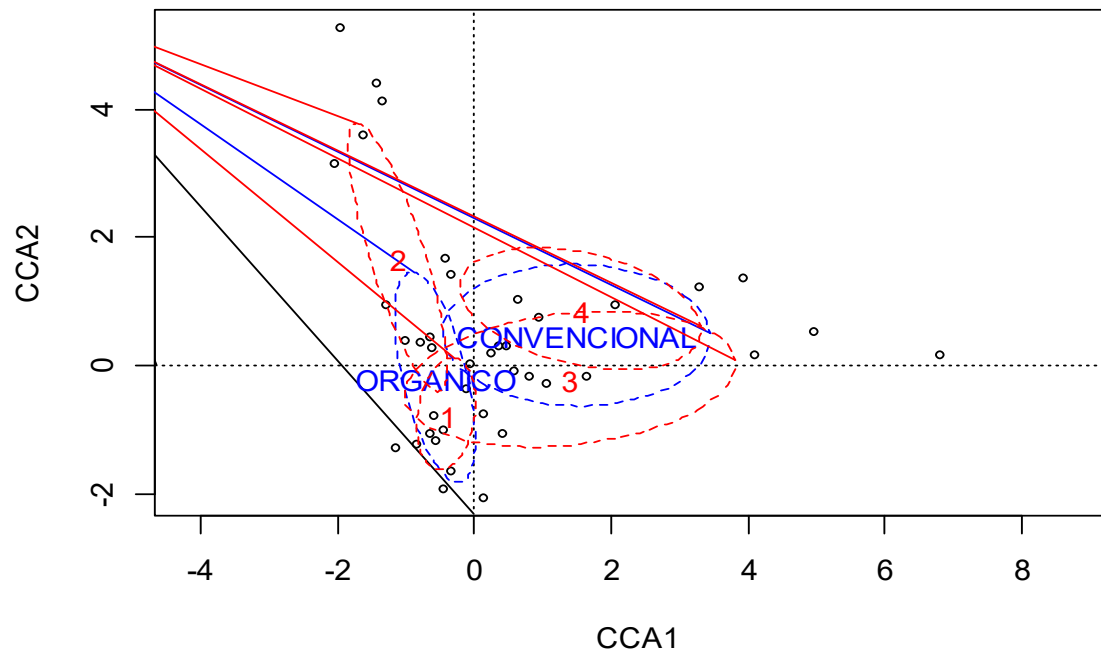


Figura 3. Biplot del análisis de correspondencias canónica entre las fincas convencionales y orgánicas.

Análisis multivariante basados en modelos utilizando grupos taxonómicos

Evaluando la abundancia de todos los grupos taxonómicos de cada finca se observó diferencia entre las comunidades encontradas, en las fincas convencionales con respecto a las orgánico (P=0.002) y que la densidad aparente tiene un impacto en la diferencia de las composición de las comunidades de nemátodos (P=0.042). Sin embargo, al evaluar la abundancia de cada grupo taxonómico de manera individual y comparar la composición de las comunidades entre los factores evaluados, solo el grupo de vida libre (P=0.005) y el género *Discocriconemella* (P=0.007) mostraron diferencias en su abundancia entre el sistemas.

Composición de la comunidad de nemátodos en respuesta a las prácticas de manejo

La composición de las comunidades de nemátodos difiere entre los sistemas orgánico y convencional, que se ve influenciado por la densidad aparente, la cual proporciona información acerca de la dureza, el movimiento de agua, lo que concuerda con lo planteado por Esquivel (1996), que el “movimiento de los nemátodos en el suelo está relacionado con el diámetro de los poros, el diámetro del nematodo y la cantidad de agua en el espacio poroso. Por lo que las diferencias en la densidad aparente de los suelos proporcionara las condiciones adecuadas para el desarrollo de ciertos grupos taxonómicos. Dentro de estas comunidades de nemátodos solo los de vida libre y el género *Discocriconemella* mostraron diferencias en su abundancia entre el sistema de manejo orgánico y el convencional. De igual forma George (2006), reportó que existe una tendencia muy clara por el mayor número de nemátodos de vida libre (saprozoicos) en las fincas orgánicas y específicamente en el tratamiento CMO (Café-Musa orgánico).

La aplicación de bocashis, biofertilizantes inoculan al suelo bacterias lácticas, actinomicetos, levaduras, hongos de fermentación, entre otros, según Ramón de Lara *et al.* (2003) estos son una fuente de alimentación de algunos nemátodos como el caso de los de vida libre. Los nemátodos fitoparásitos no presentaron diferencias entre los dos sistemas de manejo, debido a que estos son especialistas de ciertas plantas o disponen de hospederos idóneos, como el caso de *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, que son específicos del cultivo de café, por lo que se encuentran presentes en ambos sistemas de manejo. Por lo tanto al haber poca diversidad de plantas habrá poca diversidad de organismos asociados a ellas como los nemátodos fitoparásitos.

Análisis multivariante basados en modelos utilizando grupos tróficos

La abundancia de cada uno de estos grupos analizados en su conjunto, presentó diferencia entre los dos tipos de manejo (P=0.003). Al analizar la abundancia de los grupos por separado se observó que la abundancia de nemátodos Fitoparásitos (P=0.7524) como los Depredadores (P=0.1102) son similares, mientras que los de vida libre si presentaron diferencias (P=0.027) entre los dos tipos de manejo de cafetal.

Respuesta de los grupos tróficos

Se observó diferencia entre los sistemas de manejo, siendo el grupo de Vida Libre el que presenta mayor diferencia entre ambos, estudios realizados por Achicanoy *et al.* (2012), encontraron que el grupo trófico más abundante fue el bacterívoro con un 62.2% del número total encontrados y que los omnívoros y depredadores fueron los grupos tróficos menos abundantes con cerca de 6.15% y 3.52% del total; siendo similares a los obtenidos ya que en los nemátodos de vida libre se agruparon a los nemátodos bacterívoros.

Impacto de prácticas orgánicas en la composición de la comunidad de nemátodos

La composición de la comunidad de nemátodos es influencia factores físico-químico y el manejo de las fincas, sin embargo algunas prácticas pueden llegar a modificar ciertas condiciones. Según FAO (s.f.) la materia orgánica del suelo proporciona el material para formar los agregados mejorando la estructura del suelo, permitiendo una adecuada circulación del aire y el agua, permitiendo las condiciones para el desarrollo de otros nemátodos. Aunque el manejo del sistema orgánico con el convencional difiere en ciertas prácticas, estas no han sido suficientes como para dar una diferencia altamente significativa en la composición de las comunidades de nemátodos.

Índice de madurez (IM)

La finca orgánico 2 presento el mayor índice de madurez con un valor de 1.55, seguido de la orgánico 2 con un IM de 1.48, en tercer lugar la finca convencional 1 con un valor de 1.34 y por último la convencional 2 con un IM de 1.27 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índice de Madurez (IM) en fincas con manejo Orgánico y Convencional.

Familia	CP	Org 1	IM	Org 2	IM	Conv1	IM	Conv2	IM
Aphelenchidae	2	52	0.14	24	0.21	16	0.24	32	0.39
Aphelenchoididae	2	72	0.20	20	0.18	4	0.06	12	0.15
Cephalobidae	2	12	0.03	8	0.07	4	0.06	0	0.00
Dorylaimidae	4	40	0.22	16	0.29	0	0.00	4	0.10
Mononchidae	4	32	0.18	8	0.14	4	0.12	0	0.00
Rhabditidae	1	520	0.71	148	0.66	104	0.79	116	0.71
TOTAL			1.48		1.55		1.27		1.34

Las fincas manejadas de forma orgánica obtuvieron valores más altos, demostrando ser suelos menos perturbados comparados con las fincas manejadas de forma convencional; sin embargo los valores presentados fueron menores a 2 que se asocian con nemátodos con estrategias “r” o colonizadoras “c”. Según Ferris y Wasilewska, citados por Castilla (2015), “la sucesión puede ser interrumpida en varias etapas por prácticas agrícolas comunes, tales como el cultivo y aplicaciones de fertilizantes y pesticidas”, por lo que el manejo agrícola implica cierto grado de perturbación en el suelo, que afecta en primer lugar a los organismos más sensibles, como predadores y omnívoros, por lo que es común que los agroecosistemas presenten bajos valores del índice de madurez, que aumenta al reducir el grado de perturbación (Ferris citado por Sánchez, *et al.* 2013).

Las fincas orgánicas presentaron dominancia de nemátodos colonizadores c-p1 y c-p2 Bongers y Ferris citado por Esquivel (2011), argumentan que una mayor presencia de nemátodos c-p 1 indica abundancia de alimento, mientras que un incremento de nemátodos c-p 2 acompañado de disminución de c-p 1 y c-p 3-5 refleja “estrés”. Por lo que los sistemas presentan un bajo índice de madurez debido a las perturbaciones realizadas durante el manejo del cultivo, pero a pesar de ello las fincas orgánicas presentan altas poblaciones de nemátodos colonizadores con hábito alimenticio bacterívoro y fungívoro, debido a las enmiendas orgánicas que les provee de alimento.

Conclusiones

Existen diferencias de abundancia de nemátodos de Vida Libre entre los sistemas, siendo más abundantes en el cafetal manejado de forma orgánico.

En la relación de factores físico-químicos y diversidad alfa solo el contenido de arcilla muestra asociación en cuanto a riqueza y número equivalente de grupos taxonómicos.

La alta presencia de restos vegetales provee un alto contenido de materia orgánica, que hace las condiciones propicias para mantener una alta diversidad de géneros de nemátodos de vida libre.

El Índice de Madurez demuestra que todas fincas presentan un grado de perturbación, siendo mayor en las fincas convencionales, que influye negativamente en la presencia de grupos taxonómicos con estrategia “p”, es decir los persistentes, interpretados como más estabilizados, y por lo tanto, más deseables para el fomento de producciones agrícolas.

