



Revista científica de la Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala



Vol. XXXIV, No. 1



Guatemala,
Enero - Junio 2016

Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Junta Directiva

Ing. Agr. Mario Godínez López	Decano
Ing. Agr. Juan Herrera	Secretario Académico
Dr. Tomás Padilla Cámbara	Vocal I
Ing. Agr. César Linneo García	Vocal II
Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro	Vocal III
Br. Juan José Milton Caná	Vocal IV
Mstra. Ruth Curruchich Cumez	Vocal V

Consejo Editorial

Ing. Agr. Mario Godínez López (Presidente)
Pdsta. Dennis Escobar Galicia (Secretario)
Dr. Hugo Cardona Castillo
Dr. Ezequiel López
Ing. Agr. Waldemar Nuño Reyes
Lic. Víctor Muñoz
Br. Camilo José Wolford

Revista  **tikalía**
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Guatemala
Teléfonos: (502) 2476-9770
Fax: (502) 2476-9770
Correo electrónico: comited.agro@usac.edu.gt

Editor:
Dennis Orlando Escobar Galicia

PRESENTACIÓN

Revista TIKALIA (Volumen XXXIV. No. 1-2016. Enero-Junio) publicación científica semestral de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, catalogada en Latindex (www.latindex.unam.mx) contiene los artículos siguientes:

«LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS AGRÍCOLAS EN GUATEMALA», de José Miguel Leiva Pérez. Este artículo tiene como objetivo general establecer la situación actual de la conservación de los suelos agrícolas y las prácticas de rehabilitación de las tierras degradadas en Guatemala. Asimismo elaborar una propuesta de política pública para impulsar y promover su conservación. En la investigación se propone un marco de política nacional cuyos ejes principales se enfocan a la promoción de diversos métodos de conservación de suelos y rehabilitación de tierras degradadas, bajo la dirección de la institución competente del Gobierno de Guatemala.

«RIESGO POTENCIAL A EROSION HÍDRICA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA GUATEMALTECA», de Alma Lizeth Santos Pérez y Elmer Adolfo Orrego León. En esta investigación se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés), asociada a un sistema de información geográfica ArcGis 10 para predecir el riesgo potencial a erosión hídrica de los suelos de la agroindustria azucarera. Se concluyó, entre otras cosas, que las zonas de mayor riesgo a erosión de suelos se encuentran en lugares con altas pendientes (laderas de volcanes y partes media-altas de la zona cañera, altas precipitaciones físicas del suelo que proporciona la erosión).

«ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) PARA LOS AÑOS 1996 a 2016, Guatemala», de Mauricio Sitún Alvizures. Este artículo contiene un análisis de las series de tiempo de los precios de café por saco o quintal que se entrega al contrato C de la bolsa de valores de New York para los años 1996 a 2016. Estos precios son los que sirven de guía para el pago a los productores de café maduro, pergamino, oro o bolita. Los objetivos del estudio son describir la tendencia, la variación cíclica y la variación estacional de los precios de café.

«BIOPROSPECCIÓN DE MICORRIZAS ARBUSCULARES ASOCIADAS A MEZQUITE *Prosopis juliflora* Y SU INTERACCIÓN CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO», de Ana Paula Espinoza García y Gesly Aníbal Bonilla Landaveerry. Esta investigación se realizó en la finca Celgusa, aldea El Rancho, municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. El objetivo consistió en realizar una bioprospección de micorrizas arbusculares asociadas al mezquite *Prosopis juliflora* y su interacción con bacterias fijadoras de nitrógeno.

Finalmente, se incluye una sección que da cabida a varios resúmenes de tesis de las carreras de Ingeniería Agronómica en Sistemas de Producción Agrícola e Ingeniería Agronómica en Recursos Naturales Renovables.

Los editores.

CONTENIDO

7 **LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS
AGRÍCOLAS EN GUATEMALA**

Autor:

José Miguel Leiva Pérez

29 **RIESGO POTENCIAL A EROSIÓN HÍDRICA
PARA LA PLANIFICACIÓN DEL MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE SUELOS DE LA
AGROINDUSTRIA AZUCARERA GUATEMALTECA**

Autores:

Alma Lizeth Santos Pérez

Elmer Adolfo Orrego León

47 **ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIOS DE CAFÉ
(*Coffea arábica* L.) PARA LOS AÑOS 1996 A 2016,
GUATEMALA**

Autor:

Mauricio Sitún Alvizures

65 **BIOPROSPECCIÓN DE MICORRIZAS
ARBUSCULARES ASOCIADAS A MEZQUITE
Prosopis juliflora Y SU INTERACCIÓN CON
BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO**

Autores:

Ana Paula Espinoza García

Gesly Anibal Bonilla Landaverry

83 **RESÚMENES DE TESIS**

95 **Instrucciones para los autores**



LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS AGRÍCOLAS EN GUATEMALA

Autor:

José Miguel Leiva Pérez *

Recibido el 01 de agosto de 2016.

Aprobado el 22 de septiembre de 2016.

*Investigador del Programa de Cambio Climático del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, USAC.

RESUMEN

El artículo se basa en un estudio presentado por el autor en el curso de este año a la Dirección General de Investigación (DIGI) de la Universidad de San Carlos (USAC), bajo el título “*Propuesta para impulsar la conservación de suelos agrícolas y rehabilitación de tierras degradadas en la República de Guatemala*”. El objetivo general del proyecto fue establecer la situación actual de la conservación de los suelos agrícolas y las prácticas de rehabilitación de las tierras degradadas en Guatemala y elaborar una propuesta de política pública para impulsar y promover su conservación. De acuerdo con la investigación documental realizada y entrevistas con expertos en el tema, actualmente la conservación de suelos no ocupa ninguna prioridad dentro de las estrategias de producción agrícola y de protección de los recursos naturales; a pesar de que según la información recabada, el promedio nacional de pérdida de suelos por erosión hídrica alcanza 149 millones de toneladas anuales, que representa un valor monetario aproximado de 727 millones de quetzales. Se propone un marco de política nacional cuyos ejes principales se enfocan a la promoción de diversos métodos de conservación de suelos y rehabilitación de tierras degradadas, bajo la dirección de la institución competente del Gobierno de Guatemala. Se sugiere además, un marco de acciones para fortalecer la capacitación y el fortalecimiento de las instituciones de gobierno y de la sociedad civil para la conservación de los suelos agrícolas.

Palabras clave: Conservación de suelos, erosión de suelos, tierras degradadas, pérdida de suelos, política de suelos.

THE AGRICULTURAL LAND DEGRADATION IN GUATEMALA

ABSTRACT

This article is based in a presented study by the author during this year to the General Direction of Research (DIGI) of the San Carlos University (USAC), namely *“Proposal for promoting the agricultural soil conservation and restoration of degraded land in the Guatemala Republic”*, where the general objective was to establish the current situation of the agricultural soil conservation as well as the rehabilitation of the land degradation in Guatemala and to elaborating a policy proposal in order to push forward and promoting its conservation. According to the realized investigation and the interview with experts on this issue, actually the soil conservation is not a priority among the strategies of agricultural production and natural resources; in spite of that according to the gathered information, the national average of soil loss due to water erosion is around of 149 million of tons by year, which represent an estimated monetary value of 727 million of quetzals.

It is suggested a national policy framework where the principal targets are focused to the promotion of a different methods of soil conservation and land degradation rehabilitation, with the appropriate direction of the responsible institution of the Guatemala Government. In addition, it is suggested a framework of actions in order to promoting the training as well as the strengthening of the national institutions of the government and the civil society addressed to agricultural soil conservation.

Keywords: Soil conservation, soil erosion, land degradation, soil loss, soil policy.

METODOLOGÍA

Conviene antes indicar que la degradación de la tierra abarca la pérdida de fertilidad y las condiciones físicas y químicas del suelo, así como también las formas de erosión, la sequía y desertificación. Un elemento que contribuye al cambio climático y que se pierde dentro de la degradación de la tierra es el Carbono, debido fundamentalmente al cambio de uso del suelo (CNUCLD, 2015: 9).

La metodología se dividió en dos partes: a) Etapa de gabinete y b) Etapa de campo. La primera consistió en llevar a cabo una revisión documental sobre el tema: se consultaron informes técnicos, tesis de graduación de la Facultad de Agronomía de la USAC, que se han enfocado a estudios sobre escorrentía superficial, pruebas de diferentes tipos de cobertura vegetal para protección de suelos y pruebas de diferentes estructuras de conservación de suelos. En la etapa de campo se llevó a cabo una consulta con expertos y visitas a instituciones gubernamentales como el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), el Instituto Nacional de Bosque (INAB), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Toda la información recopilada en ambas etapas, fue ordenada y sistematizada con el fin de cumplir con el resultado final del estudio, consistente en elaborar un diagnóstico sobre la conservación de los suelos agrícolas y una propuesta de política pública para impulsar la conservación de suelos y rehabilitación de tierras degradadas en Guatemala.

Situación de la conservación de suelos agrícolas en Guatemala.

En la década de los 60 y 70, Guatemala tuvo un importante programa de conservación de suelos agrícolas en todo el territorio nacional; este programa incluía asistencia técnica gratuita por parte del Estado y otros beneficios para los productores. Lamentablemente, este programa desapareció y de acuerdo a las consultas realizadas, actualmente el Gobierno de Guatemala no está ejecutando ningún programa de conservación de suelos; solamente existen esfuerzos aislados y focalizados de instituciones como la FAO.

Aspectos como la deforestación están ligados al proceso de erosión, deterioro de suelos y degradación de la tierra. La erosión hídrica en tierras de alta pendiente tiene como consecuencia la sedimentación en lagos, ríos y lagunas; afecta también en la disminución en la captación de agua y recarga de mantos acuíferos, inundaciones, reducción del potencial productivo por la pérdida paulatina de la fertilidad de suelos e impactos negativos en la biodiversidad. De acuerdo al mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010 (INAB-2010), se estima que anualmente se pierden 137,000 hectáreas de bosques, por diferentes causas, entre ellas incendios forestales, talas ilícitas, aprovechamientos forestales ilegales, cambio de uso de la tierra.

En la década de 1950 a 1960 hubo atención y asistencia por parte del Gobierno de Guatemala a los pequeños y medianos productores rurales en materia de conservación de suelos. En 1970 se creó la Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA) que tuvo como responsabilidad asistir técnicamente a los pequeños productores en la producción agrícola y pecuaria. Se fomentó fuertemente la educación agrícola en niños, niñas y

jóvenes a través de los Clubs 4S. A través de DIGESA se promovió fuertemente la conservación de suelos agrícolas usando el mecanismo de asistencia técnica gratuita a través de la participación voluntaria de los agricultores para la realización de prácticas de conservación de suelos en sus propios terrenos. Los suelos agrícolas de las cuencas altas de la cordillera central de Guatemala se conservaron a través de este novedoso programa, especialmente a través de la implementación de curvas a nivel, terrazas de conservación y barreras vivas. Tierras deforestadas sin recuperación en departamentos como San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán y Sololá, donde se formaron grandes cárcavas fueron rehabilitadas utilizando diferentes técnicas, especialmente los muros de contención, muros de piedra y muros con madera y gaviones. Entre 1996 a 1998 el MAGA, fue objeto de una reingeniería y entre otras, DIGESA, desapareció y con ella todos los programas de asistencia técnica y conservación de suelos para los pequeños productores.

En el marco de las investigaciones para elaborar el estudio, se consultó en el MAGA en la Dirección de Coordinación Regional y Extensión Rural (DICORER), pero no hay información disponible respecto a la ejecución de programas específicos en conservación de suelos agrícolas y rehabilitación de tierras degradadas.

Hay un fenómeno social que ocurre en el área rural en la actualidad que ha afectado la conservación de suelos; en primer lugar se puede mencionar que la generación de agricultores de la época de los 50 y 60 ya no existen y las nuevas generaciones no se apropiaron de los conocimientos de sus ancestros sobre la importancia de conservar los suelos agrícolas como una herencia valiosa. Por otro lado, la migración interna y externa de productores, ha provocado que muchas tierras en abandono queden expuestas a la erosión.

Estimación de la pérdida de suelos agrícolas en Guatemala

La situación general de la conservación de suelos agrícolas, se enfoca desde cinco aspectos: 1) Causas de la pérdida de suelos; 2) Estimación de la pérdida de suelos agrícolas; 3) Leyes, normativas relacionadas con la conservación de suelos; 4) Programas actuales que promueven la conservación de suelos agrícolas en Guatemala; 5) Principales prácticas de rehabilitación de suelos agrícolas y tierras degradadas en Guatemala.

Varias causas han dado origen a la pérdida y degradación de los suelos en Guatemala, entre ellas sobresalen la deforestación asociada a cambios de uso del suelo y actividades agropecuarias climáticamente no sostenibles; las prácticas agrícolas inadecuadas tales como el riego excesivo, quema de residuos de cosecha, exceso de labranza y la misma falta de implementación de prácticas de conservación de suelos, exponen a estos a procesos acelerados de erosión hídrica. El suelo es un capital natural de suma importancia porque de su buen cuidado depende la producción agrícola nacional, tanto de los cultivos de subsistencia como de exportación. Se estima que en Guatemala se pierden aproximadamente 149 millones de toneladas de suelo cultivable por año (IARNA, 2009: 51). Las prácticas de conservación ayudan y son efectivas en detener la erosión de los suelos; en estudios realizados se ha comprobado la efectividad de las acequias de ladera y las terrazas de nivel. Esto ha sido demostrado por varias investigaciones llevadas a cabo por estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC).

En el estudio llevado a cabo por Motta Franco (1999:53 y 54), se comparó la erosión hídrica con dos sistemas de cobertura, siendo pasto (*Pennisetum clandestinum* L.), cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) y

cultivo de maíz (*Zea mays L.*). En cuanto a la cantidad de suelo erosionado, la cobertura de pasto fue la que redujo este valor, con datos desde 1.07 hasta 7.027 ton/ha-año, siendo diferente estadísticamente a las demás coberturas vegetales evaluadas. Con la cobertura de coliflor se provocan las mayores pérdidas de suelo, que van desde 31.63 hasta 66.04 ton/ha-año. Esto significa, que la cobertura y el tipo de cobertura están fuertemente asociados a la protección del suelo; de tal modo que se puede inferir que si el ritmo de la deforestación es alto y el cambio de uso de la tierra no se planifica apropiadamente, los suelos quedan descubiertos sin protección vegetal, lo cual es un factor favorable para que ocurra una pérdida elevada de suelos agrícola por erosión.