La utilización de abonos y la eliminación de aplicación de plaguicidas sintéticos no afectan la presencia de fitoparásitos, ya que estos son especialistas y están asociados a la planta cultivada.

El uso de prácticas orgánicas proporciona los medios para el desarrollo de una diversidad de nemátodos de vida libre que pudieran mejorar la estabilidad del ecosistema y generar redes tróficas complejas; sin embargo utilizar prácticas orgánicas aisladas no tiene un impacto fuerte sobre la abundancia de grupos de nemátodos Fitoparásitos.

Recomendaciones

Diversificar más las especies botánicas usadas como sombra del cafetal, que permitirá el ingreso y desarrollo de otros géneros de nemátodos, además de proporcionar otros nutrientes al suelo mediante la descomposición de la hojarasca en materia orgánica.

Realizar enmiendas a base de fósforo o incorporar abonos verdes para fortalecer el sistema radicular del cafeto, permitiéndole resistir al ataque del género *Pratylenchus* presente en todas las fincas.

Realizar diversas prácticas orgánicas en conjunto dentro de las fincas para fortalecer el sistema y permitir el desarrollo de otros nemátodos y mejorar la red trófica del sistema.

Evaluar fincas en un periodo de tiempo de 3 años, para verificar el impacto de la adopción de prácticas orgánicas en la dinámica de la composición de la comunidad de nemátodos.

Uso de gremios alimenticios para simplificar el estudio ya que llegar a género implica más tiempo y conocimiento.

Se debe de seguir evaluando en otras zonas cafetaleras de El Salvador, para que los resultados sean representativos y más detallados en cuanto a la diversidad de comunidades de nemátodos de suelo en respuesta a las prácticas ecológicas implementadas.

Realizar investigaciones enfocadas en el uso de índices de madurez e índices de red tróficas propuestos por Bongers en diferentes cultivos y estaciones climáticas como medida de información de las perturbaciones y condiciones de la calidad de suelos provocadas por los diferentes manejos realizados en los cultivos.

Los estudios de nemátodos de suelo se deben realizar en un periodo de largo plazo, con seguimiento en época lluviosa, época seca y diferentes cultivos.

Los análisis nematológicos se deben realizar cada año, ya que son una herramienta fundamental a la hora de tomar decisiones sobre control de los mismos.

Agradecimientos

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos al Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA y a todo su personal, en especial al Ing. Agr. Reina Flor Guzmán de Serrano y a la Sra. Andrea Rivera Morán por su colaboración, tiempo y conocimientos impartidos para el logro de estos objetivos.

Bibliografía

Achicanoy, J.; Navia, J.; Betancourth, C. 2012. Dinámica poblacional de nemátodos de vida libre en diferentes usos y manejos del suelo. Revista de Ciencias Agrícolas. Colombia.

Acuña, O; Peña, W; Serrano, E; Pocasangre, L; Rosales, F; Delgado, E; Trejos, J; Segura, A. 2006. La importancia de los microorganismos en la calidad y dsalud de los suelos. 1 ed. CR., 232 p.

Bongers, T. 1990. The Maturity Index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia. Wageningen Agricultural University.

Bongers, T., Ferris, H. 1999. Nematode community structure as a biomonitor in environmental monitoring. (En línea). S.I. Consultado 1 jul. 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222468256_Nematode_community_structure_as_a_bioindicator_in_environmental_monitoring

Cares, JE; Huang, SP. 2012. Nemátodos del suelo. Manual de biología de suelos tropicales. 1 ed. Mexico, Instituto Nacional de Ecología, p.163–176.

Castilla Díaz, E.D. 2015. Influencia de factores edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nemátodos de vida libre. Tesis. Biólogo. Sincelejo, Sucre. CO. Universidad de Sucre, Facultad de Educación y Ciencia. 98 p.

Cruz, B; Barra, E; del castillo, R; Gutiérrez, C. 2004. La Calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas.

Departamento de Suelos a. 1992. Metodo de Hidrometro de Bouyoucos. Guia de Laboratorio de Edafología I. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de El Salvador. El Salvador.

Departamento de Suelos b. 1992. Determinación de densidad aparente por metodo de cilindro de volumen conocido. Guia de Laboratorio de Edafología I. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de El Salvador. El Salvador.

Departamento de Quimica Agricola. Sf. Metodologia para determinacion de analisis quimico. Guia de Laboratoio de Quimica. Facultad de Ciencia Agronomicas. Universidad de El Salvador. El Salvador.

Esquivel Hernández, A. 2011. Nemátodos como indicadores ambientales (en línea). Universidad Nacional: Heredia-Costa Rica. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en: <http://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/7460/Nemátodos%20como%20indicadores%20ambientales.pdf?sequence=1>

- Esquivel, A. 1996. Influencia del suelo sobre las poblaciones de nemátodos. Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Heredia. CR.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) s.f. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. (En línea). Consultado 2 jul. 2017. Disponible en: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sf/soil_fertility.pdf
- FHIA (Fundacion Hondureña de Investigación Agrícola). Sf. Cómo tomar muestras de raíces y suelo para análisis de nemátodos. La Lima, Cortés, HN.
- FUNDESYRAM (Fundación para el desarrollo socio económico y restauración ambiental). 2010. Guía para la innovación de la caficultura. De lo convencional a lo orgánico. San Salvador, SV. 122p.
- Gallardo Martinez, J.A.; Díaz Valdés, T.; Ruvalcaba, L.P.; Allende Molar, R.; Valdez Torres, J.B.; Castillo Fasio, J.A. 2014. Nemátodos fitoparásitos y su relación con factores.
- García Salazar, J.M. 2012. Densidad y diversidad de nemátodos en sistemas agroforestales de café en asocio con bananos y sombra de leguminosas en Jinotega, Nicaragua. Tesis Mag.SCc. Turrialba, CR, CATIE, 94 p.
- George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional y convencional en Turrialba, Costa Rica. (Tesis). Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 118 p.
- Gliessman, SR. 2015. Agroecology. 3 ed. Boca Raton, Fl, CRC Press, 386 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2014. Hidrología de El Salvador (en línea). consultado 22 mayo 2015. disponible en: <http://www.snet.gob.sv/ver/hidrologia/archivo+historico/adquisicion+de+datos/>.
- Peraza Padilla, W. 2010. Nematofauna asociada al cultivo de café (Coffea arabica) orgánico y convencional en Aserri, Costa Rica. (En línea). Universidad de la Amazona. Consultado 2 jul. 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236900667_Nematofauna_asociada_al_cultivo_de_cafe_coffea_arabica_organico_y_convencional_en_Aserri_Costa_Rica
- Ramón de Lara, A.; Castro, B.; Castro, M.; Castro, M; Malpica, S. 2003. La importancia de los nemátodos de vida libre. (En línea). Departamento El Hombre y su Ambiente. División de CBS UAM-Xochimilco. MX. Consultado 22 jun. 2017. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n48ne/nematodo.pdf>
- Sánchez Moreno, S., Talavera, M. 2013. Los nemátodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. (En línea). España. Consultado 1 jul. 2017. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/765/693>
- Torres Arias, G.; Saleh Vargas, D.A. 2013. Muestreos de suelo y foliar en cultivo de café. Programa de Café del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA). La Libertad, El Salvador.





Evaluación fenológica y morfo-agronómica de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.)

Rivera-Escobar, SB

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: riverasofonias@yahoo.com

Vásquez-Jovel, KV

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: kvanevj@gmail.com

Menjívar-Menjívar, A

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: alexandermenjivar@gmail.com

Paniagua-Cienfuegos, MR

Docente Director

Departamento de Protección Vegetal

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: mrpaniagua@gmail.com

Orellana-Núñez, MA

Docente Director

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: maorellanan@gmail.com

Resumen

La investigación se desarrolló de enero a abril 2016, en la Estación Experimental y de Prácticas, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador, localizada a 50 msnm, con una temperatura promedio de 33°C y un promedio de lluvia de 1700 mm anuales. La investigación se realizó con el fin de evaluar las características fenológicas y morfo-agronómicas de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L). Los genotipos en estudio fueron DENNISSON, BRS-TIANA, NC-RALEIGH, CL0J095-4, N8001, Pb1, procedentes de la Colección del Banco de Germoplasma de USDA, Illinois, Estados Unidos y GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, procedentes de Guatemala. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cinco repeticiones y ocho tratamientos en una parcela de 805 m², dividido en 40 unidades experimentales de 9 m², contemplando 2,200 plantas en total, las cuales se aplicó riego por aspersión y de ellas obteniendo datos de 200 plantas. Se evaluaron las variables fenológicas cuantitativas: porcentaje de germinación, días a emergencia, a floración, a inicio de fructificación, a madurez fisiológica y a cosecha; se evaluaron también las variables morfológicas cuantitativas: longitud de tallo principal, diámetro del tallo, número de ramas, número de nudos, tamaño de la hoja, longitud y ancho de vaina, número de vainas por planta, número de semillas por planta y rendimiento ton.ha⁻¹, porcentaje de pureza de grano a cosecha, porcentaje de humedad, tamaño del grano, granos por libra, prueba de germinación y en cada fase del ciclo del cultivo observando las variables morfológicas cualitativas: hábito de crecimiento, color de flor, color de vaina, color de semilla, forma de semilla, pubescencia y forma de la hoja. Para el análisis de los resultados se aplicaron métodos descriptivos, apoyado del software estadístico InfoStat, realizando modelos lineales generales y mixtos y análisis multivariado específicamente el análisis de correspondencia simple a un nivel de significativas ($p < .005$). Dentro de los resultados obtenidos los genotipos N8001 y CL0J095-4 presentaron mayor precocidad sobre los demás genotipos desde la emergencia hasta la cosecha. En cuanto a los caracteres morfológicos cuantitativos, se encontró que el genotipo GUATEMALA 2 es el más productor de semillas por planta y dentro de los caracteres agronómicos presentó el mayor potencial de rendimiento con 3.7 ton/ha, en comparación con los demás genotipos en estudio. Se encontró que los genotipos son diferentes entre sí, pero tienen similitud entre algunas variables, las cuales se identificaron agrupando a través del Análisis Cluster, donde se identificó que el genotipo con más diferencias entre todos es el GUATEMALA 2.

Palabras clave: Genotipos,soya, rendimiento, variables, agronómicas.

Abstract

The research was carried out at the Experimental and Practical Station of the Faculty of Agronomic Sciences, municipality of San Luis Talpa, Department of La Paz from January 2016 to April 2016, located at 50 meters above sea level, with an average temperature of 33 ° C and a rainfall of 1700 mm annually, in order to evaluate the phenological and morfo-agronomic characteristics of eight soybean genotypes (*Glycine max* L). The genotypes studied were DENNISSON, BRS-TIANA, NC-RALEIGH, CL0J095-4, N8001, Pb1 from the USDA, Illinois, United States and GUATEMALA 1, GUATEMALA 2 Germplasm Bank Collection from Guatemala. The experiment was carried out under a completely randomized block design (BCA) with five replications and eight treatments in a plot of 805 m², divided into 40 experimental units of 9 m², covering 2,200 plants in total, which were sprayed irrigation and of them obtaining data of 200 plants. Quantitative phenological variables were evaluated: percentage of germination, days at emergence, flowering, beginning of fruiting, physiological maturity and harvest; we also evaluated the quantitative morphological variables: main stem length, stem diameter, number of branches, number of knots, leaf size, pod length and width, number of pods per plant, number of seeds per plant and yield per ton.ha⁻¹, percentage of grain purity at harvest, percentage of moisture, grain size, grains per pound, germination test and at each stage of the crop cycle, observing the qualitative morphological variables: growth habit, flower color, pod color, seed color, seed form, pubescence and leaf shape. For the analysis of the results we applied descriptive methods, supported by the statistical software InfoStat, performing general and mixed linear models and multivariate analysis specifically the analysis of simple correspondence at a significant level ($p < .005$). Among the results obtained, the genotypes N8001 and CL0J095-4 presented a higher precocity on the other genotypes from the emergency to the harvest. As for the quantitative morphological characters, it was found that the genotype GUATEMALA 2 is the most seed producer per plant and within the agronomic characteristics presented the highest yield potential with 3.7 ton/ha, when compared to the other genotypes under study. It was found that the genotypes are different from each other, but they have similarity between some variables, which were identified grouping through Cluster Analysis, where it was identified that the genotype with the most differences among all is GUATEMALA 2.

Key words: Soybean, genotypes, yield, agronomic, variables.

Introducción

La soya es un ejemplo en materia de cadenas de valor globalizada y en el ámbito mundial es el cultivo de grano oleaginoso más importante para el consumo humano y la alimentación animal (IIP, 2011). Millones de personas alrededor del mundo comen carne, huevos y productos lácteos que provienen de animales alimentados con soya y trazas de soya se encuentran en incontables alimentos procesados. La planta crece bajo muchas condiciones ambientales, en rangos de 0.45-1.5 metros de altura, de forma recta y pubescente según su variedad, produciendo vainas desde dos hasta cuatro semillas, (WWF, 2015).

La producción y las exportaciones de soya son dominadas por EE.UU., Brasil y Argentina, también es cada vez más importante en Paraguay, Bolivia y Uruguay (IIP, 2011). El éxito comercial de la soya se debe al enorme crecimiento en la producción, comercio y utilización mundial, lo cual generó cambios a nivel de unidad productiva en la región del Mercosur. Los cambios, inclusive, provocaron nuevos modelos de producción, de integración comercial, de escala, superando la llamada economía de mercado y entrando de lleno en una agricultura de contratos, conformando unidades de negocios y encadenamiento de servicios que desdibujaron totalmente la figura tradicional del productor y crearon un nuevo paradigma de actor del negocio primario (FAO, 1995).

En El Salvador la soya encuentra una variada gama de usos para grano y un amplio listado de productos importados, sin embargo, es en la alimentación de animales de granja, donde el consumo de harina de soya es mayor. Para el 2013 se importaron en grano 122.01 TM, aceite de soya 22,315.97 TM, salsa de soya 216.52 TM, y harina de soya para elaboración de concentrado 200.93 TM (MAG, 2013). Este potencial de mercado podría ser abastecido en alguna medida por producción interna dando lugar al establecimiento de plantas agro-industriales y producción de subproductos, generando liberación de divisas al reducir sus importaciones como el aceite y salsa de soya, para el 2014 según BCR 2015, reporta que se importaron \$8,183,736.01USD en total; sin embargo, la producción nacional de soya es mínima, siendo destinada principalmente para autoconsumo de animales de granja y bovinos.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.), a 50 msnm del departamento de la Paz, con el propósito de generar una alternativa de seguridad alimentaria y nutricional, para ello fue necesario estudiar la fenología de los ocho

genotipos, identificar las características morfo-agronómicas cualitativas y cuantitativas y determinar rendimiento y características físicas del grano de los ocho genotipos en estudio.

Materiales y Métodos

Lugar de la investigación

La investigación se realizó en el periodo de enero a abril de 2016 en las instalaciones de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas (F.CC. AA.) de la Universidad de El Salvador (UES), ubicado en el municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador, a 50 msnm, con una temperatura promedio de 33°C, y un promedio de lluvia de 1700 mm anuales, con coordenadas geográficas 13°28'30.21" N, y 89°5'43.39" W.

La selección de la semilla para la siembra se realizó en el Laboratorio del Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Consistió en clasificarlas según el tamaño utilizando tamices con medidas de 4.00 mm, 4.75 mm, 6.3 mm, 6.7 mm y 8.00 mm, de las cuales se seleccionaron las de mayor diámetro de cada genotipo, se pesaron con balanza analítica y se contaron en el contador de semillas PFEUFFER para cada unidad experimental, colocando cada tratamiento y repetición en bolsas identificadas.

Una vez seleccionada la semilla a utilizar, permaneció almacenada en una cámara fría a 6 °C, se realizaron pruebas de germinación para cada uno de los genotipos, elaborando cuatro pruebas en papel toalla húmeda con cien semillas para cada uno, observando cada 24 horas la aparición de la radícula y de acuerdo a los resultados los ocho genotipos presentaron entre el 90-98 % de germinación, determinando colocar tres semillas por postura para una densidad de siembra 29.74 kg/ha⁻¹.

Los genotipos en estudio fueron DENNISSON, BRS-TIANA, NC-RALEIGH, CL0J095-4, N8001, Pb-1, procedentes de la Colección del Banco de Germoplasma de USDA, Illinois, Estados Unidos y GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, procedentes de Guatemala

Metodología de campo

La preparación del terreno se realizó en diciembre de 2015, ocho días antes de la siembra, haciendo uso de un paso de arado, dos pasos de rastra y un surcado a 0.60 m.

Posteriormente se delimito el área destinada para el experimento el cual fue de 805 m², luego se dividió el área en bloques de 30 m de largo por tres metros de ancho, separados por 1m entre bloque, ubicando los tratamientos de norte a sur en 5 bloques de 8 tratamientos por cada bloque.

La siembra se realizó el 8 de enero del 2016 de forma manual, colocando tres semillas por postura de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de germinación con un distanciamiento de 0.30 m entre planta y 0.60 m entre surco, obteniendo 27,329 plantas/ha.

Durante todo el ciclo vegetativo se aplicó riego por aspersión, seis horas al día, 10 litros por minuto, necesitando 44.72 m³.

Se realizaron tres aplicaciones directas al suelo, la primera con fórmula N-P-K a los 8 dds con una relación de 100 kgN/ha y las últimas dos fertilizaciones con Nitrógeno en dosis de 32 kgN/ha.

Se realizó un control químico de maleza siete días antes de la siembra utilizando Herbicida-bipiridilo con una dosis de 2.85 lt/ha, después de la siembra se realizó control manual y una vez cada semana hasta la cosecha y para el control de plagas se aplicó preventivamente productos químicos y biológicos, debido a que se tenían variables morfológicas, fenológicas y agronómicas de interés en la investigación, para todos los genotipos

La cosecha y secado del grano se realizó cuando el cultivo finalizó la etapa de maduración del grano y se presentaron los índices de cosecha, por lo que se procedió a arrancar las plantas de cada tratamiento, separándolos por genotipo y repetición, dejándolas secar bajo techo.

Variables en estudio

Fenológicas cuantitativas: porcentaje de germinación, días a emergencia, a floración, a inicio de fructificación, a madurez fisiológica y a cosecha, evaluadas a través de la observación del periodo de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que se expresó el inicio de la etapa, el 50% y 95% de cada variable en la población de cada genotipo.

Variables cuantitativas: longitud de tallo principal (cm), diámetro del tallo (cm), número de ramas, número de nudos, tamaño de la hoja (medida después de la floración en centímetros), longitud y ancho de vaina (cm), número de vainas por planta, número de semillas por planta y rendimiento ton.ha-1, porcentaje de pureza de grano a cosecha, porcentaje de humedad, tamaño del grano, granos por libra, prueba de germinación, evaluadas en Estación Experimental y de Prácticas y en el Laboratorio del Departamento

de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. En cada fase del ciclo del cultivo se observaron las variables morfológicas cualitativas: hábito de crecimiento, color de flor, color de vaina, color de semilla, forma de semilla, pubescencia y forma de la hoja, evaluadas por medio de un descriptor para cultivo de soya del Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI).

Metodología estadística

Para el establecimiento del ensayo se utilizó el diseño de bloques completos al azar (BCA). Constituido por cinco bloques cada uno con ocho repeticiones para un total de 40 unidades experimentales, debido a que el terreno presenta una gradiente de humedad. Cada unidad experimental lo conformaron cinco surcos de 3.0m de largo y 0.60m entre surco. El área total de la parcela de 805 m² (35m de largo por 23 m de ancho), con una población total de 2,200 plantas y cada unidad experimental con 55 plantas en un área de 9.0 m² (3 m de largo y 3 m de ancho). El tamaño de la muestra dentro de cada tratamiento fue de cinco plantas que representan 0.81 m² de área útil en cada unidad experimental. El total de plantas muestreadas fue de 200.