Por otro lado, Sánchez Pérez (1998:27) realizó estudios de conservación de suelos en la parte media de la cuenca del río Itzapa, Chimaltenango, e indica que entre los principales factores que predisponen la erosión sobresalen la alta pendiente del terreno, el tipo de suelo franco prevalente en el área y el impacto de las gotas de lluvia, entre otros. Entre las ventajas de la cobertura vegetal, indica que ésta aumenta la infiltración de la lluvia, reduce la pérdida de humedad por evaporación, aumenta la humedad disponible, aumenta el contenido de materia orgánica, incrementa la capacidad de retención de humedad del suelo y reduce la escorrentía superficial.

La Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ) en un estudio sobre erosión hídrica llevado a cabo en una finca de café, encontró que la cantidad de suelo erosionado varía de 22.50 a 30.00 toneladas por hectárea, siendo la pérdida directamente proporcional al grado de pendiente; la cantidad de agua escurrida varía de 277 a 326 de metros cúbicos por hectárea, guardando también relación en cuanto a mayor pendiente más escurrimiento. Los nutrientes que en más cantidad se pierden en la solución de suelo que

forman la escorrentía son el calcio y potasio. En el estudio se concluye que para reducir la pérdida de nutrientes por efectos de erosión superficial, se debe de establecer estructuras de contención que eviten el lavado de suelo: barreras vivas, barreras muertas, acequias, terrazas individuales, etc.

Por otro lado, el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente – IARNA- (2009:52) indica que la erosión potencial de la superficie en sobre-uso es de 149 millones de toneladas de suelo al año, mientras que en las tierras bien utilizadas y en las sub-utilizadas la erosión anual es de 114 millones de toneladas de suelo. Esto quiere decir que el 15% del territorio que está en sobre-uso puede ser el causante de casi el 57% de la erosión total del país. Si se compara la erosión potencial en tierras sobre-utilizadas con la erosión en tierras sub-utilizadas, la relación aumenta a casi 8:1, pues en las tierras sub-utilizadas la erosión potencial es de 12 t/ha/año. Adicionalmente, el IARNA (2009:52) indica que una estimación potencial de erosión con valores más altos se presenta en los siguientes departamentos: Huehuetenango (183.09 ton/ha/año), Izabal (129.23 ton/ha/año), Quiché (124.84 ton/ha/año) y Alta Verapaz (115.33 ton/ha/año).

La agricultura es la actividad que representa el mayor porcentaje de erosión potencial debida al sobre-uso de la tierra (casi 93%). Además, sólo del año 2004 al 2006 la superficie con cultivos agrícolas se incrementó en casi 99,000 ha, llegando a ocupar el 34% del territorio nacional (IARNA, 2008:50).

Por otro lado, Leiva (2011b) indica que la cifra de 149 millones de toneladas de suelo fértil que se pierden anualmente en Guatemala, se estiman en 727 millones de quetzales; esto en el lenguaje de la economía ambiental se denomina “costos de inacción”, es decir, las pérdidas de suelo que el país

tiene en concepto de erosión por no tener ninguna intervención o no hacer nada.

El suelo agrícola es el principal capital natural del país que sostiene la agricultura en todos los niveles y su pérdida es invisible, con el tiempo llega a establecerse que las tierras ya están degradadas por erosión y pérdida de fertilidad. Esta situación va creando un fenómeno de migración interna pues los productores van buscando tierras productivas en otras áreas del territorio para producir granos básicos, en su mayoría. Este fenómeno de migración también promueve la deforestación por cambio de uso, para pasar tierras forestales a tierras agrícolas, las cuales al no ser manejadas adecuadamente ingresan a las estadísticas de tierras degradadas e improductivas. Al final este fenómeno va provocando una pérdida en los medios de vida, pero fundamentalmente provoca escasez de alimentos y cuadros de malnutrición en la población rural.

La degradación de tierras se enmarca dentro de aquellas en proceso de desertificación o muy afectadas por las sequías recurrentes. En estas tierras, ocurre una pérdida de su fertilidad natural y se pierde la textura física de los suelos; normalmente estas tierras se abandonan y su recuperación resulta costosa. El Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía (MARN, 2007:33), establece que 19 departamentos de Guatemala (el 86% del total de departamentos) presentan zonas con alta, media y baja susceptibilidad a sequías. Los departamentos más afectados son los siguientes: Zacapa (76.7%), Petén (72.3%), Retalhuleu (71.2%), Baja Verapaz (66.5%), Jutiapa (65.6%) y Chiquimula (61.8%). Los valores más altos de superficie se encuentran en los departamentos de Petén, Izabal, Escuintla, Jutiapa, Zacapa, Baja Verapaz y Chiquimula. El total de superficie aproximada de las zonas del país ame-

nazadas por desertificación es de 13,151 Km² (más del 12% del territorio nacional).

Prácticas apropiadas de conservación de suelos.

Para lograr una efectiva conservación, restauración y uso sostenible de los suelos agrícolas, se proponen una serie de opciones para la conservación de suelos y rehabilitación de tierras degradadas, que pueden ser adecuadamente promovidas e implementadas. Algunas prácticas han sido tomadas de Leiva, Nittler y Morales (1992) y Leiva (1982, 2004 y 2011). Estas prácticas pueden incluir estructuras propias de conservación de suelos y también formas combinadas de conservación de suelos con agrosilvicultura. Otras prácticas han sido tomadas y adaptadas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales –SEMARNAT- (2007).

A continuación se hace una breve descripción de cada una de ellas:

Para conservación de suelos agrícolas:

- **Curvas a nivel:** Se trazan en forma transversal a la pendiente, retienen la escorrentía superficial y se puede cultivar entre las curvas.
- **Terrazas:** Se trazan en forma transversal a la pendiente, retienen la escorrentía y se puede cultivar sobre la terraza construida.
- **Acequias de ladera con barreras vivas:** Se trazan en forma transversal a la pendiente, retienen la humedad y van asociadas con barreras vivas de pequeños arbustos de uso múltiple.

- **Sistema “*Kushur Rum*” o “sistema milpa”:** Sistema muy usado en zonas secas, consiste en promover la regeneración natural de especies arbóreas, generalmente especies fijadoras de nitrógeno, dentro de las cuales se siembran cultivos como maíz, frijol, yuca, camote, entre otros. Mejora la fertilidad del suelo por la incorporación de materia orgánica y mejoran las condiciones físicas del suelo. Es un sistema ampliamente promovido por FAO en zonas secas.

Tecnologías agroforestales:

- **Sistema de alley cropping:** Siembra de árboles o arbustos, generalmente fijadores de nitrógeno, establecidos a distancia de 3 m a 4 m entre hileras. Dentro de estas hileras se siembran cultivos como maíz, frijol y hortalizas. El sistema retiene humedad, mejora las condiciones físicas del suelo y mejora la fertilidad.
- **Cercos vivos:** Son hileras de árboles o arbustos que se siembran a la orilla de cercos para delimitación de terrenos. Generalmente, son árboles fijadores de nitrógeno que producen bastante follaje para el mejoramiento del suelo.
- **Barreras vivas:** Son líneas de arbustos que producen mucho follaje, generalmente, fijadores de nitrógeno. Estas barreras detienen la escorrentía superficial y controlan la erosión. Mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo.

Obras para control de erosión laminar:

- **Cercos o setos vivos:** Son líneas de arbustos que se forman siguiendo una curva a nivel. Los arbustos se pueden sembrar por estacas o semi-

llas, a un distanciamiento corto con el fin de formar un cerco denso para retener el agua y suelo. Necesitan un manejo intensivo.

- **Terrazas de formación sucesiva:** Son terraplenes que se forman por el movimiento del suelo entre los bordos de tierra. Estos detienen el suelo que proviene del área entre terrazas, construyendo un canal de desagüe aguas abajo del bordo.
- **Terrazas individuales:** Son terraplenes de forma circular, trazados en curvas a nivel de un metro de diámetro en promedio. En la parte central de ellas se establece una especie forestal, un árbol frutal o un cultivo.
- **Barreras de piedra en curvas a nivel:** Son un conjunto de rocas colocadas de manera lineal en curvas a nivel y de manera perpendicular a la pendiente para retener suelo en zonas con presencia de erosión hídrica laminar. Normalmente se utiliza una sección cuadrangular de 30 cm x 30 cm.
- **Acequias o zanjas de ladera:** Se trazan en forma transversal a la pendiente, son pequeñas zanjas que retienen la escorrentía y guardan humedad.
- **Barreras vivas en curvas a nivel:** Son barreras o setos vivos formados por diversas especies de árboles, especialmente arbustos, que se establecen en terraplenes que se van formando gradualmente, a partir del movimiento de suelo que se da durante las labores de cultivo en terrenos de ladera.

Prácticas vegetativas:

- **Cortinas rompevientos:** Son líneas de árboles, generalmente de tres estratos, alineadas en forma perpendicular a las corrientes del viento. Se forma una barrera alta y densa para disminuir significativamente la velocidad del viento que puede dañar cultivos y ganado, y el suelo por la erosión eólica.
- **Acomodo de material vegetal muerto:** Consiste en formar cordones de material vegetal muerto resultante del aprovechamiento forestal o agrícola. El acomodo de estos materiales proporciona protección del suelo, evita la erosión hídrica, disminuye el escurrimiento superficial e incrementa el contenido de humedad del suelo, lo que favorece la regeneración natural.

Para rehabilitación de tierras degradadas:

- **Presas de malla de alambre:** Es una estructura que sirve para controlar la erosión en cárcavas. Es similar a la presa de gaviones, solo que en este caso no es prefabricada sino que se arma en el lugar, a partir de las características de las cárcavas.
- **Presas con troncos de madera y ramas:** Es una estructura pequeña, construida con ramas entretrejidas, en forma de barreras, que se coloca en sentido transversal a la pendiente, para controlar la erosión en cárcavas.
- **Presas de piedra acomodada:** Es una estructura construida con piedras acomodadas, que se coloca transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utiliza para el control de la erosión en cárcavas.

- **Presa de costales llenos de arena:** Es una estructura de costales llenos de arena que se ordena en forma de barrera o trinchera y se coloca en contra de la pendiente, para el control de la erosión en cárcavas.
- **Presa de llantas:** Es una barrera o trinchera para el control de azolves, que se forma con llantas de desecho y se coloca de manera transversal al flujo de la corriente de las cárcavas.
- **Presa de mampostería:** Es una estructura de piedra, arena y cemento, que se construye perpendicular a las cárcavas, controla la velocidad de escurrimiento al formar un escalón que reduce la erosión hídrica y almacena agua.
- **Presa de gaviones:** Es una estructura que consiste en una caja de forma prismática rectangular de malla de alambre de triple torsión, rellena de piedras. Sirve como protección contra la erosión y, por sus dimensiones, puede variar dependiendo del tamaño de la cárcava, pero se recomienda para aquellas alturas mayores de 2 metros.

Obras en taludes:

- **Cabeceo de cárcavas:** Es el proceso mediante el cual se realizan acciones en la parte inicial de una cárcava para evitar su crecimiento en longitud aguas arriba, es decir, para prevenir y detener la erosión. La actividad consiste en el recubrimiento con material inerte como piedras, cemento o material vegetal muerto de estructuras que tienen la finalidad de amortiguar la energía de caída de la escorrentía.

- **Estabilización de taludes:** Consiste en estabilizar taludes o recubrimiento en taludes laterales de cárcavas, causes intermitentes, arroyos o ríos para evitar o disminuir la erosión y permitir el desarrollo de la vegetación.

Marco legal e institucional relacionados con la conservación de suelos en Guatemala.

Para enfrentar el problema de la de la erosión de los suelos agrícolas y la degradación de tierras en Guatemala, actualmente no hay políticas públicas ni legislación específica para la lucha contra este problema, el cual se va ampliando rápidamente en el país. En el tema de la desertificación y la sequía, ya se habla de un “corredor seco ampliado” que cubre los departamentos de El Quiché, Totonicapán, San Marcos y el litoral de la costa pacífica de Guatemala y no se están tomando las medidas necesarias para hacer frente a este problema. Además, la institucionalidad en esta materia debe ser fortalecida con personal técnico capacitado y recursos financieros. La atención a la degradación de la tierra en Guatemala debe ser declarada de urgencia nacional por parte del Organismo Ejecutivo; es importante este capital natural se conserve y se maneje adecuadamente para sostener la alta demanda de productos de la agricultura.

En Guatemala es escasa la legislación y normativas relacionadas con la conservación de suelos agrícolas y tierras degradadas. La Constitución de la República de Guatemala (1993) en el Artículo 64 establece lo siguiente: “Patrimonio natural. Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista”.

La misma Constitución en el Artículo 97 indica lo siguiente: “Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación”.

A pesar que la Constitución de la República de Guatemala resalta estos dos importantes Artículos relacionados con la conservación del ambiente y los recursos naturales, se observa a nivel sectorial en las diversas instituciones relacionadas con agricultura, bosques, recursos naturales y ambiente, que no se han emitido las políticas, estrategias y normativas específicas para la conservación de los suelos agrícolas y rehabilitación de tierras degradadas en Guatemala.

El Plan para Activar y Adecuar la Política de Desarrollo Rural Integral, Acuerdo Gubernativo 196-2009 (MAGA, 2012:10) dicta en alguna manera el enfoque de atención y asistencia técnica a los campesinos en vulnerabilidad y riesgo, sobre todo, en época de sequía. Prioriza la atención al ordenamiento territorial con base al ordenamiento de las cuencas hidrográficas y el fortalecimiento de la economía campesina.

El Decreto No. 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1986), tiene como objetivo velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente, para mejorar la calidad de vida de los habitantes. Dentro de sus principios fundamentales se define que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la

contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

Esta orientación sustantiva que parte de la Constitución de la República de Guatemala, debiera ser el eje principal para orientar en materia de políticas, leyes y otras normativas toda la atención a la conservación de los suelos agrícolas y las tierras degradadas. Estas políticas deben ser el marco orientador de acción general para fortalecer las instituciones y coordinar todos los esfuerzos locales para que las mismas se implementen a través de las asociaciones de agricultores, agricultores individuales y organizaciones locales dedicadas al desarrollo agrícola.

Cualquier iniciativa de política pública que sea formulada en el marco del fortalecimiento de la conservación de los suelos agrícolas y la rehabilitación de tierras degradadas, debiera de abordar ejes fundamentales, tales como:

- Inclusión social de las comunidades más vulnerables a la degradación de los suelos agrícolas.
- Fortalecimiento institucional para la conservación de los suelos agrícolas y rehabilitación de tierras degradadas.
- Participación social en la concepción, implementación y conducción de acciones para la conservación de suelos agrícolas.
- Innovaciones científico-tecnológicas en la gestión sostenible de tierras.
- Fomento a la formación de recursos humanos y a la organización social comunitaria.

CONCLUSIONES.