Para la caracterización cuantitativa se utilizó el Análisis multivariado específicamente el análisis de componentes principales, que consiste en una matriz de datos de cada planta a las que se les toma todas las variables y se expresaron en una gráfica, identificando las de mayor representatividad.

La variable de producción fue evaluada con un análisis de varianza de dos vías. Al encontrarse diferencia significativa ($p > 0.005$), se realizó la prueba de LSD Fisher. Estos análisis se llevaron a cabo con el paquete Rcommander para R.2.3 (Fox J, 2005). Las variables cualitativas se les realizó análisis cluster jerárquico, ya que agrupa un conjunto de características de los genotipos detallando los más semejantes entre sí.

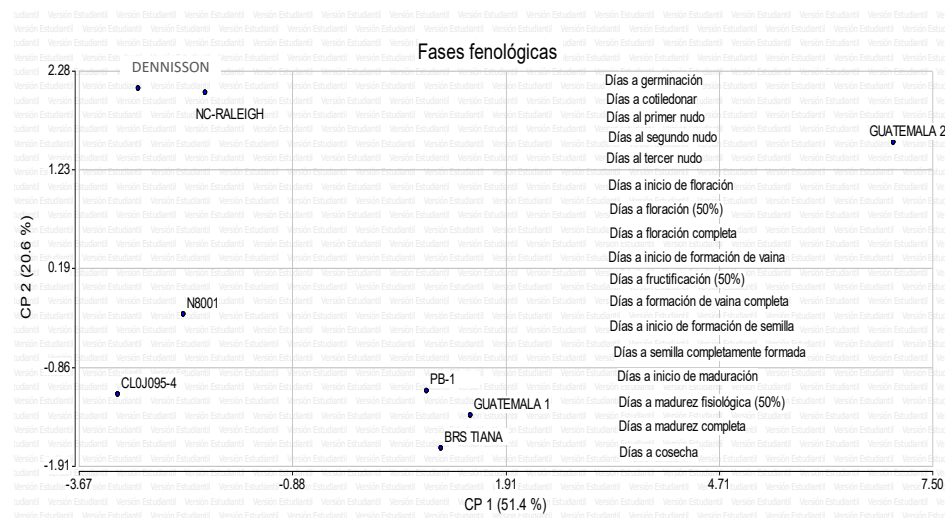
Resultados y Discusión

Caracteres fenológicos de soya (*Glycine max* L.)

En la figura 1 se observa que el Componente 1 (CP1- eje X) explica el 51.4% de la variación y el componente 2 (CP2- Eje Y) explica el 20.6%. Es decir que en el eje " X ", las variables días a germinación, cotiledonar, primer nudo, segundo nudo, tercer nudo, días a inicio de floración, floración (50%), floración completa, inicio de formación de vaina, fructificación (50%), formación de vaina completa, inicio de formación de semilla, semilla completamente formada, inicio de maduración, madurez fisiológica (50%), madurez completa, y cosecha están siendo mejor explicadas por los

genotipos GUATEMALA 1, Pb-1, y BRS TIANA las cuales presentaron similar ciclo vegetativo; no así el genotipo CL0J095-4, que fue las más temprana en días para mostrar las variables antes mencionadas. Mientras que en el eje " Y " la variable que mejor explica es días a fructificación con los genotipos DENNISSON, NC-RALEIGH. Las variables que mejor explica a la fenología de cultivo, son las fases evaluadas; días a inicio de maduración, días a madurez fisiológica (50%), días a madurez completa y días a cosecha, siendo los valores altos de las variables. En el análisis exploratorio utilizando componentes principales se determina que el genotipo más precoz fue el CL0J095-4 en días y el genotipo más tardío fue GUATEMALA 2 en días (Fig.1). El desarrollo en todo el ciclo de cada genotipo es determinado por la influencia de la genética, logrando a plenitud cada etapa por la influencia de la temperatura, ya que su desarrollo óptimo lo logra entre 20 °C-30 °C, condiciones propias de zonas costeras.

La temperatura y el fotoperiodo son los factores ambientales determinantes que regulan la duración de las etapas de desarrollo fenológico del cultivo (Kantolic *et al.*, 2004).



En la figura 2 se observa detalladamente cada etapa de las fases fenológicas del cultivo de soya por genotipos donde se identifica que el genotipo Pb-1 tiene menor tiempo de duración en la etapa de floración y cosecha ya que las flores desarrollaron rápidamente y las vainas demostraron ser dehiscentes, logrando completar su ciclo a los 77 días después de siembra, por lo tanto se determina como el más precoz. Se determinaron grupos de genotipos con fenología similar, CL0J095-4 y N8001 cosechados a la 78 días después de siembra y BRS-TIANA y GUATEMALA 1 cosechados a los 81 días después de siembra y los genotipos DENNISSON y NC-RALEIGH cosechados a los 84 días después de siembra; cabe resaltar que cada genotipo demostró características propias en el desarrollo morfológico. La tasa de crecimiento de las hojas, pecíolos y tallos aumenta hasta llegar aproximadamente a la etapa de formación de vainas (Rosas y Young, 1991).

Altura de planta cosecha

En la figura 3 se observa la variable altura de planta a cosecha con diferencia significativa $p < 0.05$ entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo GUATEMALA 2 presentó mayor altura, la cual es aproximadamente de 53.91 cm y el de menor altura fue el genotipo NC-RALEIGH con 20.04 cm, dado que los demás genotipos no son significativamente diferentes. Con respecto a los demás, sin embargo se expresaron entre un rango promedio 23.66 cm y 41.60 cm. La soya adquiere alturas variables de 0.45 a 1.50 metros, suele ser erguido y bien ramificados (MAG/CENTA 1995).

En cultivares de porte alto, la altura es un requisito fundamental, porque permite una mayor eficiencia en la producción y a la vez para la cosecha mecanizada y de mayor posibilidad para competir con las plantas arvenses (FAO, 1995).

Diámetro del tallo.

En la figura 4 se puede observar que en la variable diámetro del tallo, existe diferencia significativa $p < 0.05$ entre los genotipos. El mayor diámetro de tallo se presenta en el genotipo GUATEMALA 2 con 3.52 mm, esto permite tener resistencia a los vientos y evitar el acame por ser el de mayor altura y el de menor diámetro fue el genotipo CL0J095-4 1.21 mm. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 1.42 mm y 3.33 mm.

Figura 1. Análisis exploratorio entre las fases fenológicas de 8 genotipos de soya (Glycine max L.)

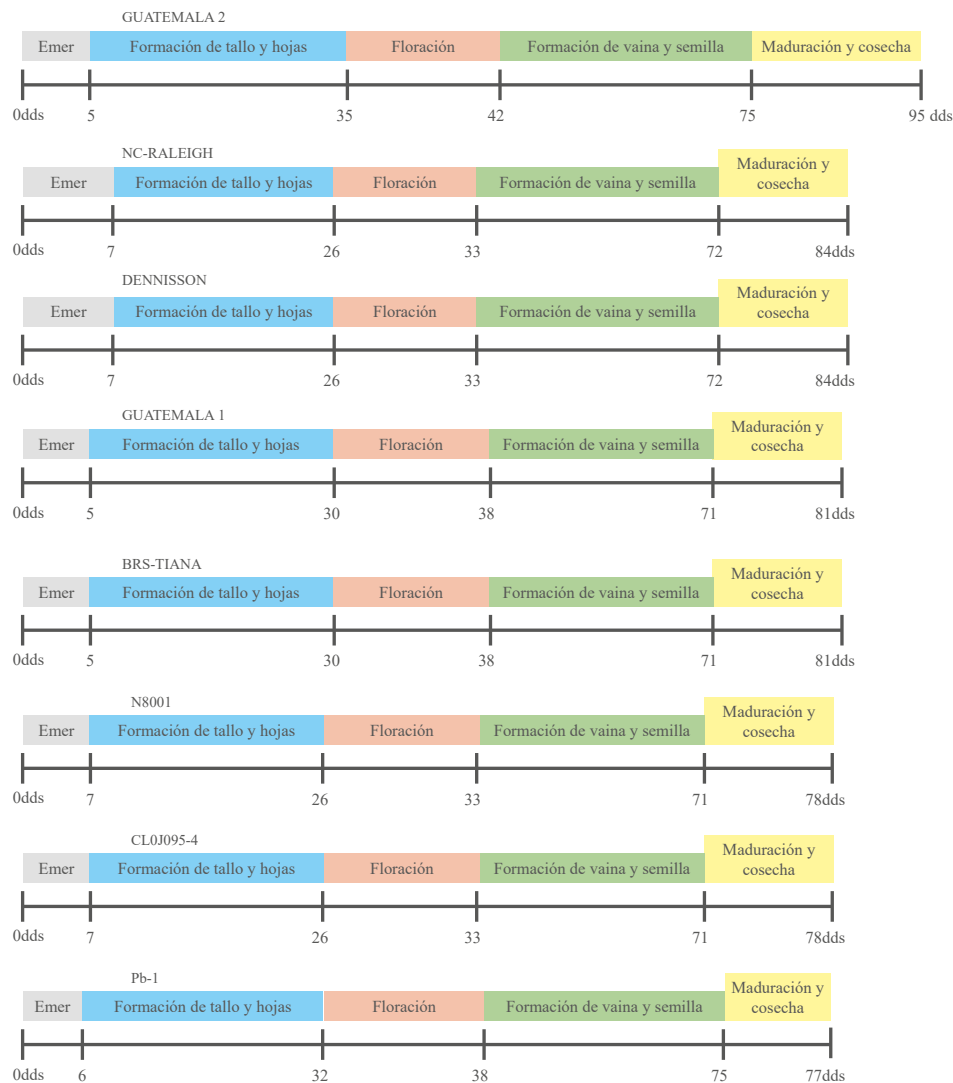


Figura 2. Fenología de ocho genotipos de soja (*Glycine max L.*)

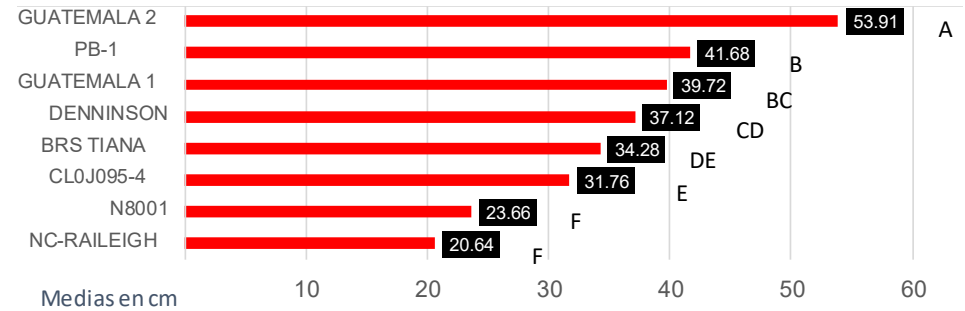


Figura 3. Altura a cosecha de ocho genotipos de soja (*Glycine max L.*). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

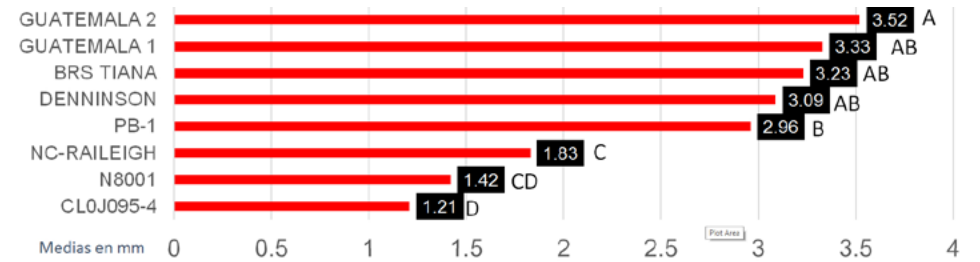


Figura 4. Diámetro del tallo de ocho genotipos de soja (*Glycine max L.*). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

Esta variable fue tomada durante la etapa de inicio de floración y cosecha, desde la base del suelo hasta el ápice del tallo, determinando que los genotipos CL0J095-4, N8001, BRS-TIANA, DENNISON y NC-RALEIGH son los que reflejan tener crecimiento determinado, ya que no siguieron desarrollándose vegetativamente y presentaron floración en el ápice del tallo; al mismo tiempo presentaron los menores diámetros de tallo. Los genotipos con mayor crecimiento y que mantuvieron alturas similares fueron GUATEMALA 1, Pb-1 y GUATEMALA 2, estos pasada la etapa de inicio de floración siguieron desarrollándose vegetativamente, originando botones florales en las axilas de los nudos y manteniendo el ápice en crecimiento, por lo tanto, estos genotipos desarrollaron más vainas. Para las plantas de crecimiento determinado el aumento del diámetro de tallo continuo poco después del florecimiento, en cambio, en las plantas de crecimiento indeterminado el crecimiento longitudinal continuo más allá del periodo de desarrollo de las vainas (FAO, 1995).

Altura de base a primera rama.

En la figura 5 se puede observar la variable altura de base a primera rama con diferencia significativa $p < 0.05$ entre el genotipo que presentó menor altura NC-RALEIGH con 5.08 cm, y los de mayor altura son GUATEMALA 2, BRS TIANA con 10.45 cm, estas reúnen la altura para poder ser cosechadas mecanizadamente. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 6.58 cm y 10.04 cm.

La altura de base a primera rama está asociada con la altura de la planta y es de primordial importancia para la mecanización de la cosecha, ya que si la inserción de la primera vaina es muy baja la cosechadora no la recolecta y se pierde gran cantidad de grano (Blandón, 1988). La inserción de la primera vaina debe superar los 10 cm (Valencia *et al.* 2000)

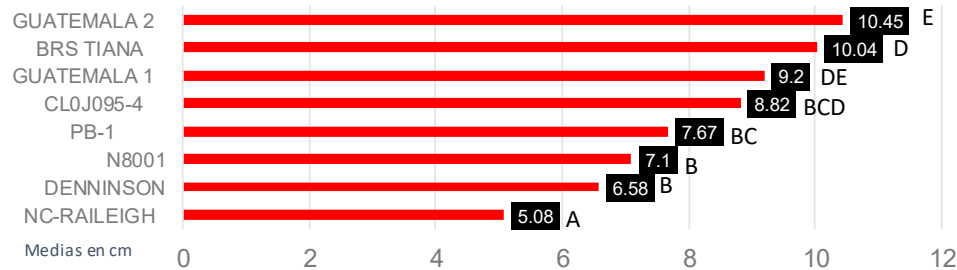


Figura 5. Altura de base a primera rama de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

Total de vainas por planta

En la figura 6 se puede observar a la variable total de vainas, existe diferencia significativa ($p < 0.0001$) entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo GUATEMALA 2 con 80.51 vaina y el que presentado menor cantidad de vaina es N8001 con 27.81 vainas. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 28.8 y 53.03. Una inflorescencia puede llegar a desarrollar de 2 a 20 o más vainas por planta (Rosas y Young, 1991).

Cantidad de semillas por planta

En la figura 7 se puede observar a la variable cantidad de semillas por planta, existe diferencia significativa ($p < 0.0001$) entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo Pb-1 obtuvo

mayor cantidad de 112.12 semillas y el menor es el genotipo N8001 con 45.66 semillas. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 55.85 y 94.71.

Todas las ramas de las plantas de los ocho genotipos desarrollan vainas, sin embargo, producen diferente cantidad de vainas por planta, ya que la altura de cada planta da lugar a desarrollar ramas y vainas; por lo tanto la planta que más fructifico es del genotipo GUATEMALA 2 con 80.51 vainas en promedio pero produciendo 94.72 semillas por planta en promedio, en cambio el genotipo Pb-1 genero 52.03 vainas en promedio, produciendo 112.92 semillas por planta en promedio, registrándose con la menor producción de vainas y semillas el genotipo N8001 con 27.81 vainas en promedio y 45.66 semillas por planta en promedio. En el cultivo de soya se desarrolla de 1 a 4 semillas por vaina, siendo más común 2 ó 3 semillas y dependiendo de la variedad puede llegar a producir más de 400 semillas (Rosas y Young, 1991).

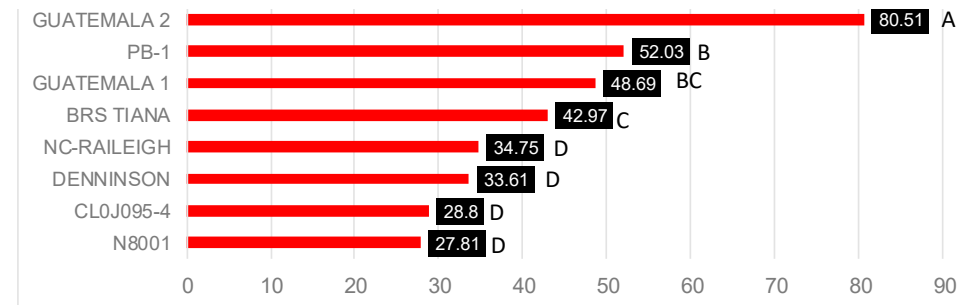


Figura 6. Total de vainas de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.001$)

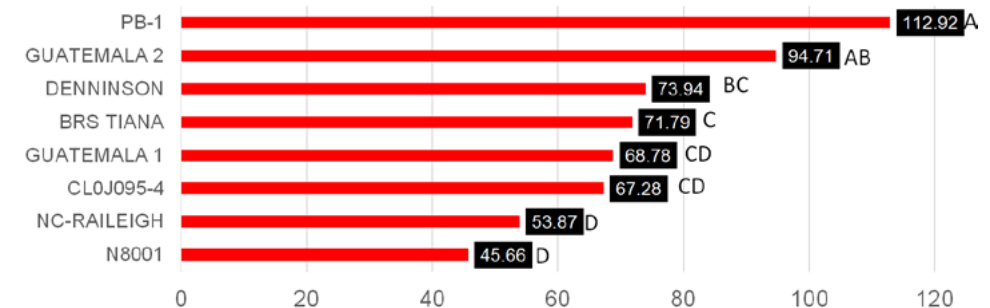


Figura 7. Cantidad de semilla por planta de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.001$)

Rendimiento de grano tn/ha

En la figura 8 se puede observar a la variable rendimiento con diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo GUATEMALA 2 obtuvo el mayor rendimiento con 3.77 tn/ha y el de menor rendimiento fue N8001 con 2.75 tn/ha. Según el USDA el promedio de la producción de los países mas exportadores de soya es de 3-4 toneladas por hectárea, el genotipo Guatemala 2 tiene el potencial para disminuir las altas importaciones del país en harinas, concentrados y poder elaborar sus productos de soya.

El rendimiento depende directamente de la interacción existente entre el genotipo y el ambiente (Toledo, 1997). El número de granos por unidad de superficie y el peso de los granos; si bien existen compensaciones entre estos componentes, guardan cierta independencia entre sí, que permite suponer que un aumento en cualquiera de los dos puede producir un aumento en el rendimiento. Sin embargo, en un rango amplio de condiciones agronómicas el número de granos es el componente que mejor explica las variaciones en la productividad del cultivo (Kantolic y Satorre, 2004).