- 1 El deterioro de los suelos agrícolas es alarmante. Este capital natural se pierde por arriba de las 100 toneladas por año.
- 2 Actualmente, ninguna institución gubernamental aborda apropiadamente la gestión sostenible de la degradación de la tierra, lo cual acelera la pérdida de suelos agrícolas.
- 3 Dada la vulnerabilidad del país ante el fenómeno del cambio climático, está acelerando los procesos de sequía y degradación de la tierra en varios departamentos.
- 4 La pérdida de suelos agrícolas y el deterioro general de las tierras, expone a un número significativo de la población rural del país a procesos de inseguridad alimentaria y afecta todos sus medios de vida.
- 5 Actualmente, no existe en el país ninguna normativa legal que aborde la gestión sostenible de las tierras, especialmente en lo relacionado a la conservación de suelos y su rehabilitación.

RECOMENDACIONES.

- 1 Para iniciar un proceso de gestión de manejo sostenible de tierras en Guatemala, que aborde apropiadamente la conservación de suelos y la rehabilitación de las tierras degradadas, es necesario iniciar, con un marco de política general y con el consenso de todos los sectores. Este proceso debe culminar con la formulación de una Ley sobre manejo y conservación de tierras agrícolas.
- 2 En Guatemala ya hay experiencias exitosas previas en conservación de suelos que deben ser nuevamente implementadas por los órganos competentes del Gobierno de la República.
- 3 Los centros de investigación nacional, entre ellos, el ICTA y los centros de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, deben coordinar esfuerzos para llevar a cabo investigaciones prácticas en materia de conservación de suelos y transferir la tecnología a los productores por medio de los programas de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asamblea Nacional Constituyente (1985) *Constitución Política de la República de Guatemala*. Guatemala: ediciones varias.
- Asociación Nacional del Café (s/f) *Impacto de la erosión hídrica en la pérdida de nutrientes en suelos de café*. Accesible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Erosion_Hidrica
- Congreso de la República de Guatemala (1986). *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-86*. Guatemala: Congreso de la República.
- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía (2015). Cambio climático y degradación de las tierras: Acercar los conocimientos a las partes interesadas. Resultados de la 3a Conferencia Científica de la CNUCLD. 9-12 de marzo 2015, Cancún, México.
- Gobierno de Guatemala (2009). *Política de Desarrollo Rural Integral. Acuerdo Gubernativo 196-2009*. Guatemala: Diario de Centroamérica, 15 de julio de 2009. Accesible en https://issuu.com/comunicasocialesaa/docs/ac_196-2009_pndri
- Gobierno de Guatemala (2012). *Programa de Agricultura Familiar para el Fortalecimiento de la Economía Campesina. PAFFEC 2012-2015*. Guatemala: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. Accesible en http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/pdf/home/programa_agricultura.pdf
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2009). *Perfil ambiental de Guatemala 2006-2009; las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*. Guatemala: IARNA / Universidad Rafael Landívar.
- Instituto Nacional de Estadística (2013) *Caracterización estadística República de Guatemala 2012*. Guatemala: INE.
- Instituto Nacional de Bosques (2010) *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010*. Guatemala: INAB. Accesible en <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Informes/Cobertura/Presentacionoficialmapa.pdf>
- Leiva, J. M. (2011). *Agroforestería para zonas secas y semiáridas*. Guatemala. Editado por Mecanismo Mundial de la UNCCD-MARN.

- Leiva, J.M. (2011b). Entrevista a El Informador. Accesible en <http://www.informador.com.mx/tecnologia/2011/266355/6/guatemala-ha-perdido-149-millones-de-toneladas-de-suelo-fertil-por-erosion.htm>
- Leiva, J.M. (1982). *Descripción de algunos sistemas agroforestales practicados en Guatemala*. San José, Costa Rica: CATIE.
- Leiva, J.M. (1984) “La agricultura migratoria y sus efectos sobre el suelo: Un enfoque para su restauración”, en *Perspectiva 4*: 57-105. Guatemala. Editor Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Leiva, J.M. (2004). *Sistemas agroforestales: conceptos y aplicaciones*. Guatemala: ENCA.
- Leiva, J.M.; Nittler, J. y Morales, J. (1992) *Agroforestería para minirriegos y microcuencas del Proyecto de Desarrollo Agrícola*. Guatemala: MAGA/USAID.
- Mérida Mérida, Maucelio (2001) *Evaluación de tres prácticas de conservación de suelos, en la subcuenca del río Cuntze, Malacatancito, Huehuetenango*. Tesis Ing. Agr. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2001) *Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Guatemala*. Guatemala: MARN.
- Motta Franco, Erick Leonel (1999) *Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Itzapa, Chimaltenango, de 1994 a 1996*. Tesis Ing. Agr., Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Saguil Barrera, José Luis (1995). *Evaluación de tres prácticas de conservación de suelo y agua, en dos sistemas tradicionales de cultivos en asocio, en Buena Vista, Quesada, Jutiapa*. Tesis Ing. Agr. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Sánchez Pérez, Gregorio Amilcar (1998) *Evaluación de la cobertura vegetal y manejo de tres cultivos, sobre la erosión hídrica en la parte media de la cuenca del río Itzapa. (Fase II)*. Tesis Ing. Agr., Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007). *Protección y restauración y conservación de suelos forestales; manual de obras y prácticas*. Editado por Comisión Nacional Forestal, México.



RIESGO POTENCIAL A EROSIÓN HÍDRICA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA GUATEMALTECA

Autores:

Alma Lizeth Santos Pérez^{*}
Elmer Adolfo Orrego León^{*}

Recibido el 08 de septiembre de 2016.
Aprobado el 20 de septiembre de 2016.

^{*} Investigadores del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático -ICC-.

RESUMEN

Se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés), asociada a un sistema de información geográfica ArcGis 10[®] para predecir el riesgo potencial a erosión hídrica de los suelos de la agroindustria azucarera. El factor R (erosividad de la lluvia) se determinó analizando los registros de 19 estaciones meteorológicas automáticas administradas por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático -ICC-, distribuidas en la vertiente del Pacífico, generando además de los valores de R, modelos exponenciales para cada estación, los cuales explican la relación entre erosividad de la lluvia en función a datos diarios de precipitaciones, estos modelos se utilizaron para estimar los valores de R, de 20 pluviómetros cercanos a estas (3.8 Km, dependencia espacial de las precipitaciones, ICC 2016), con esta información se interpolaron los datos para generar un mapa de erosividad de las lluvias. Los factores K (erosividad de los suelos), C (cobertura vegetal, valor de 0.2258, para cultivo de caña de azúcar) y el LS (topográfico, longitud e inclinación de la pendiente), se tomaron de estudios anteriores generados por ICC (2014), al desconocer la ubicación y el tipo de prácticas de conservación de suelos implementadas en la zona, el factor P, fue considerado con un valor igual a 1.

De acuerdo a la clasificación de las pérdidas de suelo propuestas por FAO, PNUMA-UNESCO (1981), de las 294,461.25 hectáreas analizadas, bajo el cultivo de caña de azúcar, el 37.84% está en un nivel de erosión leve a nula (<10 T/Ha/año), el 18.33% en un nivel moderado (10 – 50 T/Ha/año), el 31.60% en un nivel fuerte (50 – 200 T/Ha/año) y el 12.24% en un nivel muy fuerte (> 200 T/Ha/

año). Ingenios azucareros están utilizando esta información para generar y validar los planes de manejo y conservación de suelos de sus áreas de cultivo.

Palabras clave: riesgo potencial a erosión hídrica, manejo y conservación de suelos, Agroindustria Azucarera, USLE, SIG.

ABSTRACT

The Universal Soil Loss Equation (USLE, for its acronym in English), associated with a geographic information system ArcGIS ® 10 was used to predict the potential risk to water erosion of soils in the sugar industry. The R factor (rainfall erosivity) was determined by analyzing the records of 19 automatic weather stations operated by the Private Research Institute on Climate Change -ICC- and located across the Pacific slope, generating besides the R values, exponential models for each station, which explain the relationship between rainfall erosivity based on daily precipitation data. These models were used to estimate the R values of twenty nearby rain gauges (3.8 km, spatial dependence on rainfall, ICC 2016), with this information the data was interpolated to generate a map of erosivity of rainfall. The K (erodibility of soils), C (vegetation cover, value of 0.2258 for growing sugar cane) and LS (topographic, length and inclination of the slope) factors were taken from previous studies generated by ICC (2014). Because of not knowing the location and type of soil conservation practices implemented in the area, the P factor, was considered with a value of 1.

According to the classification of soil losses proposed by FAO, UNEP-UNESCO (1981), of the 294,461.25 hectares analyzed under sugar cane cultivation, 37.84% have a level from slight erosion to zero (<10 T / ha / year), 18.33% have a moderate level (10-50 t / ha / year), 31.60% a strong level (50-200 t / ha / year) and 12.24% a very strong level of erosion (> 200 T / ha / year). Sugar mills are using this information to generate and validate management and soil conservation plans in their sugar cane cultivation areas.

Keywords: irrigation potential water erosion, management and soil conservation, Sugar Industry, USLE, GIS.

INTRODUCCIÓN

Los suelos son el depósito natural de nuestras reservas de agua potable y proporcionan los nutrientes que las plantas necesitan para crecer, además juegan un importante papel en la regulación de la temperatura terrestre y en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (UNCCD 2014), sin embargo, generalmente, los métodos actuales de la agricultura aceleran la erosión de los suelos, tales actividades pueden romper el equilibrio de la materia orgánica que se encuentra en éste, agotándose la cantidad de carbono que la tierra es capaz de almacenar, lo que produce que el carbono se convierta en dióxido de carbono, un gas del efecto invernadero que es el principal contribuyente al calentamiento global (INMAC 2012).

Gil R (2014), indica que el suelo es considerado un recurso natural no renovable, por los cientos de años que requiere para formarse de manera natural y lo difícil y costoso que resulta recuperarlo, su degradación pone en riesgo la viabilidad de las actividades agropecuarias y forestales y de la misma sociedad. Reportan que Guatemala en el 2009, perdió más de 274 millones de toneladas métricas de suelo fértil debido a erosión hídrica; siendo la vertiente del Pacífico la más erosionada (710 t/ha/año) duplicando la tasa de erosión de la vertiente del golfo de México (330 t/ha/año) y casi seis veces más que la vertiente del Atlántico (122 t/ha/año) (MARN 2009).

Bajo el enfoque de desarrollo sostenible, miembros de la Agroindustria Azucarera (AIA), están implementando estructuras de conservación

de suelos, en 2,015 se tenían más de 7,000 hectáreas con acequias de ladera, y para contribuir a una mejor gestión de los suelos de la zona, el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático -ICC-, ha estado realizando estudios para estimar las tasas de erosión, por lo tanto el generar cartografía actualizada y detallada sobre el riesgo potencial a erosión hídrica contribuirá a la planificación del manejo y conservación de los suelos de la AIA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la aplicación del método denominado Ecuación Universal de Pérdida de Suelos de Wischmeier y Smith (1978), en la zona de cultivo de la Agroindustria Azucarera, se trabajó de acuerdo a:

$$A = R * K * S * L * C * P$$

Siendo: A la pérdida de suelo por unidad de superficie (T/Ha/año). R es el factor lluvia o índice de erosión pluvial (MJ/Ha*mm/h). K es el factor erodabilidad del suelo (T*Ha*h/Ha*MJ*mm). L es el factor longitud de pendiente (adimensional). S es la pendiente (adimensional). C es el factor cultivo y/o ordenación y P es el factor prácticas de cultivo.

Para el factor R (erosividad de la lluvia), se analizaron más de 4 millones de datos sobre precipitaciones acumuladas cada 15 minutos de 19 estaciones meteorológicas, con registros de entre 5 y 8 años (cuadro 1):

Cuadro 1: Estaciones meteorológicas analizadas.

No.	Estación	Periodo	X	Y
1	Bonanza	2008-2015	-91.18719	14.078404
2	Bouganvilia	2008-2015	-90.94138	14.119968
3	Cengicaña	2008-2015	-91.05421	14.329953
4	El Bálsamo	2008-2015	-91.00306	14.280382
5	Irlanda	2008-2015	-91.42677	14.145953
6	Puyumate	2008-2015	-91.26055	14.261646
7	San Antonio el Valle	2008-2015	-91.20096	13.995364
8	Tehuantepeq	2008-2015	-91.10352	14.16707
9	Trinidad	2008-2015	-90.84388	14.153752
10	Amazonas	2009-2015	-90.7698	14.066691
11	Costa Brava	2009-2015	-90.92074	14.237773
12	Peten Oficina	2009-2015	-91.41191	14.260511
13	San Rafael	2010-2015	-90.63334	14.024277
14	Lorena	2011-2015	-91.41872	14.520305
15	Naranjales	2011-2015	-91.47753	14.365065
16	Tululá	2011-2015	-91.58676	14.508232
17	San Nicolás	2013-2015	-91.60356	14.184557
18	Trinidad Magdalena	2013-2015	-90.2582	13.932043
19	Xoluta	2013-2015	-91.86306	14.477189

Fuente: ICC 2,016a.

Para obtener la energía erosiva de las lluvias se basó en la siguiente metodología²: La determinación del factor “R”, está en función de la intensidad máxima de lluvia en 30 minutos consecutivos y la energía cinética por evento de lluvia, por lo tanto para la determinación de la intensidad máxima en 30 minutos por evento de lluvia (parte de la curva en el pluviograma con mayor pendiente), en una porción de tiempo equivalente a treinta minutos consecutivos. El resultado obtenido se multiplicó por dos para expresar los datos en milímetros por hora.

La energía cinética se calculó a través de los registros pluviométricos diarios, los cuales se dividieron en segmentos donde se asumió que la intensi-

² Salguero, M. 2009. Ecuación universal de pérdida del suelo (EUPS). FAUSAC.

dad era uniforme. De cada segmento del pluviograma, se calculó la intensidad en milímetros por hora. Con la ecuación siguiente se calculó la energía cinética unitaria para cada segmento de lluvia que tenga intensidad uniforme:

$$e = 0.1191 + 0.0873 * \text{Log}_{10} I \text{ (Logaritmo de base 10 de la Intensidad de lluvia)}$$

Donde I es la intensidad expresada en milímetros por hora de cada uno de los segmentos. Si la intensidad excede los 76 milímetros por hora, se toma la energía cinética directamente como 0.283. Todas las energías unitarias por segmento de lluvia, se sumaron y se obtuvo la energía global por evento de lluvia, que multiplicada por la intensidad en 30 minutos en mm/hora resultó los valores de EI³ para cada evento de lluvia. Los valores EI de la época lluviosa por un periodo de tiempo variable (entre 5 a 9 años, ideal de 15 a 20 años), se sumaron y se obtuvo una media, la cual es el factor R utilizado en el modelo matemático de la USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica). Para la clasificación de la erosividad de las lluvias, se utilizó la propuesta por Rivera, J. H (1991):

Cuadro 2: Clasificación de la erosividad.