Tamaño de semilla

El tamaño de la semilla se determinó pesando 100 semillas de cada genotipo escogidas al azar con 13% de humedad, obteniendo los siguientes tamaños de acuerdo a los tamices utilizados: 8mm, 6.7mm, 6.3mm, 4.75mm, 4mm. En la figura 9 se observa Análisis Clúster diferenció 3 grupos siendo los genotipos NC-RALEIGH, N8001 son similares con el tamaño 8.00 mm y 6.7mm, BRS TIANA, CL0J095-4, GUATEMALA 2, son iguales y los genotipos GUATEMALA 1, DENNISON, Pb-1, con 4.74mm y 4mm. La forma de la semilla es variable desde esférica hasta ovalada, siendo la testa de diferentes colores, amarilla, verde negra, o café (Rosas y Young, 1991). Las semillas generalmente miden de 3-8 mm (Bastidas, 2000).

Granos por libra

En la figura 10 se puede observar que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) el genotipo GUATEMALA 2 con 3,723.6 semillas por libra equivalentes a 820 semillas por 100 gramos y el menor fue el genotipo CL0J095-4 1849.4 semillas por libra equivalente a 407 semillas por 100 gramos. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 2220.2 semillas y 3221.6 semillas por libras. Algunas variedades de soya pueden llegar a tener 3200-4500 semillas por libra (704-991 semillas/100gramos), dependiendo su tamaño (Pérez y Oviedo, 2013).

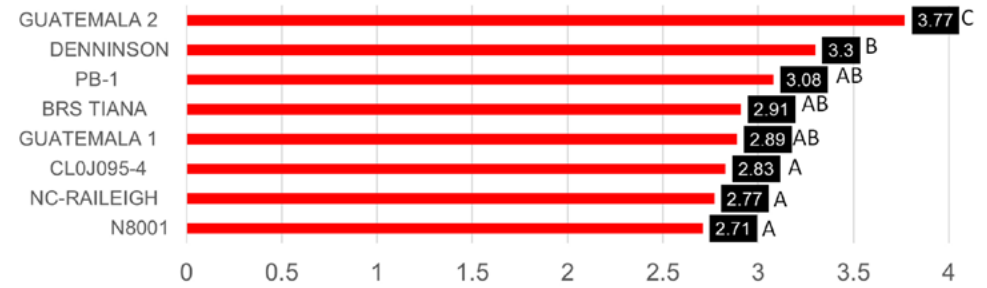


Figura 8. Rendimiento en Toneladas por hectárea de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

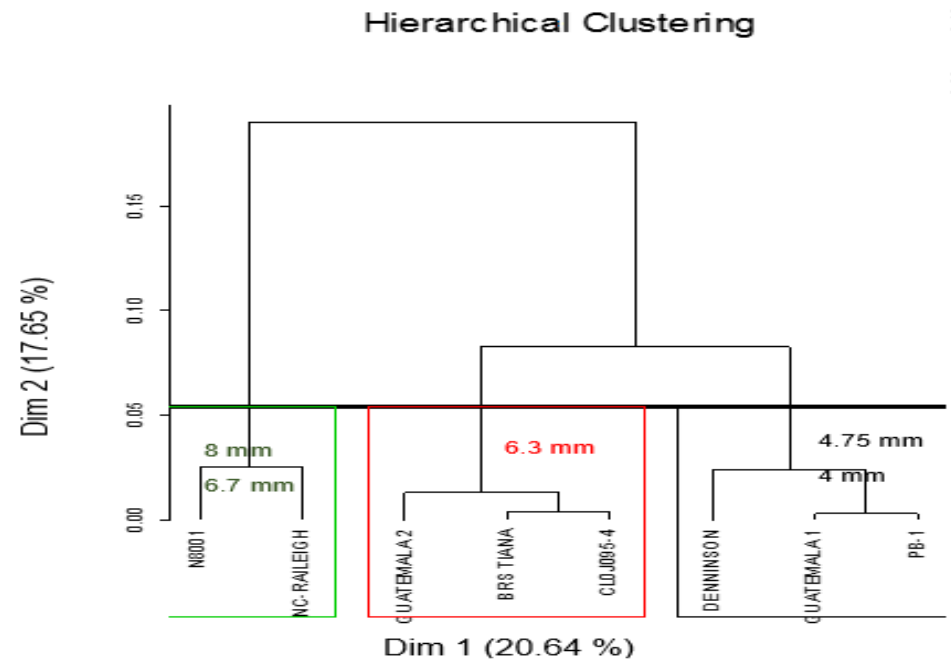


Figura 9. Análisis Clúster, método jerárquico aglomerativo entre el tamaño de semilla de 8 genotipos de soya (*Glycine max* L.)

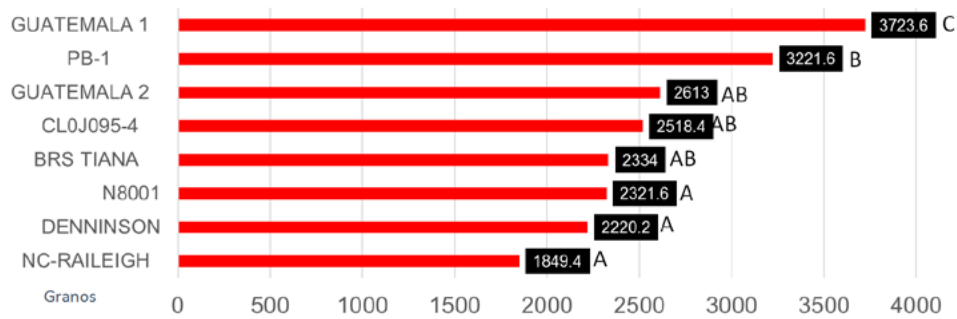


Figura 10. Granos por libras de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.005$)

Caracteres cualitativos en soya (*Glycine max* L.)

En la figura 11 se observa que la Dimensión 1 (Dim 1- eje X) explica el 20.64% de la variación y la Dimensión 2 (Dim 2- Eje Y) explica el 17.65%. Es decir que en el eje X, las variables hábito de crecimiento, pubescencia, forma de la hoja, inflorescencia, fruto color de vainas, forma y color de semilla está siendo mejor explicadas por los genotipos de GUATEMALA 1, Pb-1, CL0J095-4, no así los genotipos GUATEMALA 2, N8001, que fueron las más tempranas en mostrar las variables antes mencionadas. Mientras que el eje Y, la variable que mejor explica las variables cualitativas es la DENNINSON. El análisis Clúster jerárquico diferenció 4 grupos de los cuales los genotipos BRS TIANA, GUATEMALA 1, PB-1, CL0J095-4 son semejantes; al mismo tiempo que GUATEMALA 2, N8001, y DENNINSON, NC-RALEIGH son diferentes a los demás en las variables cualitativas.

Las hojas, tallos y vainas se encuentran cubiertos con pubescencia, variando en su erección y densidad (FAO, 1995), siendo la mayoría de las variedades erecta (ICA Y CORPOICA, 2001). La forma de los folíolos es controlada genéticamente. Las flores pueden ser purpuras, blancas o blancas con la base purpura. Las vainas son verdes volviéndose bronceadas, marrones o negras en la madurez (FAO, 1995)

Hábito de crecimiento

En cuanto a la variable hábito de crecimiento se obtuvo un resultado de 75% de las plantas en estudio presento un hábito de crecimiento indeterminado (crecimiento indefinido hasta la cosecha) siendo los genotipos DENNINSON, BRS TIANA, CL0J095-4, GUATEMALA 1, PB-1, GUATEMALA 2 y que solo un 25 % corresponde a un hábito determinado (culminación de crecimiento detectado en la etapa de floración) NC-RALEIGH, N8001.

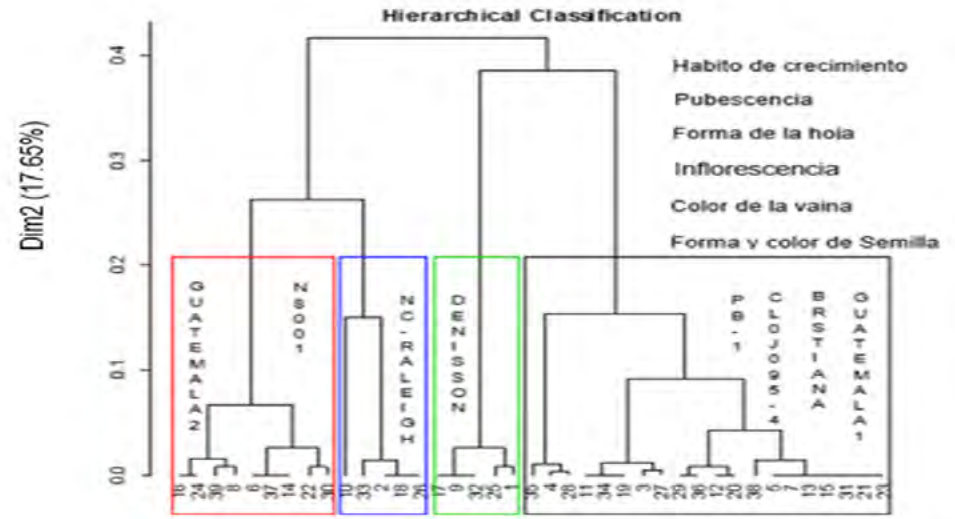


Figura 11. Análisis Clúster, método jerárquico aglomerativo entre las variables cualitativas de 8 genotipos de soya (*Glycine max* L.)

Los grupos IV o menores, son de hábito de crecimiento indeterminado, mientras que la mayoría de las de grupos V o superiores son de hábito determinado (ICA Y CORPOICA, 2001).

Pubescencia

En cuanto a la variable pubescencia se obtuvo 50% de la población de todos los genotipos semi erecto, de las plantas en estudio, el 37% presento erecto y un 13% a rizado. La pubescencia de la mayor parte de los tipos cultivados es aproximadamente erecta, también existen rizados y reclinados (FAO, 1995).