Clase	Erosividad R (MJ/Ha*mm/h)	Clasificación
1	< 1,000	Natural
2	1,000 - 2,500	Muy baja
3	2,500 - 5,000	Baja
4	5,000 - 7,500	Moderada
5	7,500 - 10,000	Alta
6	10,000 - 15,000	Muy alta
7	15,000 - 20,000	Severa
8	> 20,000	Extremadamente severa

Fuente: Rivera y Gómez, 1991.

³ Energías unitarias por segmento de lluvia (MJ/ha).

Los factores K (erosividad de los suelos), C (cobertura vegetal, valor de 0.2258, para cultivo de caña de azúcar, según Santos P, A. L. 2014) y el LS (topográfico, longitud e inclinación de la pendiente), se tomaron de estudios anteriores generados por ICC (2014), donde para generar la cartografía del factor K, se utilizó información del estudio semidetallado de suelos del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), mientras que para el factor LS se utilizó un Modelo de Elevación Digital, generado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), al desconocer la ubicación y el tipo de prácticas de conservación de suelos implementadas en la zona, el factor P, fue considerado con un valor igual a 1.

Para la modelación del potencial de riesgo a erosión hídrica se utilizó la herramienta SIG ArcGis 10 ® de ESRI, donde se utilizaron las siguientes aplicaciones: ArcMap, ArcToolbox y ArcCatalogo. Los resultados obtenidos sobre las tasas de erosión hídrica fueron clasificadas de acuerdo a la clasificación de las pérdidas de suelo propuestas por FAO, PNUMA-UNESCO (1981), se tiene un nivel de erosión leve a nula (<10 T/Ha/año), un nivel moderado (10 – 50 T/Ha/año), un nivel fuerte (50 – 200 T/Ha/año) y un nivel muy fuerte (> 200 T/Ha/año).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, la energía erosiva de las precipitaciones van de moderadas a extremadamente severas, según, Rivera, J. H.; Gómez, A. A. (1,991), con valores de 6,332.65 a 44,499.98 MJ/Ha*mm/h, esto para las estaciones meteorológicas del ICC.

De las 19 estaciones evaluadas, 7 presentaron valores de R mayores que 20,000 MJ/Ha*mm/h, siendo estas de erosividad extremadamente severa (cuadro 3). Utilizando los modelos exponenciales generados para cada estación, los cuales explican la relación entre erosividad de la lluvia en función a datos diarios de precipitaciones, se estimaron los valores de R (MJ/Ha*mm/h) para 20 pluviómetros cercanos a estas (3.8 Km, dependencia espacial de las precipitaciones, ICC, 2016b), los cuales se presentan los valores en el cuadro 4.

Cuadro 3: Erosividad de la lluvia (R) y su clasificación por estación.

No	Estación meteorológica	Percentil 99 (mm)	R anual media (MJ/Ha*mm/h)	Clasificación de la erosividad	Modelo exponencial para estimar R (MJ/Ha*mm/h)	Coefficiente de determinación (R ²)
1	San Nicolás	47.00	6,332.65	Moderada	$y = 0.1582x^{2.0548}$	0.97
2	San Antonio el Valle	57.00	9,438.93	Alta	$y = 0.1617x^{2.0357}$	0.96
3	Trinidad Magdalena	51.00	10,472.66	Muy Alta	$y = 0.1845x^{2.0774}$	0.96
4	Irlanda	58.00	10,926.60	Muy Alta	$y = 0.1531x^{2.0638}$	0.97
5	Xolula	54.00	11,395.35	Muy Alta	$y = 0.1584x^{2.0951}$	0.97
6	Bonanza	64.00	11,439.43	Muy Alta	$y = 0.1656x^{2.0951}$	0.97
7	San Rafael	59.00	12,457.71	Muy Alta	$y = 0.1594x^{2.0866}$	0.97
8	Amazonas	66.00	13,192.53	Muy Alta	$y = 0.1722x^{2.048}$	0.97
9	Peten Oficina	61.00	14,400.59	Muy Alta	$y = 0.1637x^{2.0601}$	0.97
10	Bouganvilla	62.00	15,431.86	Extremadamente Severa	$y = 0.164x^{2.0762}$	0.97
11	Tehuantepec	72.00	15,916.91	Extremadamente Severa	$y = 0.1636x^{2.0833}$	0.97
12	Trinidad	68.00	16,223.33	Extremadamente Severa	$y = 0.1737x^{2.0811}$	0.97
13	Puyumate	67.00	18,747.44	Extremadamente Severa	$y = 0.1652x^{2.0858}$	0.97
14	Naranjales	67.00	21,043.16	Extremadamente Severa	$y = 0.1656x^{2.0906}$	0.98
15	Tululá	75.00	30,706.35	Extremadamente Severa	$y = 0.1722x^{2.0961}$	0.98
16	Costa Brava	84.00	31,052.84	Extremadamente Severa	$y = 0.1713x^{2.0908}$	0.98
17	Lorena	86.00	37,631.66	Extremadamente Severa	$y = 0.176x^{2.091}$	0.98
18	El Balsamo	94.00	42,134.14	Extremadamente Severa	$y = 0.1799x^{2.0837}$	0.98
19	Cengcaña	90.00	44,499.98	Extremadamente Severa	$y = 0.1816x^{2.0791}$	0.98

Cuadro 4: Erosividad de la lluvia (R) y sus clasificación en pluviómetros.

No.	Estación	R anual media (MJ/Ha*mm/h)	Clasificación de le erosividad
1	San Fernando	5,887.14	Moderada
2	San Rafael	6,454.38	Moderada
3	California	7,421.46	Moderada
4	Juilines	7,483.05	Moderada
5	Trébol	7,902.55	Alta
6	Perú	7,960.77	Alta
7	Bariloche	8,180.05	Alta
8	Izabal	9,597.91	Alta
9	Quien Sabe	10,731.94	Muy Alta
10	Santa Marta	11,500.97	Muy Alta
11	Zulia	12,498.95	Muy Alta
12	Puyumate	13,082.74	Muy Alta
13	Cuntan 363	13,556.88	Muy Alta
14	Cuntan 364	13,797.05	Muy Alta
15	Buenos Aires El Cajón	14,224.54	Muy Alta
16	El Carmen	22,047.47	Extremadamente Severa
17	San Bonifacio	30,402.86	Extremadamente Severa
18	Bálsamo	31,999.93	Extremadamente Severa
19	Esperanza	33,135.70	Extremadamente Severa
20	San Antonio Flores	34,079.87	Extremadamente Severa

Una vez que se obtuvieron cada uno de los factores que conforman la USLE, se obtuvo el mapa de riesgo a erosión hídrica de la Agroindustria Azucarera. De acuerdo a la clasificación de las pérdidas de suelo propuestas por FAO, PNUMA-UNESCO (1981), de las 294,461.25 hectáreas analizadas, bajo el cultivo de caña de azúcar, el 37.84% está en un nivel de erosión leve a nula (<10 T/Ha/año), el 18.33% en un nivel moderado (10 – 50 T/Ha/año), el 31.60% en un nivel fuerte (50 – 200 T/Ha/año) y el 12.24% en un nivel muy fuerte (> 200 T/Ha/año) (figura 1).

Según PRODESNOs (2011) y Morgan R.P.C (2006) citado por Dumas Salazar (2012); la tasa máxima permisible, cuando se habla de erosión del suelo es de 10 toneladas/hectárea/año, ya que se calcula que esta es la velocidad a la que el suelo se genera, por lo que todo territorio cuyas pérdidas de suelo no superen las 10 T/Ha/año no presentarán pérdidas netas debido a la erosión.

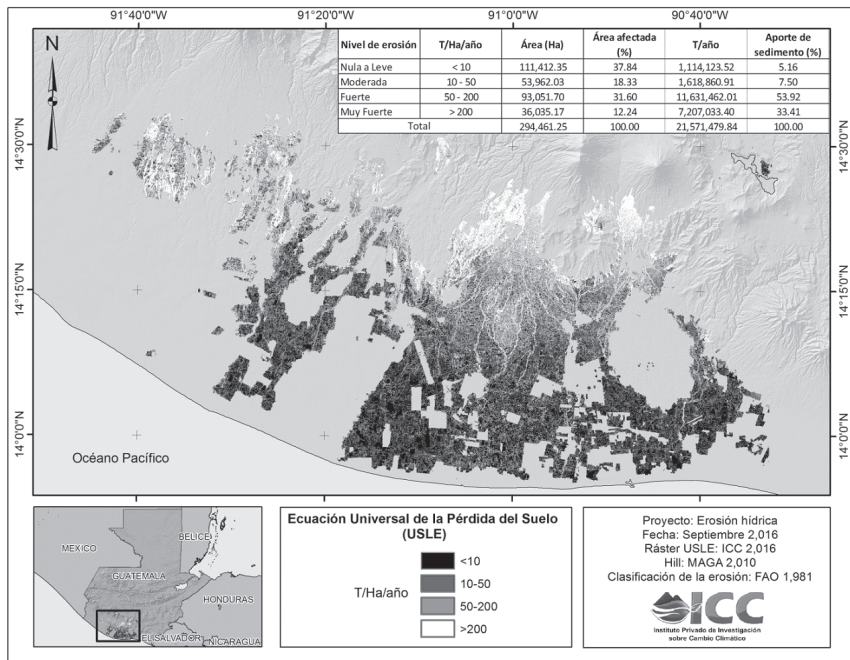


Figura 1: Riesgo potencial a erosión hídrica de la Agroindustria Azucarera de Guatemala.

Como en cualquier modelo, las limitaciones predictivas de la USLE se deben a su estructura, o incertidumbre de conocimiento, y a las incertidumbres resultantes de errores de estimación de sus factores, o variabilidad estocástica, debido a la variabilidad del ambiente natural (UNESCO 2010). Para Salerno, G. O. (2014), aún en el mejor escenario, la incertidumbre total no sería menor al 30%, esto para la USLE revisada (RUSLE), del que el factor R, contribuye, a incertidumbre en el cálculo de erosión de 2-5% si se dispone de registros de lluvia cerca del lugar, el factor K contribuye con un 20%, y recomienda que para reducirlo se realice un muestreo inteligente, el factor topográfico contribuye en un 6% si se dispone de mediciones detalladas y los factores C y P alrededor de 25%.

CONCLUSIONES

En cada estación meteorológica se generó un modelo exponencial que permite estimar la erosividad de la lluvia (R) en MJ/ha*mm/h, tomando como referencia la precipitación diaria (proveniente de pluviómetros). Considerando la representatividad espacial de las estaciones (3.83 km).

La energía erosiva de las precipitaciones van de moderadas a extremadamente severas, con valores de 6,332.65 a 44,499.98 MJ/Ha*mm/h, esto según los datos de las estaciones meteorológicas del ICC.

De acuerdo a la clasificación de las pérdidas de suelo propuestas por FAO, PNUMA-UNESCO (1981), de las 294,461.25 hectáreas analizadas, bajo el cultivo de caña de azúcar, el 37.84% está en un nivel de erosión leve a nula (<10 T/Ha/año), el 18.33% en un nivel moderado (10 – 50 T/Ha/año), el 31.60% en un nivel fuerte (50 – 200 T/Ha/año) y el 12.24% en un nivel muy fuerte (> 200 T/Ha/año).

Las zonas de mayor riesgo a erosión de suelos se encuentra en lugares con alta pendiente (laderas de volcanes y partes media-alta de la zona cañera), altas precipitaciones y propiedades físicas del suelo que propician la erosión.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Ricardo Alves de Olinda (Universidad de Estadual da Paraíba, departamento de Estadística-CCT) e Ing. Agr. Juan Josué Santos Pérez (Especialista en Investigación Agrícola y SIG, ICTA-CISUR)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Dumas Salazar, Á. 2012. Riesgo de erosión hídrica en la cuenca hidrográfica del río Mundo. Tesis MSc. TIC. España, Universidad Complutense de Madrid. 48 p.
- Gil, R. 2014. El suelo, la erosión y la producción agropecuaria. Revista CEIBE: control de erosión. Fundación INMAC. (Número 12, octubre de 2015). 7 – 10 p.
- ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, GT). 2016a. Red de estaciones meteorológicas del ICC. En línea. Consultado el: 06 de Julio del 2016. Disponible en: redmet.icc.org.gt.
- ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, GT). 2016b. Análisis de la representatividad de la red de estaciones del ICC a través de geo estadística. 15p.
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2009. Informe ambiental del estado: GEO Guatemala. Guatemala, MARN. 286 p.
- Rivera, J.H.; Gómez, A.A. 1991. Erosividad de las lluvias en la zona cafetalera central colombiana (Caldas Quindío y Risalda), CENICAFE, 42 (2), 37-52.
- Salermo, G. O. 2014. Evaluación de tasas de erosión en taludes Modelo RUSLE. IECA (International Erosion Control Association). 93 p.
- Salguero, M. (2010). Ecuación de pérdida de suelo por erosión hídrica (USLE). Guatemala: FAUSAC. 10 p.
- Santos Pérez, A. L. (2014). Estudio de la erosión hídrica en la parte alta de la zona cañera, micro cuenca Los Sujuyes, diagnóstico y servicios en el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, Santa Lucía Cotzumalguapa., Escuintla. Guatemala: ICC-FAUSAC. 199 p.
- UNCCD (La Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación). 2014. La tierra en cifras: los medios de subsistencia en su punto de inflexión. 22 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2010. Procesos de erosión-sedimentación en cauces y cuencas: Volumen 1. PHI-LAC (Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe). 144 p.



ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIOS DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.) PARA LOS AÑOS 1996 A 2016, GUATEMALA

Autor:

Mauricio Sitún Alvizures *

Recibido el 08 de septiembre de 2016.

Aprobado el 20 de noviembre de 2016.

* Profesor-investigador de la Facultad de Agronomía de la USAC.

RESUMEN

El presente estudio consiste en un análisis de las series de tiempo de los precios de café por saco o quintal que se entrega al contrato C de la bolsa de valores de New York para los años 1996 a 2016. Estos precios son los que sirven de guía para el pago a los productores de café maduro, pergamino, oro o bolita. Los objetivos del estudio son describir la tendencia, la variación cíclica y la variación estacional de los precios de café. La tendencia se estableció mediante una ecuación lineal, la variación cíclica fue suavizada por el método de suavización exponencial para poder visualizar de una mejor manera la onda cíclica alrededor de la tendencia y la variación estacional fue analizada con la metodología de promedios móviles propuesta por Sapag Chain (2000). Los resultados para los años estudiados fueron que la tendencia de los precios del café es creciente, los ciclos completos de precios de café duran entre 14 a 17 años, mientras que las ondas cíclicas de 6 a 11 años, los buenos precios de café son de corta duración y los precios bajos presentan períodos prolongados, los mejores precios de café para el período estudiado se presentan en el primer trimestre de cada año (enero a marzo).