Forma de la Hoja

Para los genotipos en estudio se obtuvo un mismo resultado en cuanto a la variable forma de la hoja y podemos notar que el 100% de las plantas en estudio presentaron forma lanceolada pero diferentes tamaños. La forma de folíolos de la hoja puede variar entre oval, lanceolados (Lafarga *et al.* 2003). Las variaciones de forma de los folíolos desde oval a lanceolada son controladas genéticamente (FAO, 1995).

Inflorescencia

En cuanto la variable inflorescencia, se obtuvo que el 62% de los materiales presentaron color purpura CL0J095-4, GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, Pb-1, N8001 y 38% color blancas siendo estos BRS TIANA, NC-

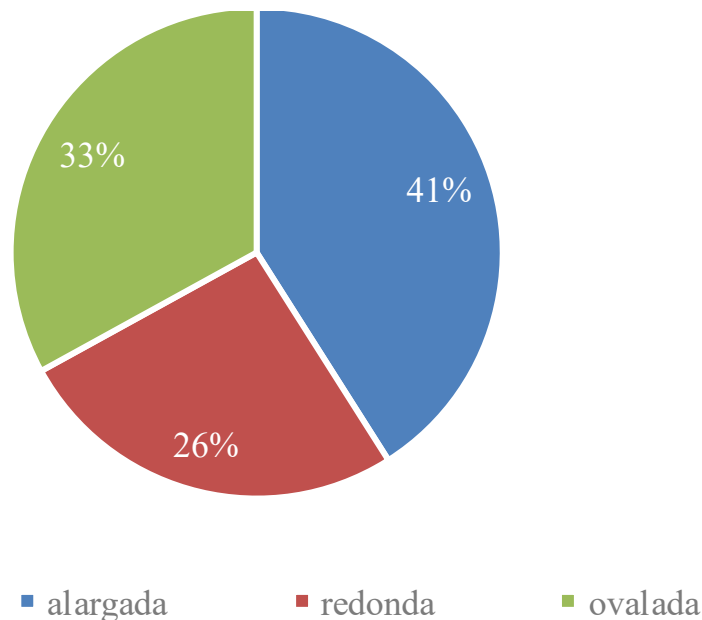
RALEIGH, DENNINSON la inflorescencia de los 8 genotipos de soya el color predominante fue el púrpura y un 38% color blanco. Inflorescencias racimosas axilares son de color blanquecino o púrpura, según la variedad. (Lafarga *et al.* 2003). Las flores pueden ser púrpuras, blancas o blancas con la base púrpura (FAO, 1995).

Color de la vaina

El 100% de la población de plantas en estudio presentaron color café en las vainas a cosecha, esto al presentarse determino el inicio de la madurez fisiológica de cada genotipo. Las vainas son verdes volviéndose bronceadas o negras en la madurez (FAO,1995).

Forma y Color de la semilla

En relación a la variable forma de la semilla se observa que se encontraron tres formas de semillas, las cuales son alargada, circular, ovalada; así mismo se detalla que un 41 % de los genotipos presentaron forma alargada, 33% ovalada y 26 % de la semilla con forma redonda (Fig.12). La semilla generalmente es esférica, la superficie es lisa, color amarillo crema, forma ovalada (MAG/CENTA 1995).



Conclusiones

Se identificaron tres grupos de genotipos con desarrollo fenológico similar, distribuidos en fase vegetativa BRS-TIANA, Pb-1 y GUATEMALA 1; fase reproductiva CL0J095-4 y N8001 y fase de fructificación NC-RALEIGH y DENNISSON además de tener los mismos días de cosecha.

Los genotipos con hábitos de crecimiento determinado fueron NC-RAILEIGH y N8001 los cuales fueron los que obtuvieron menor altura y cantidad de semillas, al contrario que los genotipos GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, Pb-1, BRS-TIANA, DENNINSON Y CL0J095-4 que fueron indeterminadas estos genotipos tuvieron crecimiento de 30 a 50 centímetros de altura, lo que permite obtener mayor cantidad de vainas y semillas por planta.

Los genotipos evaluados que presentaron mayor precocidad fueron Pb-1 cosechado a los 77 días, CL0J095-4 y N8001 a los 78 días después de siembra y el genotipo Guatemala 2 cosechado a los 92 días después de siembra es el más tardío pero el rendimiento por hectárea es mayor.

Los genotipos NC-RALEIGH y N8001 presentaron semillas con tamaños de 6.3 mm hasta 8 mm, las más grandes entre los ocho genotipos evaluados y los genotipos DENNISSON, GUATEMALA 1 y Pb-1 son los que produjeron semillas de 4mm a 4.75mm las más pequeñas entre los ocho genotipos evaluados.

El genotipo con mayor rendimiento es Guatemala 2 con 3.7 t_{ha}⁻¹, 81 vainas promedio, 95 semillas promedio por planta y el genotipo N8001 produjo 2.71 t_{ha}⁻¹, 28 vainas promedio por planta y 46 semillas promedio por planta, determinándose como el material evaluado con menor rendimiento. El genotipo Guatemala 2 tiene el potencial para competir con el mercado de exportación mostrando un rendimiento de 3.7 t_{ha}⁻¹, ya que según la USDA los países más productores reportan rendimientos de 2-3.5 t_{ha}⁰, ayudando a través de la producción reducir las importaciones de soya y el déficit de divisas.

Figura 12. Forma de la semilla de 8 genotipos de soya (*Glycine max* L.)

Recomendaciones

Sembrar a distanciamientos menores de 0.30 m, los genotipos DENNISON, N8001, BRS-TIANA, CL0J095-4 Y NC-RALEYGH ya que, según su comportamiento vegetativo observado pueden crecer en un distanciamiento menor, logrando aumentar la densidad de siembra.

Realizar ensayos de rendimientos, en diferentes altitudes del país con los genotipos DENNISON, GUATEMALA 2 y Pb-1 por ser los más productivos que se obtuvieron.

Evaluar en todos los genotipos resistencia a plagas y enfermedades, altitud de siembra asocio con otros cultivos.

Realizar análisis bromatológico del contenido nutricional y de aceite de los ocho genotipos estudiados y caracterizarlos molecularmente.

Se recomienda la promoción del cultivo de soja por ser una alternativa de diversificación de la agricultura en El Salvador y disminuir la importación de grano y subproductos y así mejorar la seguridad alimentaria.

Bibliografía

BCR (Banco Central de El Salvador). 2015. (Importaciones y exportaciones de soja en El Salvador). (Correo electrónico). San Salvador, S.V. Consultado 23 jun. 2015

Bastidas, R. G. 2000. El cultivo de soja: Aspectos botánicos de la soja. en línea. CL. ICA. Consultado el 6 nov 2016. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Soja.pdf>

Blandón, V. 1988. Influencia de diferentes métodos de control de malezas en soja (*Glycine max L.*) variedad cristalina. Tesis Ing. Agr. Managua, NI. ISCA. 55p

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1995. Cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción. Roma, IT. 256 p.

Fox, J. 2005. The R commander; a basis statistics graphic user interface to R. *Sourhal of staatistical software*, 14 (a): 1-42

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario); CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2001. El cultivo de la soja. en línea. Palmira, Co. Consultado el 7 nov 2016.

IIP (Instituto Internacional de La Potasa). 2011. Soja en Latinoamérica. (en línea). CH. Agroeditorial. Consultado 10 abr 2015. Disponible en <http://www.ipipotash.org/udocs/328-IIP-Boletin-No20.pdf>

IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos). s.f. Descriptor de soja *Glycine max L.* Consultado 20 de ene 2015.

Kantolic, A, y E. Satorre, 2004. Elementos centrales de ecofisiología del cultivo de soja: Manual práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Ar. p.19-37

Lafarga, A; Lezaun, J; Goñi, J. 2003. El cultivo de soja. (en línea). Buenos aires, AR. Consultado 10 abr 2015. Disponible en <http://www.itga.com/docs/Fichascultivo/fisoja.pdf>

MAG/CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV).1995. Guía técnica del cultivo de soja. La liberta, sv.19p

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). SV. 2013. Anuario de estadísticas agropecuarias (DEA) 2013-2014. Santa Tecla, S.V. p.85

Pérez, L. y Oviedo C. 2013. Soja: Una alternativa para la región Norte de Nicaragua, ante el efecto climático. en línea. NI. CIAN. Consultado 8 nov 2016. Disponible en <http://norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Soja-Una-Alternativa-Alimentaria.pdf>

Rosas, J; Young, R. 1999. El cultivo de la soja. 3 ed. Honduras. EAP. 71 p.

Toledo, R. 1997. El cultivo de soja. (en línea). Buenos aires, AR. Consultado 15 mar 2015. Disponible en http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno_soja.pdf

Valencia, R; Carmen, H; Vargas, H; Arriata, G. 2000. Variedades mejoradas de soja para zonas productoras actuales y potenciales de Colombia. (en línea). Co. Consultado 7 julio 2016. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/18018/37669>

WWF (World Wide Fund for Nature). 2014. Crecimiento de la soja: impactos y soluciones. (en línea). Trad. S. Kernohan. Gland, CH. Consultado 30 ene 2015. Disponible http://aws.assets.panda.org/downloads/reporte_final_soja_esp_2.pdf











Normas de publicación en revista Agrociencia

Estructura del Artículo Científico

Para la publicación de los resultados de investigación, es necesario tener una estructura eficaz y acorde con las necesidades concretas. Existen varios tipos de estructuras dependiendo de la revista científica y su especialización, aquí se tratará sobre el artículo original o artículo científico.