Palabras clave: café, serie, precios, tendencia, ciclos, estacionalidad.

ABSTRACT

The present study consists in an analysis of time series of coffee prices by sack or quintal of coffee that is delivered to the contract C of New York Stock exchange (NYSE) years 1996 to 2016. These prices serve of guide for prices that are paid to Coffee growers in mature, parchment, gold or ball. The objectives of the study are to describe the trend, the cyclic variation and the seasonal variation of coffee prices. The trend was established by means of a linear equation, cyclic variation was softened by the exponential smoothing method to visualize better the cyclic wave around the trend and seasonal variation was analyzed with the moving averages method proposed by Sapag Chain (2000). The results for the years studied were the trend of coffee prices is growing, a complete cycle of coffee prices last between 14 to 17 years, while the cyclical waves of 6 to 11 years, good prices for coffee are of short duration and low prices have

long periods, the best prices of coffee for the period under study are presented in the first quarter of each year (January to March).

Keywords: coffee, series, prices, trend, cycles and seasonality.

INTRODUCCIÓN

La caficultura de Guatemala tiene gran importancia económica y social para el país. Según datos del BANGUAT, para el 2015 ingresaron 663 millones de US \$ por concepto de divisas por la exportación de café. Además según datos de ANACAFE, existen más de 120,000 caficultores en todo el país que ocupan el 2.8 % de todo el territorio nacional (274,000 hectáreas) y están presentes en 20 de los 22 departamentos. La actividad del café representa el 4 % del PIB y se han generado 369,480 empleos en 1995, 473,000 en 2009 y se estima que actualmente la actividad del café genera alrededor de 500,000 empleos anuales.

Los precios analizados en el presente documento corresponden al contrato C de la bolsa de valores de Nueva York. Son los que rigen los pagos a los productores de café maduro, pergamino o bolita. La bolsa de valores de Nueva York, como todas las bolsas negocia títulos valores de cientos de empresas cotizantes y se mide a través de sus dos índices principales: El Daw Jones de industriales que se elabora con el promedio de 30 acciones de empresas representativas y el S & P 500 que contiene el promedio de 500 acciones de empresas representativas.

El contrato C de café que se negocia en la bolsa de Nueva York es un contrato de futuros de café arábico suave y permite la entrega de 19 países productores. Algunos cafés especiales se negocian con diferenciales de precios superiores o inferiores al precio base. Cada contrato de café de esta bolsa contiene un contenedor y corresponde al café arábico certificado por la bolsa en donde el elemento clave de la negociación es el precio. Los contratos se negocian para entregas en marzo, mayo, julio, septiembre y diciembre.

Según el observador económico (2) los precios del café se mueven rápidamente y son muy volátiles debido a factores como la oferta y la demanda, el clima en las zonas de cultivo, las

políticas de café, las estimaciones de cosecha y los contratos laborales. En los últimos 30 años los precios han llegado a su punto más bajo debido a una sobre oferta de café en el mundo, globalmente se está produciendo 8 % más de lo que se consume. Países como Vietnam, Indonesia e India aumentaron su producción, además Brasil, el gigante cafetero, trasladó su producción de café a zonas donde el clima no afecta tanto, haciendo que su producción sea estable, dando como resultado el colapso del mercado y la destrucción de las economías de los países productores.

En torno al análisis de series de precios, es oportuno reconocer que no existe forma de pronosticar el futuro que devuelva datos y soluciones exactas, pero indudablemente, estudiar el pasado nos permite aproximarnos al futuro, si el futuro se presenta parecido al pasado, un simple efecto espejo nos daría una proyección buena, sin embargo la proyección puede dañarse cuando utilizamos datos pasados y el futuro cambia radicalmente. En el presente estudio, lo que pretendemos con las herramientas de análisis existentes es identificar patrones de comportamiento de la variable de interés que en este caso son los precios mensuales del café, del contrato C de la bolsa de New York que puedan brindar información valiosa para tomar decisiones en el futuro. Utilizaremos las herramientas tradicionales para estudiar las variaciones que presenta la serie de precios de café. La variable universal tiempo, que se hace particular en la serie, es importante porque el tiempo explica el pasado de la variable y nos muestra patrones de futuros comportamientos.

Una serie de tiempo es cualquier secuencia de medidas tomadas como respuesta a una variable a través del tiempo (4)

Los componentes de una de tiempo son: a) Tendencia en el largo plazo b) Variación estacional c) variación cíclica y d) variación aleatoria.

La tendencia según Sapag Chain (2000) se refiere al crecimiento o declinación en el largo plazo del valor promedio de una variable estudiada. La tendencia puede ser lineal o no lineal, la cual se establece a través de ecuaciones de regresión. Dentro de las tendencias no lineales se encuentran, la polinómica, logarítmica, exponencial y potencial, entre otras.

La variación estacional según Mendenhall/Reinmuth (4) consiste en las subidas y bajadas de una variable que siempre ocurren dentro de un año en particular. La variación estacional exhibe las fluctuaciones que se repiten en forma periódica y que normalmente dependen de factores como el clima (demanda de ropa liviana en verano, demanda de helados) o tradición (los tamales de navidad).

La variación cíclica se representan por secuencias alternas de puntos abajo y arriba de la línea de tendencia que duran más de un año, esta variación se mantiene después de que se han eliminado las variaciones o tendencias estacional e irregular. Los efectos cíclicos se dan comúnmente en la naturaleza y corresponden a los ascensos y descensos de una variable alrededor de la línea de tendencia, esto se presenta con frecuencia en los períodos de aceleración y contracción de la economía. El ciclo se completa cuando la onda de variación parte de su punto más bajo o más alto, cambia y en algunos años llega nuevamente a su punto más alto o más bajo.

El componente de variación aleatoria representa los cambios al azar que presenta una serie de datos que no son explicados por la tendencia, la estacionalidad o la variación cíclica. Esta variación aleatoria puede ser provocada por eventos políticos, cambios climáticos, movimientos sociales que hacen cambiar la conducta habitual de los actores económicos que afectan las variables en estudio.

Los métodos de suavización de una serie de datos buscan reducir o eliminar los efectos aleatorios de la serie con el fin de revelar de una manera más clara los componentes de la serie de datos. Los métodos más usados para la suavización de la variable son los promedios móviles centrados y el método de suavización exponencial (Mendenhall/Reinmuth, 2000), según este autor es más eficiente el método de suavización exponencial en comparación con los promedios móviles.

Mendenhall (4) señala que todas las series de tiempo contienen variaciones aleatorias, por lo que el objetivo de un análisis de serie de tiempo es identificar los componentes de la serie y minimizar los efectos aleatorios para identificar causas y pronosticar el posible futuro comportamiento de la variable.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Analizar los componentes de tendencia, variación cíclica, y variación estacional para la serie de precios mensuales de café del contrato C de la bolsa de New York, años 1996 al 2016.

MÉTODOS

Para el análisis de tendencia, utilizaremos la ecuación lineal porque estamos interesados en saber si en el largo plazo los precios mensuales de café en dólares de Estados Unidos por quintal de café oro del contrato C de la bolsa de New York se han incrementado, disminuido o han permanecido sin tendencia. El saco o quintal de café que se entrega al contrato C es equivalente a 45.359237 kilogramos, es decir 100 libras. Se utilizará la ecuación lineal que viene de dada por el modelo siguiente:

$$P_i = A + BT_i + \epsilon_i$$

En donde P_i son los precios de café, A es la constante, B es el coeficiente de regresión del modelo lineal, T_i es el tiempo y ϵ_i es el error de estimación del modelo.

Para estudiar la variación cíclica se graficarán los datos de precios promedio anual y luego se presenta una gráfica suavizada por medio del método de suavización exponencial para poder visualizar de una mejor manera la onda cíclica alrededor de la tendencia. El modelo de suavización exponencial según Sapag Chain (7) viene dado de la manera siguiente:

$$Y_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)Y_t$$

Donde Y_{t+1} representa el pronóstico de precio para el siguiente período, α la constante de afinamiento o suavización que se ubica normalmente entre 0.10 y 0.50. Y_t el precio real del período vigente y Y_t el pronóstico de precio para el período vigente.

Para estudiar la variación estacional se utilizaron los promedios móviles, promedios móviles centrados, índice estacional específico e índice estacional medio. Sapag Chain

(2000) presenta sendos ejemplos para realizar estos cálculos, con las fórmulas siguientes:

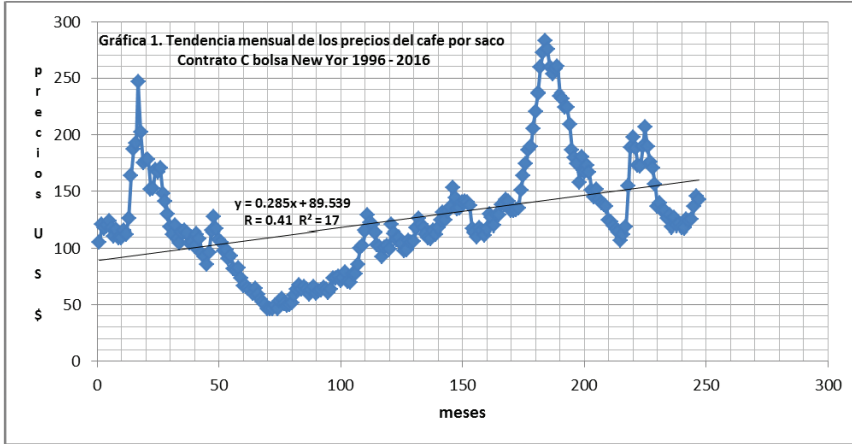
$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^n Pi}{n} \quad Pmc = \frac{Pm1+Pm2}{2} \quad IE = \frac{Pi}{PMC} \quad IEM = \frac{\sum_{i=1}^n IE}{n}$$

Donde Pm es el promedio móvil, Pi son los precios incluidos en el promedio, n es el número de datos pmc son los promedios móviles centrados, que se obtienen de dos Pm. IE es el índice estacional específico que se obtiene del Precio real del período i dividido entre el PMC; IEM es el índice estacional medio que se obtiene de la sumatoria de los índices estacionales específicos entre el número de índices involucrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

1. Tendencia lineal de los precios mensuales promedio de café contrato C bolsa de New York.

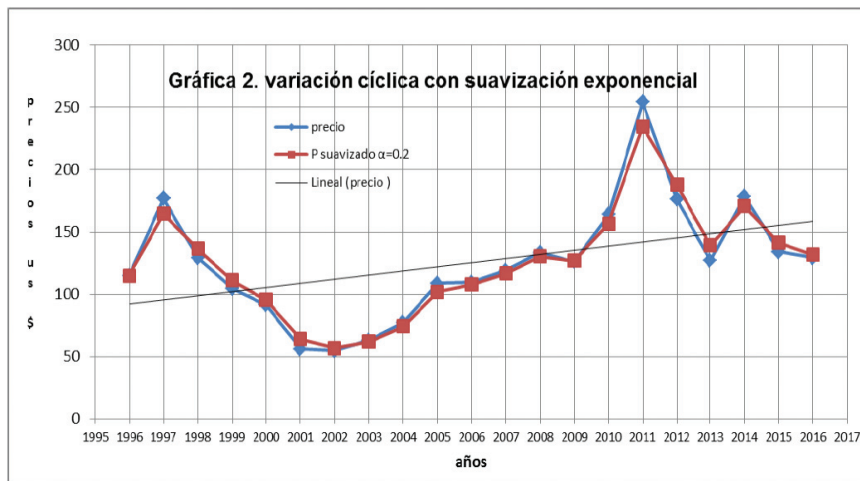
Como los datos son mensuales para entender el año que corresponde aproximadamente, arrancamos con 1996 que contiene los números del 1 al 12, 1997 del 13 al 24, 1998 del 25 al 35 y así sucesivamente hasta el 2016 que corresponde a los meses 241 a 249. Con esta aclaración se presenta la gráfica 1 que contiene la tendencia lineal.



Fuente: Elaboración propia con datos de Intercontinental Exchange (ICE).

En la gráfica 1 se observan los precios mensuales de café y sus oscilaciones alrededor de la tendencia lineal. La tendencia lineal no es la mejor representante del comportamiento de los precios en el período estudiado ya que muestra una correlación del 41 % y un coeficiente de determinación bajo, sin embargo es útil para mostrar que los precios del café de 1996 a 2016 en US \$, sin tomar en cuenta los efectos inflacionarios, han mostrado un comportamiento creciente, es decir han aumentado a razón de 28 centavos de dólar estadounidense por mes, lo cual aparentemente es favorable para los productores de café porque genera una expectativa de mejor precio para el futuro.

2. Comportamiento cíclico.



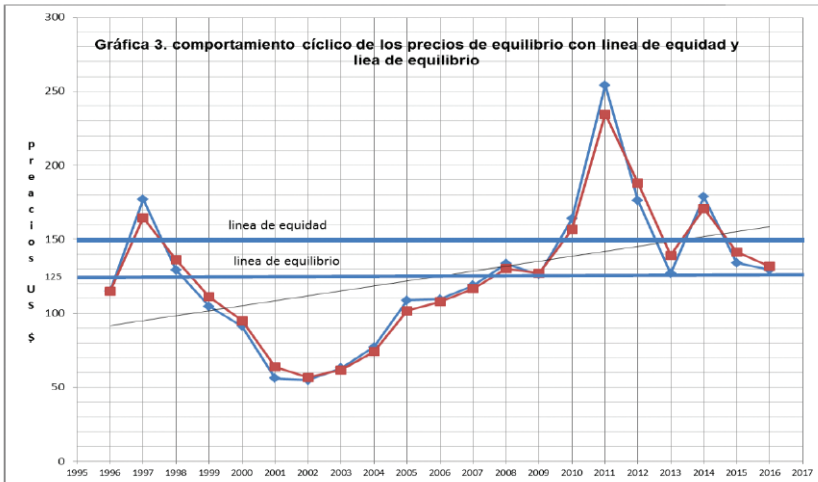
Fuente: Elaboración propia con datos de Intercontinental Exchange (ICE).

En la gráfica 2 se observa el comportamiento de los precios promedio anuales del café durante el período considerado con sus oscilaciones por debajo y por encima de la línea de tendencia. Indudablemente hay factores que además de los aleatorios, son determinantes para el comportamiento de estos precios, entre ellos principalmente la oferta y demanda de café mundial, asociada a la conducta racional del productor. Debido a la tendencia creciente de los precios del café se observan ciclos ascendentes. Así, un ciclo ascendente se ubica entre los años 1997 y 2011 (14 años). Un aparente segundo ciclo que termina con el mismo precio se observa de 1997 a 2014 (17 años).

También se pueden observar dos ondas cíclicas, siendo la primera la que se observa de 1996 al 2002 (6 años) que comprende ascensos, auge y caída. Esta primera onda cíclica arranca con precios arriba de US \$ 100 en el año

1996, con su valor más alto en el año 1997 con precios de alrededor de US \$ 175, buenos para el productor. Luego inicia la fase de descenso del precio que alcanza su punto más bajo en el año 2002 con precios de alrededor de US \$ 50 por saco de café, valor que significó pérdidas para el productor pues se ubica muy por debajo del punto de equilibrio del productor (alrededor de US \$ 125).

Luego se observa la segunda onda cíclica, con fuertes variaciones en toda su longitud, la cual arranca en el año 2002 y termina en el año 2013 (11 años). A lo largo de esta segunda onda cíclica se observan precios por debajo de la línea de tendencia (precios entre 50 y 125 US \$) del año 2002 al año 2009, con ascenso acelerado de precios del 2009 al 2011, siendo el 2011 el año que alcanza el valor más alto de toda la serie con de US \$250, para luego iniciar su descenso hasta alcanzar un precio cercano a US \$ 125 en el 2013, año en el que podría estar iniciando la tercera onda cíclica.



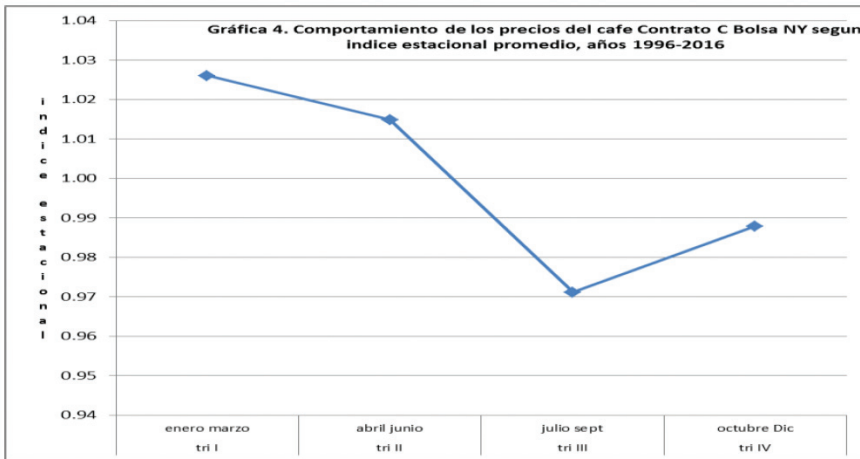
A la gráfica 3 se le agregan dos líneas horizontales de interés que le llamaremos línea de equidad (precio US \$ 150/saco) y línea de equilibrio (precio US \$ 125/saco) basadas al estudio de comercio justo planteado por Mansilla et al (2010). Al observar la línea de precio justo, donde el productor obtiene ganancias, solo ha ocurrido en el año 1997 y en los años 2010 al 2012, así como en el año 2014, el resto de los años han sido injustos o inequitativos.

Al observar la línea del precio de equilibrio (donde el productor no gana ni pierde), el productor ha alcanzado dicho punto solo durante 5 años (1996-1997, 2008, 2010-2012), por lo que ha operado por debajo del punto de equilibrio por 15 años.

Variación estacional

La variación estacional nos permite evaluar el comportamiento estacional de los precios durante un año y es útil para que los productores tomen las mejores decisiones a la hora de vender su café, porque podría responder a la pregunta: ¿En qué mes del año o en que trimestre del año me conviene más vender mi café?. Para responder a esta pregunta el estudio realizado utilizó como base lo propuesto por Sapag Chain (2000) en lo que respecta a las series de tiempo. Para el efecto, como ya está explicado en los aspectos metodológicos, se procedió a dividir cada año (de 1966 a 2016) en trimestres, luego se obtuvo el promedio de precios de cada trimestre. A continuación se obtuvieron los promedios móviles en períodos de 4 trimestres, luego los promedios móviles centrados se obtuvieron del promedio de dos promedios móviles. El índice estacional específico se obtuvo mediante una división, colocando como numerador el precio mensual de café que arranco con el valor del tercer trimestre y como denominador el promedio móvil centrado que arrancó con el PMC1. Finalmente se obtuvo el índice

estacional promedio para cada trimestre mediante la sumatoria de los índices estacionales específicos de cada trimestre para los años involucrados, dividido entre el número total de datos, obteniendo así un índice de precios del café para cada trimestre, el cual fue ajustado por procedimiento aritmético para asegura que la sumatoria de los índices promedio de los cuatro trimestres del año diera un valor de cuatro. A continuación los resultados obtenidos.



Fuente: Elaboración propia con datos de Intercontinental Exchange (ICE).

La gráfica 3 representa el comportamiento trimestral de los precios de café expresado en términos de índices promedio que recoge el comportamiento promedio de los precios de 1996 a 2016. Cada punto en la gráfica representa el índice promedio de precios. En este sentido es fácil identificar en la gráfica que en un año cualquiera, los mejores precios se obtienen en el primer trimestre del año enero marzo. Del trimestre I al trimestre II

los precios bajan un punto porcentual, del trimestre II al trimestre III, 5 puntos porcentuales y del trimestre III al trimestre IV sube un punto porcentual. La recomendación para los productores de café que entregan su producto sin precio es bastante obvia: deben rematar durante el primer trimestre del año (enero a marzo) y no especular para los dos siguientes trimestres porque se espera que el precio del café baje. Lo peor que puede hacer el productor es programar vender su café en los trimestres II y III.

CONCLUSIONES

- a) La tendencia de los precios de café para los años 1996 – 2014 es creciente
- b) Un ciclo completo de precios de café tiene una duración de entre 14 a 17 años, mientras que las ondas cíclicas van de 6 a 11 años.
- c) Los buenos precios de café son de corta duración y los precios bajos presentan períodos prolongados.
- d) Los mejores precios de café para el período estudiado se presentan en el primer trimestre de cada año (enero a marzo).

BIBLIOGRAFÍA

1. Arboleda Vélez. 2014. Proyectos Identificación, formulación, evaluación y gerencia. 2ª. Ed. Editorial Alfaomega. México. 822 pp.
2. El café y la bolsa de New York. 2002. Nicaragua (en línea). Consultado el 29 de septiembre de 2016, disponible en: <http://www.elobservadoreconomico.com/articulo/259>
3. Mancía et.al. 2010. Sistemas empresariales de Mesoamérica: Estudio de precios y costos de café de comercio justo (en línea). Consultado el 27 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://comerciojusto.org/wp-content/uploads/2013/07/estudio-de-costos-y-precio-del-cafe-0000.pdf>.
4. Mendenhall/Reinmuth. 1986. Statistics for management and economics. 5a.ed. USA. 976 p.
5. Nueva York: El contrato arábica o Contrato “C” (en línea). Consulta realizada el 1 de octubre de 2016, disponible en: <http://www.intracen.org/guia-del-cafe/mercados-de-futuros/Nueva-York-El-contrato-arabica-o-Contrato-C/>.
6. Precios Históricos de café Bolsa de New York Contrato C. ICAFE (en línea). Consultado el 2 de septiembre de 2016, disponible en <http://www.icafe.cr/sector-cafetalero/bolsa-de-new-york/precios-historicos-de-cafe/>
7. Sapag Chain Nassir y Reinaldo. Preparación y evaluación de proyectos. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. Chile. 2000. 438 p.



BIOPROSPECCIÓN DE MICORRIZAS ARBUSCULARES ASOCIADAS A MEZQUITE *Prosopis juliflora* Y SU INTERACCIÓN CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO

Autores:

Ana Paula Espinoza García*
Gesly Aníbal Bonilla Landaverry**

Recibido el 16 de junio de 2016.

Aprobado el 20 de septiembre de 2016.

* Estudiante de EPS de la carrera de Agronomía del CUNSORORI.

** Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental y Doctor en Ciencias Políticas y Sociología.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la finca Celgusa, aldea el Rancho, municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso. El área de estudio posee una superficie estimada de 18.02ha y un perímetro de 2.28km, del cual más del 85% está siendo ocupado por bosque latifoliado, principalmente con la especie de Mezquite *Prosopis juliflora*. El objetivo de la investigación consistió en realizar una bio-prospección de micorrizas arbusculares asociadas al mezquite *Prosopis juliflora* y su interacción con bacterias fijadoras de nitrógeno. Se buscó determinar la colonización micorrizica en *Prosopis juliflora* y la población de esporas existente en suelos rizosféricos, además de establecer la prevalencia de rhizobium y el porcentaje de infección que muestran sus raíces. Los resultados obtenidos indican que *Prosopis juliflora*, tiene la capacidad de asociarse con hongos micorrizicos arbusculares (HMA), presentando todas las muestras evaluadas colonización micorrizica, pudiendo observar vesículas, arbusculos e hifas, estructuras características de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA), con un porcentaje promedio total de 58%, lo cual indica un alto valor de colonización. Los suelos rizosféricos analizados reportaron propágulos infectivos de hongos micorrizicos, el número más alto de esporas en los 6 rodales evaluados se encontró en las muestras correspondientes al rodal 1 con un promedio de 221 esporas/100g de suelo seco; siendo similar en el resto de rodales, a excepción del rodal 5 que presentó el valor más bajo con 62 esporas/100g de suelo seco, lo cual puede ser atribuido a las características propias del suelo. Con relación a la presencia de HMA y su interacción con bacterias fijadoras de nitrógeno, la simbiosis hongo-planta implicó a la vez la formación simultánea de nódulos con rhizobium y hongos formadores de micorrizas arbusculares

(HFMA), determinando un promedio de 14 nódulos infectivos en segmentos de raíz de aproximadamente 20 cm, encontrando nodulación en la mayoría de las muestras evaluadas a excepción de los rodales 2 y 3 los cuales presentaron suelos muy compactados y con poca humedad, dificultando llegar a las raíces de los árboles.

Palabras clave: micorrizas arbusculares, *Prosopis juliflora*, rhizobium, bioprospección

ABSTRACT

This research was conducted in the Celgusa farm, Rancho village, municipality of San Agustín Acasaguastlán, department of El Progreso. The study area has an estimated 18.02ha surface and a perimeter of 2.28km, of which more than 85% being occupied by broadleaf forest, mainly with the species of mesquite *Prosopis juliflora*. The aim of the research was to conduct a bioprospecting of Mycorrhizae associated with mesquite *Prosopis juliflora* and its interaction with nitrogen-fixing bacteria. The aim propose was the determination of mycorrhizal colonization and the population of spores in rhizosphere soils of mesquite *Prosopis juliflora*, also to establish the prevalence of rhizobia and the percentage of infection that show their roots. The results indicate that *Prosopis juliflora*, has the ability to associate with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), presenting all samples evaluated mycorrhizal colonization, being able to observe vesicles, arbuscules and hyphae, characteristic structures of arbuscular mycorrhizal fungi (HMA), with a percentage overall average of 58%, indicating a high value of colonization. The rhizosphere soil analyzed reported mycorrhizal propagules infectives, the highest number of spores in the 6 stands evaluated was found in the samples corresponding to the stand 1 with an average of 221 spores / 100g of dry soil; It is similar in other stands, except the stand 5 which presented the lowest value with 62 spores / 100g dry soil, which can be attributed to the characteristics of the soil. With regard to the presence of HMA and its interaction with nitrogen-fixing bacteria, the fungus-plant symbiosis involved both the simultaneous formation of nodules with rhizobia and fungi arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), determining an average of 14 infective nodules root segments of about 20cm, finding nodulation in most samples tested except stands 2 and 3 which had very compacted soils with low humidity, making it difficult to reach the roots of the trees.

Keywords: arbuscular mycorrhizae, *Prosopis juliflora*, rhizobia, bioprospecting

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se llevó a cabo con el apoyo financiero y técnico del departamento de Agrobosques de la empresa Cementos Progreso y el apoyo técnico y asesoría del Centro de Diagnóstico Parasitológico de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Desde el 2010 Agrobosques ha venido liderando y formando parte de importantes investigaciones acerca de las diversas propiedades que brinda el árbol de mezquite *Prosopis juliflora*, produciendo anualmente dos millones de plantas, dentro de las cuales se encuentra *Prosopis juliflora*, siendo distribuidas en el corredor seco de Guatemala con el fin principal de proporcionar los subproductos que ofrece, especialmente por su alto valor nutricional.

Es por ello que surge el interés de evaluar la relación que existe entre los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y las raíces de *Prosopis juliflora*, en la recuperación de suelos y el aporte de nitrógeno, con el fin de abrir líneas de investigación que permitan utilizar inóculos de micorrizas nativas en el establecimiento de plantas en vivero, para garantizar un mejor y más rápido desarrollo de las mimas, pudiendo ser establecidas en programas de reforestación e implementación de programas PINPEP.

Para Guatemala y especialmente para Agrobosques es importante generar información con respecto a la dinámica que se genera en las raíces de *Prosopis juliflora*, siendo los principales productores y promotores de este árbol en Guatemala, resulta imprescindible contar con la mayor información posible con respecto a los múltiples usos y beneficios que ofrece *Prosopis juliflora* tanto en su parte aérea, de la cual se tienen ya algunas investigaciones realizadas; Bobadilla Guzmán (2010), Guancín Pérez (2014) y López Eguizabal (2012), como de su parte subterránea, haciendo énfasis

en esa relación que guardan sus raíces con el suelo donde son plantados, y de la cual no se tiene ninguna base de datos generada hasta el momento.

La presente investigación resulta importante, pues constituye un aporte al estudio de *Prosopis juliflora*, específicamente de la contribución de sus raíces en el suelo. Tomando en cuenta que las especies vegetales que forman micorrizas presentan una fisiología y una ecología diferentes de aquéllas que no forman esta asociación, se considera a la asociación micorrízica como uno de los factores promotores de la diversidad vegetal, al aumentar la adecuación de las plantas (supervivencia, crecimiento y reproducción) y facilitar su establecimiento, incluso bajo condiciones de estrés ambiental, lo cual tiene un impacto positivo en la diversidad de plantas, tanto a una escala poblacional como de las comunidades vegetales (Vander Heijden, 2002) citado por (Camargo-Ricalde, Montaña, De la Rosa, & Montaña, 2012).

En tal sentido, se considera de suma importancia generar información sobre esta interacción micorrízica, especialmente en las zonas áridas y semiáridas del país, donde juegan un papel muy importante asociándose con *Prosopis juliflora*, la cual es considerada una de las especies económica y ecológicamente más importante en las zonas áridas y semiáridas del mundo (Pasicznik, Felker, & Association, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología consta de tres fases; una fase de campo, de laboratorio y una de gabinete. La fase de campo a su vez consideró dos etapas; 1) la elaboración de un inventario forestal de reconocimiento y 2) el diseño del muestreo edafológico. La fase de laboratorio por su parte consideró cuatro diferentes etapas; 1) la determinación del porcentaje de colonización micorrizica por raíces, 2) la evaluación de la presencia de esporas de HMA en el suelo, 3) la determinación de la presencia de *Rhizobium* y el porcentaje de presencia en las raíces y 4) la determinación de la densidad del suelo según rodal. Por último la fase de gabinete la cual consideró el procesamiento de datos.