A pesar de que cada revista tiene sus propias normas de publicación, la estructura del artículo generalmente es común a todas ellas, variando únicamente la forma de presentación, extensión de las partes o algunas pequeñas características relacionadas con el formato. Las normas de publicación incluyen tipo de letra, interlineado, idiomas del título y del resumen, situación de las palabras clave, formato de las citas bibliográficas. En este sentido, los apartados fundamentales que debe presentar un artículo científico son los siguientes:

Nombre de la Investigación

Este es un componente muy importante del artículo, debido a que es probable que se publique como recurso bibliográfico, en bancos de datos, en la página de Internet y en la literatura citada de otros artículos. Quién encuentre el título por uno de estos medios decidirán, basándose exclusivamente en su contenido, si deben o no obtener una copia del artículo, debido que describe el contenido del artículo (naturaleza del estudio, sujeto u objeto experimental y enfoque técnico) en forma específica, clara, exacta, breve, honesta y concisa, de tal forma que el lector identifique el tema fácilmente.

A pesar que no hay una regla única sobre la longitud mínima, máxima u óptima del título en cuanto al número de palabras, la longitud promedio varía en diferentes revistas examinadas recientemente, considerando como promedio 14 palabras (9 mínimo a 20 como máximo). El título no debe contener abreviaturas, fórmulas químicas o nombres comerciales. Usar letra mayúscula únicamente en la primera letra del título (a menos que se trate de nombres propios). Si se incluye un nombre científico, es imperativo que el lector sepa de qué tipo de organismo se trata.

Autores

Un aspecto muy importante es el nombre y apellidos de los investigadores, generalmente se tienen dos apellidos y nombres, por lo tanto deberán colocarse los dos apellidos unidos por un guión. Cuando hay más de un autor estos deben estar separados por comas y los nombres de los autores colocando únicamente las iniciales. El o los docente directores de tesis, deberá estar al final del total de autores del artículo científico. Después del nombre y apellido de cada autor hay que colocar un número arábigo como superíndice, para indicar la dirección de la institución y se indicará con el número uno (1), el autor al cual se le debe dirigir

la correspondencia. A los docentes y otros profesionales directores de tesis deberá colocar el número dos (2), el cargo y la dirección de la Unidad académica o de trabajo a la cual pertenecen, la Universidad o Institución laboral y el país. Las direcciones deberán ir en nota separada al pie de página.

Resumen y palabras claves

La mayoría de las revistas científicas, exigen un resumen en varios idiomas sobre el contenido del artículo. La importancia del “Resumen o Abstract” se refleja en la existencia de bases de datos en bibliotecas u otros Centros de Información, donde únicamente aparece el título y el resumen del artículo. Con la proliferación de bases de datos digitales, esta característica se ha convertido en universal.

El resumen, debe ser lo suficientemente sucinto e informativo para permitir al lector identificar el contenido e interés del trabajo y poder decidir sobre su lectura. El resumen debe estar escrito en el pasado y hacer referencia al lugar y fecha de ejecución; además, debe contener el procedimiento metodológico del trabajo, sus principales resultados y conclusiones. Debe dejarse bien claro el hallazgo principal del trabajo y se deben presentar datos numéricos de los resultados sin incluir subtítulos, cuadros, figuras, abreviaciones, referencias bibliográficas y no deben separarse los párrafos. Además, indicar la probabilidad de la prueba estadística entre paréntesis por ejemplo ($p \leq 0.01$) y cuando sea pertinente también el valor calculado ($r = 0.9$; $X^2 = 2$). Evitar expresiones: “En este artículo se presentan o discuten...”

Generalmente los aspectos relacionados con el resumen suelen estar limitados por las normas editoriales. Normalmente no debe superar las 250 palabras y tampoco ser inferior a 150 e incluir una traducción al idioma inglés.

Al final del resumen deben incluirse una serie de términos denominados “Palabras clave” (Key words) por las que el artículo será incluido en los Thesaurus y bases de datos. La búsqueda en los bancos de bibliografía suele realizarse precisamente por estas palabras clave, siendo importante elegir las adecuadamente. Habitualmente se incluyen los taxones estudiados (de mayor a menor rango), el campo de estudio y las regiones geográficas estudiadas (de menor a mayor rango). El número indicado es de 3 a 8 palabras clave o frases cortas (lexemas) y la primera letra de la primera palabra clave en mayúscula. Ordenarlas por orden de importancia.

1. Introducción

Describe el interés que tiene el tema en el contexto científico del momento, así como una breve reseña del estado actual de los conocimientos en este campo, incluyendo las referencias bibliográficas más importantes. Además, se refiere a los trabajos previos que se han hecho sobre el tema. No necesariamente debe ser muy extensa y debe responder a la pregunta de “porqué se ha hecho este trabajo”. La Introducción es una revisión bibliográfica previa, en la cual todas las afirmaciones van sustentadas por citas bibliográficas, pero no debe confundirse con la introducción de la tesis u otros documentos. Hay que tener presente que el último párrafo se resume el objetivo del estudio. La introducción hace las funciones de revisión

de literatura, la cual debe incorporarse al texto según las normas técnicas vigentes del IICA.

2. Materiales y Métodos

En esta sección se responde a la pregunta de “cómo se ha hecho el estudio” y es la escritura del diseño de la investigación la cual debe incluir la ubicación de la investigación en espacio y tiempo, condiciones climáticas y de suelo, las unidades en estudio, la toma de datos, estudios económicos, el análisis estadístico (variables en estudio, modelos y pruebas estadísticas). Los métodos establecidos y bien conocidos se indican mediante citas bibliográficas. Se detalla el uso de productos químicos (nombres genéricos) y datos de dosis. Para los equipos de presión, se debe señalar tipo, marca y modelo.

3. Resultados y Discusión

Es la presentación ordenada de los hallazgos que es la verdadera contribución de la investigación. Se pueden presentar en el textos, cuadros, figuras o ilustraciones, para ello hay que utilizar el medio más claro, adecuado y económico. Se debe tener el cuidado de citar dentro del texto las figuras, cuadros o ilustraciones. La secuencia de redacción no tiene por que ser necesariamente cronológica, sino la que permita una exposición más coherente y clara de los resultados obtenidos. Deben expresarse los resultados de los experimentos descritos en Materiales y Métodos sin repetir ambos elementos y ser vistos y entendidos de forma rápida y clara. El primer párrafo debe ser utilizado para resumir en una frase concisa, clara y directa, el hallazgo principal del estudio. Esta sección debe ser escrita utilizando los verbos en pasado. Evitar el uso de voz pasiva (“el ganado lechero se ha considerado...”), mejor usar: “el ganado lechero es considerado...”. No usar expresiones como: “se efectuó una fertilización nitrogenada...”; debemos ser específicos, cambiar el sustantivo y hacerlo verbo, así: “se fertilizo con nitrógeno...”. Las unidades de medida deben estar claras según el Sistema Internacional de Unidades y las abreviaciones totalmente explicativas, según las normas vigentes del IICA. La discusión de los resultados es el examen de los resultados, su significado y limitaciones, enfatiza los aspectos nuevos e importantes de la investigación. Determina la coherencia o contradicción de los datos encontrados. Esta sección es el corazón del artículo y la sección más compleja de elaborar y organizar. Algunas sugerencias que pueden ayudar son: comenzar la discusión con la respuesta a la pregunta de la Introducción, seguida inmediatamente con las pruebas expuestas en los resultados que la corroboran. Comentar claramente, en lugar de ocultarlos, los resultados anómalos, dándoles una explicación lo más coherente posible. Se contrastarán con los resultados obtenidos en otras publicaciones sobre el tema.

4. Conclusiones

Las conclusiones deben recapitular en forma lógica los resultados obtenidos. Deben ser independientes, concretas y no redundantes. Deben estar basadas en los hallazgos del trabajo, no ser especulativas, ni provenir de la literatura. Deben de estar en concordancia con los objetivos que se plantearon en el proyecto de in-

vestigación. No deben mencionarse cuadros o figuras. No deben confundirse con recomendaciones. No usar números o viñetas.

5. Recomendaciones

Indicar la aplicabilidad de sus resultados y lo que se debe modificar. No usar números o viñetas.

6. Bibliografía

En el artículo científico únicamente se admite relacionar bajo este epígrafe, aquellas referencias bibliográficas que han sido directamente citadas en el texto. Las fuentes citadas deben hacerse de acuerdo a las normas vigentes del IICA. Si hay citas de internet, deberán ser de revistas o textos reconocidos por la comunidad científica internacional y escribirlas según normas técnicas vigentes del IICA. No usar números o viñetas en las bibliografías, únicamente usar letra negrita en autores y año.

7. Agradecimientos (opcional).

Es aplicable a instituciones que apoyaron la investigación.

8. Redacción de cuadros, figuras y texto

Cuadros:

Deben tener un título breve y claro de manera que indique sin dificultad que es lo que se informa en él, debe ser lo más corto y simple posible y deberá estar en la parte superior del cuadro. Para los cuadros que llevan notas al pie del cuadro se hacen con letras más pequeñas que las del texto.

Las siglas y abreviaturas deben escribirse según las normas técnicas vigentes del IICA, de lo contrario deberán ser acompañadas de una nota explicativa al pie del mismo. Los cuadros no deben tener un tamaño mayor de tres cuartos de la página y demasiada información estadística que se tornan incomprensibles y confusos. Se sugiere usar dos números decimales.

Figuras:

Se denominan figuras a los gráficos, diagramas, mapas, fotografías, dibujos manuales e impresiones fotográficas. Los títulos deben de ser concisos y explicativos y se colocan debajo de la figura. Los mapas y dibujos deberán llevar una escala en el Sistema Internacional de Unidades. Las fotografías deben de ser de buena calidad, buena resolución y excelente contraste. La figura deberá ser de alta trascendencia para el artículo, y se identificará con números arábigos según el orden de aparición en el texto.

Texto:

El texto deberá escribirse en una columna, con letra arial normal número 11 a espacio sencillo. El margen izquierdo deberá ser de 3.0 cm. y el derecho, superior e inferior de 2.5 cm. Las páginas se numeran en el lado inferior en el extremo derecho. Se recomienda no unir el número con la abreviación, excepto cuando se trate de porcentajes o grados centígrados. Los números del cero al nueve se escriben con letras, sino son unidades de medida.



Contacto: revista. agrociencia@ues.edu.sv

Editada y publicada por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.