Fase de campo

Se consideró la elaboración de un inventario forestal de reconocimiento con el objetivo de determinar la densidad y distribución espacial tanto de *Prosopis juliflora*, como de las especies asociadas al mismo en el área de estudio. Para el efecto se establecieron en campo nueve parcelas de tipo rectangular, con dimensiones de 20 x 50 metros (equivalentes a un área de 1000m² cada una), mismas que responden a la intensidad de muestreo del 5% establecido para dicho fin.

La selección de los árboles a muestrear dentro de las parcelas se realizó al azar, siguiendo un patrón de w o zig-zag y considerando para el efecto árboles frondosos, de igual altura y característica morfológicas.

Las respectivas submuestras se tomaron a una profundidad de 30 cm, recolectando para el efecto; suelo, raíces y raicillas, con el objetivo de

obtener por muestra un estimado aproximado de 1kg. Para el efecto se procedió a posicionarse en cada árbol a muestrear ubicando el norte con ayuda de una brújula y recolectando las submuestras a una distancia de 50 cm del área de goteo del árbol. Una vez constituida las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas debidamente etiquetadas, para luego ser trasladadas al laboratorio.

Fase de laboratorio

a) Preparación de reactivos: para el cumplimiento de dicha etapa fue necesario la preparación de reactivos que permitirán la tinción de raíces para su posterior evaluación y determinación de la colonización micorrizica. Los reactivos preparados fueron los siguientes:

- ❖ Hidróxido de Potasio (KOH) al 10 %
- ❖ Ácido Clorhídrico (HCL) al 10%
- ❖ Lacto-glicerol: 20ml de ácido láctico, 40ml de glicerol y 40 ml de agua destilada.
- ❖ Colorante para la tinción: azul de tripano 0.05 % en solución de glicerol (0,5g/500ml³)

³ Las metodologías consultadas recomiendan la preparación del colorante en 0,5g/l. Sin embargo, con las pruebas realizadas en laboratorio se determinó que para lograr una mejor tinción en raíces de Mezquite (*Prosopis juliflora*), es necesario realizarlo con 0,5g/500ml.

b) Tinción de raíces para observar la colonización micorrízica: la cristalería a utilizar se pasó por un proceso de esterilización en un horno THERMOLYNE OVER durante 20 minutos a 160°C, se procedió a lavar las raíces para eliminar residuos de suelo, enjuagando con varios cambios de agua, las raíces fueron sumergidas en KOH a 120°C por 25 minutos en autoclave, el KOH se eliminó y las raíces se enjuagaron con agua de dos a tres veces para quitar el exceso de KOH, las raíces fueron sumergidas en HCL al 10% durante diez minutos, pasado el tiempo se procedió a eliminar el HCL sin enjuagar las raíces ya que deben de estar acidificadas para una tinción adecuada, seguidamente las raíces se tiñeron en una solución de glicerol ácido con azul de tripano a 120°C durante cinco minutos, se descargó la solución colorante y las raíces se mantuvieron únicamente en lactoglicerol para clarificarlas, los montajes se realizaron en portaobjetos con unas gotitas de lactoglicerol, posterior a ello fueron cubiertas con portaobjetos y observadas en microscopio.

c) Medición de la colonización micorrízica: se colocaron las raicillas clareadas y teñidas en un porta objetos y con ayuda de aguja de disección se colocaron 10 segmentos de aproximadamente 1cm, eliminando las burbujas y colocándoles su cubreobjetos se procedió a realizar la evaluación por medio de la observación microscópica con objetivos de 10X y 40X. Se determinó el porcentaje colonizado de la longitud de la raíz por el método de (Giovannetti & Mosse 1980) y la morfología de la colonización observando arbusculos, vesículas e hifas, características de los hongos micorrízicos arbusculares. El cálculo del porcentaje de colonización micorrízica (% CM) fue estimado con la utilización de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de colonización total} = \frac{\# \text{ De segmentos colonizados}}{\# \text{ De segmentos totales}} \times 100$$

d) Determinación de la población de esporas de HMA en el suelo:

Se colocaron 100 g de la muestra de suelo en un recipiente plástico, la cual seguidamente se suspendió en 500ml de agua, se agitó para homogenizar la muestra y permitir que las esporas queden suspendidas dejando reposar por 30 segundos, se procedió a pasar la suspensión repetidamente a través de dos tamices anidados con abertura de malla de 35 μ m y 325 μ m, el material retenido en el tamiz de 325 μ m se colectó para luego ser trasladada a un beaker de precipitados con una pequeña cantidad de agua; mismo material fue transferido a un tubo de centrifuga con un gradiente de sacarosa de 50% el cual fue aplicado con ayuda de una jeringa. Se centrifugó a 2,000 rpm durante 60 segundos, el sobrante se vació nuevamente en el tamiz de 325 μ m, lavando con agua corriente para quitar el exceso de sacarosa, el material fue trasladado a una lámina cuadrícula para posterior análisis y conteo de esporas, se llevó a cabo tres conteos por muestra y de esta forma se obtuvo un promedio general de esporas por 100g de suelo. El porcentaje de población de esporas se determinó por medio de la formula siguiente:

$$\text{Número de esporas en 100g de suelo seco} = \frac{\text{número de esporas contadas (100g de suelo seco)}}{100\text{g de suelo}}$$

e) Medición del grado de infección por rhizobium en raíces: *Las muestras de suelo que contenían las raíces fueron colocadas en un balde con agua por un período de 24 horas, para la disolución del mismo. Posteriormente se retiraron las raíces y se lavaron. Cada raíz por separado, fue observada en estereoscopio para determinar:*

a) Tamaño de los nódulos y distancia entre ellos.

b) Color tanto interno (en campo) como externo.

c) Número de nódulos y distribución en la raíz.

Fueron seleccionados un promedio de 5 a 7 nódulos activos por árbol muestreado, con los cuales se procedió a realizar en campo un corte transversal que permitirá evaluar su coloración interna y externa. Para la determinación del número de nódulos en la raíz, se tomó una porción de raíz de aproximadamente 20 cm, en la cual se realizó el conteo de nódulos por árbol muestreado, con el resto de raíces, se extendieron sobre una base con el fin de observar la distribución que presentaron y los distanciamientos entre cada uno de ellos.

f) Determinación de la densidad de suelo: El método empleado para dicha actividad fue el método de la probeta, el cual consistió en homogenizar las muestras de cada rodal establecido en campo, con el fin de obtener seis muestras finales correspondientes a los seis rodales, las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente por dos días, posteriormente fueron colectadas y trasladadas a laboratorio. Con la ayuda de una báscula se procedió a talar un beaker, en el cual se pesaron 40 g de suelo seco los cuales fueron trasladados seguidamente a una probeta de 100 ml, en la cual se compactó la muestra con la palma de la mano continuamente para obtener el volumen final de suelo. La densidad aparente fue estimada por medio de la formula siguiente:

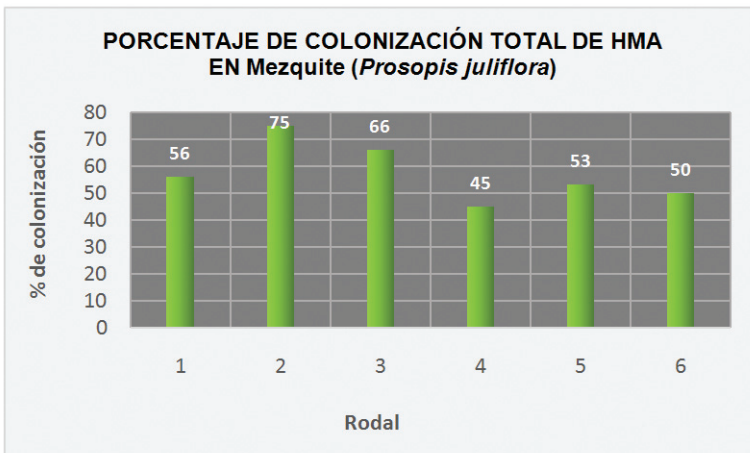
$$\text{Da del suelo} = \frac{\text{masa (peso suelo seco)}}{\text{Volumen}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- *Porcentaje de colonización en raíces*

Se determinó el porcentaje de colonización, dando el valor de 1 a cada campo colonizado para un total de 100%. Todas las raíces evaluadas presentaron colonización, pudiendo observar vesículas, arbuscúlos e hifas, estructuras características de los HMA. El porcentaje promedio de colonización micorrízica fue del 58%. Se determinó presencia de colonización micorrízica en todas las muestras evaluadas, evidenciando un mayor porcentaje de colonización promedio en las muestras de los rodales 2 y 3 (75%, 66% respectivamente) con respecto a los rodales 4 y 6 (45%, 50% respectivamente), presentando los valores más bajos. La **Figuras 1** muestra la representación gráfica por rodal de los porcentajes de colonización micorrízica.

Figura 1. Gráfica del porcentaje de colonización micorrízica

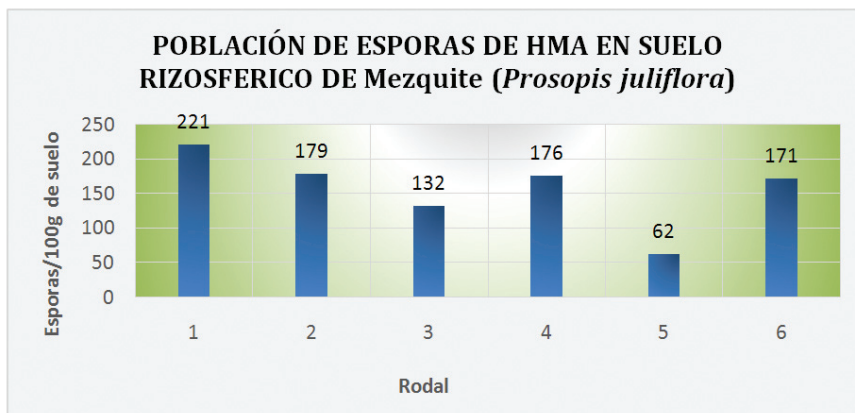


Fuente: Espinoza G, 2016

- Población de esporas en suelo rizosférico de Mezquite *Prosopis juliflora*

Todos los suelos rizosféricos analizados reportaron propágulos infectivos de hongos micorrízicos, el número más alto de esporas se encontró en las muestras correspondientes al rodal 1 con un promedio de 221 esporas/100g de suelo seco; seguido por los rodales 2, 4 y 6 con 179, 176 y 171 esporas/100g de suelo respectivamente, el rodal 3 con un promedio de 132 esporas/100g de suelo seco y el rodal con menor número de esporas fue el 5 con 62 esporas/100g de suelo seco. La **Figura 2** muestra el promedio de las poblaciones de esporas por rodal.

Figura 2. Población de esporas/100g de suelo.



Fuente: Espinoza G, 2016.

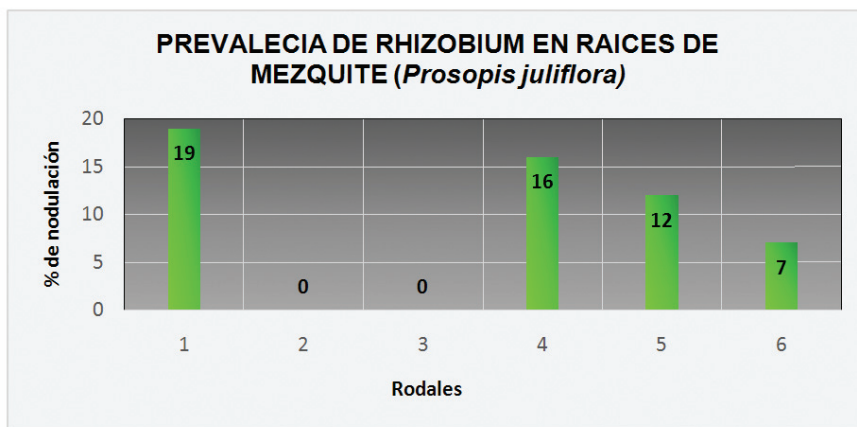
Existen varios factores que pueden afectar la abundancia y riqueza de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), a partir del aislamiento de sus esporas. Khanam, Mridha, Solaiman, and Hossain (2006), indican que El pH, la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes están influyendo tanto en la colonización micorrízica como en el número de esporas.

Es importante considerar que las comunidades de HFMA son dinámicas en el tiempo, y pueden ser moduladas por características del suelo (físicas, químicas y biológicas) y por aspectos climáticos. La estructura y función de comunidades de micorrizas también puede variar con la edad de la planta, especialmente en especies perennes o semiperennes (Pérez, Sierra, & Montes, 2011).

- Prevalencia de rhizobium y porcentaje de infección que muestran las raíces.

Se llevaron a cabo los análisis de cada una muestras de raíz de *Prosopis juliflora*, en donde se observó la presencia de nódulos en los rodales 1, 4, 5 y 6 con un promedio por rodal de 19, 16, 12 y 7 nódulos respectivamente. En los rodales 2 y 3 no se evidencio presencia de nódulos lo cual puede estar atribuido a las características que presentaron los suelos, siendo suelos muy compactados y con déficit de humedad, características que no permitieron poder llegar a las raíces de dichos árboles. Así mismo se pudo observar que la distribución del sistema radicular se pronunciaba de forma vertical a grandes profundidades. **La Figura 3** muestra la prevalencia de rhizobium en raíces de mesquite.

Figura 3. Gráfica del promedio de nodulación por rodal



Fuente: Espinoza G, 2016

Blanco y Salas (1997), indican que la colonización de raíces por micorrizas arbusculares es estimulada por rhizobium y a la vez el hongo favorece la nodulación e incrementa el número de nódulos en plantas micorrizadas versus no micorrizadas. Rosemary Sylvester Bradley, Fabiola Campuzano de Ramírez, y Ortiz (1985), indican que la localización de los nódulos en el sistema radical depende la especie de planta. En algunas especies los nódulos son muy profundos o están solamente localizados en las raíces laterales y muy alejadas de la raíz principal.

CONCLUSIONES

- La bioprospección de micorrizas arbusculares en la finca Celgusa, aldea el Rancho, departamento de El Progreso, permitió determinar que el mezquite *Prosopis juliflora* tiene la capacidad de realizar simbiosis con las micorrizas arbusculares, brindando porcentajes de colonización en rangos de medio a altos, con un promedio de colonización total de 58% lo que indica que presenta un promedio alto de colonización.
- Las poblaciones de esporas fueron similares para todos los rodales estudiados, presentando diversidad en cuanto a su morfología, lo cual puede ser atribuido a las diferencias de especies de HMA presentes.
- La relación entre porcentaje de colonización radicular y número de esporas no fue directamente proporcional, mismas que según investigaciones realizadas al respecto, indican que no son dependientes una de la otra, atribuyéndole en el caso de la colonización, su relación principalmente con algunas características fisicoquímicas del suelo.
- No se observó un efecto significativo entre la densidad aparente de los suelos con la población de esporas y los porcentajes de colonización, parámetro que indica que en el área de estudio la densidad aparente no es una limitante para el establecimiento de las micorrizas arbusculares.
- La prevalencia de *Rhizobium* en las raíces de mezquite *Prosopis juliflora* fue evidenciada, presentando un promedio de 14 nódulos infectivos en segmentos de raíz de aproximadamente 20 cm, siendo en su mayoría nódulos pequeños, datos que permitieron llegar a determinar la relación que existe entre micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno, garantizando así mejores condiciones de desarrollo para las plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, F., & Salas, E. (1997). Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 21(1), 55-67.
- Bobadilla Guzmán, O. I. (2010). *Evaluación de tres niveles de sustitución de harina del fruto de Campeche (Prosopis juliflora) para la alimentación de pollo de engorde*. (Licenciado Zootecnista), Universidad de San Carlos de Guatemala Guatemala.
- Camargo-Ricalde, S., Montaña, N., De la Rosa, C., & Montaña, S. (2012). Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*, 13(7), 3-19.
- Guancín Pérez, M. A. (2014). *Respuesta a la poda del árbol de Campeche (Prosopis sp.) en la región oriental de Guatemala* (Licenciado en Zootecnia), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Khanam, D., Mridha, M., Solaiman, A., & Hossain, T. (2006). Effect of edaphic factors on root colonization and spore population of arbuscular mycorrhizal fungi. *Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University*, 29(1), 97-104.
- López Eguizabal, J. R. (2012). *Caracterización del valor nutritivo de la biomasa comestible del árbol de campeche (Prosopis spp.) en el oriente de Guatemala*. (Zootecnista), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Pasiecznik, N. M., Felker, P., & Association, H. D. R. (2001). *The 'Prosopis Juliflora'-'Prosopis Pallida' Complex: A Monograph* (Vol. 172): HDRA Coventry.
- Pérez, A., Sierra, J. R., & Montes, V. D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 3(2), 366-385.
- Rosemary Sylvester Bradley, Fabiola Campuzano de Ramírez, & Ortiz., A. G. (1985). *Aislamiento, Caracterización y Evaluación de Rizobios para leguminosas Forrajeras en Suelos Ácidos de América Tropical*. Colombia.



RESÚMENES DE TESIS

Evaluación de cuatro especies forestales de rápido crecimiento: eucalipto (*Eucalyptuscamaldulensis*), patamula (*Albizianiopoides*), caulote (*Guazumaulmifolia*) y laurel (*Cordiaalliodora*), para la producción de carbón vegetal en la línea A-13, sector Sis, San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala, C. A.

Manuel Vicente Aceituno Sagastume

En el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Agronomía y con el apoyo de la Finca San Francisco, se desarrolló un estudio integral durante el período de febrero-agosto del 2013. En el diagnóstico de la Línea A-13, sector SIS, el objetivo fue conocer la situación actual del área, en donde encontramos que las principales actividades económicas son la producción de maíz y ajonjolí. Entre sus principales problemáticas está el alto costo del fertilizante, la falta de asistencia técnica, la falta de organización y la falta de riego. La investigación inferencial fue sobre cuatro especies forestales de rápido crecimiento para la producción de carbón vegetal, se evaluaron muestras de carbón de eucalipto (*Eucalyptuscamaldulensis*), patemula (*Albizianiopoides*), caulote (*Guazumaulmifolia*) y laurel (*Cordiaalliodora*), se elaboró una guía destinada a productores, se analizaron las siguientes propiedades: densidad, fragilidad, contenido de ceniza y tiempo de ignición. Concluye que la especie *A. niopoides*, obtuvo las mejores propiedades de calidad de carbón y fue la que mejor aceptación

obtuvo de parte de los consumidores. Los servicios prestados fueron: tomando en cuenta los bajos precios de venta del maíz-ajonjolí, se plantearon alternativas para incrementar sus ingresos, capacitando a los agricultores sobre: cultivo de achiote para diversificar, asocio gandul-ajonjolí, demostrando que el gandul mejora la fertilidad del suelo y aumenta la producción de ajonjolí; se estableció un vivero forestal con melina, teca, matiliguatate y cedro, melina obtuvo mejor aceptación por su corto turno de aprovechamiento.

Palabras Clave: Carbón vegetal, Eucalipto, *Eucalyptuscamaldulensis*, Patemula, *Albizianiopoides*, Caulote, *Guazumaulmifolia*, Laurel, *Cordiaalliodora*, Asociación de cultivos.

Evaluation of four fast-growing forest species: eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), patamula (*Albizianiopoides*), caulote (*Guazumaulmifolia*) and laurel (*Cordiaalliodora*) for charcoal production on line A-13, sector Sis, San José La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala, C.A.

Manuel Vicente Aceituno Sagastume

In the Supervised Professional Exercise (EPS), of the Faculty of Agronomy and with the support of the San Francisco Farm, a comprehensive study was developed during the period of February-August 2013. In the diagnosis of Line A-13, sector SIS, the objective was to know the current situation of the area, where we find that the main economic activities are the production of corn and sesame. Among its main problems are the high cost of fertilizer, lack of technical assistance, lack of organization and lack of irrigation. The inferential investigation was carried out on four fast growing forest species for the production of charcoal. Samples of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), patemula (*Albizianiopoides*), caulote (*Guazumaulmifolia*) and laurel (*Cordiaalliodora*) were evaluated. A guide for producers, the following properties were analyzed: density, brittleness, ash content and ignition time. It concludes that the species *A. niopoides*, obtained the best qualities of quality of coal and was the one that the best acceptance obtained from part of the consumers. The services provided were: taking into account the low sales prices of sesame maize, alternatives were proposed to increase their income, training the farmers on: achiote cultiva-

tion to diversify, associate gandul-sesame, demonstrating that banana improves fertility Of the soil and increases the production of sesame; Was established a forest nursery with melina, teak, matilsguate and cedar, melina obtained better acceptance for its short turn of use.

Keywords: Charcoal, Eucalyptus, *Eucalyptus camaldulensis*, Patemula, *Albizianiopoides*, Caulote, *Guazumalmifolia*, Laurel, *Cordiaalliodora*, Crop Association.

Estudio de la dinámica poblacional de nematodos en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), en los 29 lotes de la finca Santa Margarita, La Reforma, San Marcos, Guatemala, C.A.

Edgar Alberto Anléu Rozotto

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Agronomía se desarrolló en la finca Santa Margarita, municipio de La Reforma, departamento de San Marcos, de agosto 2014 a mayo del año 2015. En el diagnóstico se identificaron los principales problemas que afectan a la finca, siendo estos la presencia de nematodos, diferentes plagas y enfermedades, mal manejo de productos químicos, aplicación de fertilizante sin fundamento técnico, lo cual se ve reflejado en la reducción de la productividad. La investigación se centró en crear información sobre la dinámica poblacional de nematodos

presentes en 29 lotes de cultivo de café, realizando cinco muestreos mensuales donde se logró identificar los nematodos *Pratylenchus* sp. con un 100% de incidencia y *Meloidogyne* sp. en 24.14% de la finca, lo que corresponde a siete lotes. Los servicios realizados fueron: la realización de muestreo y plan de fertilización de nueve lotes, con análisis de suelos de ANALAB, capacitación sobre el uso y manejo seguro de plaguicidas, al personal de la finca. La realización de un BIODEP (que es estructura efectiva para acumular, retener y degradar microbiológicamente los excedentes de productos agroquímicos) para la finca.

Palabras clave: Café, *Coffea arabica*, Nematodos, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, Dinámica de poblaciones.

Study of the population dynamics of nematodes in coffee cultivation (*Coffea arabica* L.) in the 29 lots of the estate Santa Margarita, La Reforma, San Marcos, Guatemala, C.A.

Edgar Alberto Anléu Rozotto

The Supervised Professional Exercise (EPS) of the Faculty of Agronomy was developed at the farm Santa Margarita, municipality of La Reforma, department of San Marcos, from August 2014 to May 2015. The main problems identified were identified in the diagnosis To the farm, being these the presence of nematodes, different pests and diseases, bad handling of chemical products, application of fertilizer without technical foundation, which is reflected in the reduction of productivity. The research focused on creating information on the population dynamics of nematodes present in 29 coffee breeding plots, carrying out five monthly samples where the nematodes *Pratylenchus* sp. With a 100% incidence and *Meloidogyne* sp. In 24.14% of the farm, which corresponds to seven lots. The services performed were: sampling and fertilization plan of nine lots, with analysis of ANA-LAB soils, training on the use and safe handling of pesticides, to the farm staff. The realization of a BIODEP (which is an effective structure to accumulate, retain and microbiologically degrade the surplus of agrochemicals) for the farm.

Key words: Coffee, *Coffea arabica*, Nematodes, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, Population dynamics.

Evaluación de seis sustratos tipo peat-moss y su efecto en la germinación y desarrollo fisiológico de pilones de tomate (*Solanumlycopersicum*L.), en los viveros de Súper Pilón, S.A.; El Tejar, Chimaltenango, Guatemala, C.A., diagnóstico y servicios en la empresa Inverflohorsa, Boca del Monte, Guatemala, C.A.

Eduardo José Bardales García

En la Empresa Súper Pilón, S.A., kilómetro 49 carretera interamericana, El Tejar, Chimaltenango; se evaluaron seis sustratos tipo peat-moss, con cuatro repeticiones de cada uno, en un diseño completamente al azar, se determinaron: porcentajes de germinación, altura de planta, grosor de tallo y elongación de hipocotilo; que son los aspectos importantes de productividad en los pilones. Se observó que la germinación en los seis sustratos sobrepasa el 95%, la altura de plantas con el sustrato TS1 Klasmann (15.1 cm) presenta la altura idónea para las exigencias de los productores, los sustratos Balticpeat (3.46 mm) y TS1 Klasmann (2.90 mm) presentaron engrosamiento de tallo mayor al resto de sustratos evaluados y la elongación de hipocotilo con el sustrato Balticpeat (5.45 cm) presentó la mayor elongación en relación con su altura. Usando presupuestos parciales y análisis de dominancia se determinó al sustrato TS1 Klasmann como el de mayor rendimiento, además de presentar una relación beneficio costo Q 1.48. Se realizaron tres servicios: un seminario sobre el uso de tensiómetros para el control de la humedad del suelo con los productores de papaya en el municipio de Las Cruces, Petén; realización de guías informativas de los diferentes productos comercializados por Inverflohorsa; y finalmente se realizó una parcela experimental en Los Llanos, Sanarate, donde fueron evaluadas ocho variedades de pepino tipo slicer, con el fin de identificar la variedad que mejor se adapta al mercado guatemalteco.

Palabras clave: Peet-Moss, Pilones, Germinación, Rentabilidad.

Evaluation of six peat-moss substrates and their effect on the germination and physiological development of tomato pylons (*Solanumlycopersicum* L.) in the nurseries of Super Pilón, S.A.; El Tejar, Chimaltenango, Guatemala, C.A., diagnosis and services at Inverflohorsa, Boca del Monte, Guatemala, C.A.

Eduardo José Bardales García

In the Company SúperPilón, S.A., kilometer 49 inter-American highway, El Tejar, Chimaltenango; Six peat moss - type substrates were evaluated, with four replicates of each, in a completely randomized design: percentages of germination, plant height, stem thickness and hypocotyl elongation were determined; Which are the important aspects of productivity in pylons. It was observed that the germination in the six substrates exceeds 95%, the height of plants with the substrate TS1 Klasmann (15.1 cm) presents the ideal height for the demands of the producers, the substrates Balticpeat (3.46 mm) and TS1 Klasmann (2.90 Mm) showed greater stem thickening to the rest of substrates evaluated and elongation of hypocotyl with the substrate Balticpeat (5.45 cm) showed the greatest elongation in relation to its height. Using partial budgets and dominance analysis the TS1 Klasmann substrate was determined as the highest performance, in addition to presenting a cost benefit ratio Q 1.48. Three services were carried out: a seminar on the use of tensiometers for the control of soil

moisture with papaya producers in the municipality of Las Cruces, Petén; Realization of informative guides of the different products commercialized by Inverflohorsa; And finally an experimental plot was carried out in Los Llanos, Sanarate, where eight varieties of slicer cucumber were evaluated, in order to identify the varieties that best fit the Guatemalan market.

Keywords: Peat-Moss, Pylons, Germination, Profitability.

Identificación de los principales factores que limitan la sostenibilidad del suelo con fines de producción agrícola en el departamento de Escuintla, Guatemala, C. A.

Óscar Daniel Bonilla Reyna

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Agronomía se desarrolló en el departamento de Escuintla, de febrero a noviembre del 2012. Se ubicaron instituciones públicas y privadas, que generan, almacenan o disponían de información de suelos; se identificaron nueve laboratorios de análisis de suelo a nivel nacional, cuatro privados, tres académicos y dos públicos; en total solamente pueden realizarse a nivel nacional, 21 análisis físico-químicos. Los principales factores que limitan la sostenibilidad del suelo con fines de producción agrícola en el departamento con el muestreo de 640 análisis de suelo con su respectiva ubicación geográfica; para un total de 13,904 datos, sirvieron para estudiar las variables de potencial de hidrógeno, capacidad de intercambio catiónico, calcio, magnesio, potasio, sodio y materia orgánica. Se realizaron mapas digitales en cuatro categorías de cada una de las variables estudiadas, se realizó un mapa de interpolación lineal usando el método simple predictivo de Kriging, escala 1:700,000. Se determinó que de los 4,495.57 km² del departamento, tiene limitantes de potencial de hidrógeno el 1.45%, de materia orgánica en un 0.35%, la capacidad de intercambio catiónico en un 26.55%, con el calcio en un 0.21%, el magnesio con alto contenido en un 57.06% y el potasio con un 0.23%. La consulta a 16 profesionales reportan problemas en suelos respecto a materia orgánica, inundaciones en los terrenos, presencia de betas arenosas, suelos muy arcillosos y contaminación por agroquímicos; el segundo servicio fue coleccionar información de CENGICANA y Facultad de Agronomía, con un total de 640 registros obtenidos con su respectiva ubicación geográfica.

Palabras clave: Suelo, Análisis físico-químico, pH, CIC, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Materia orgánica, Mapas.

Identification of the main factors that limit soil sustainability for agricultural production purposes in the department of Escuintla, Guatemala, C. A.

Óscar Daniel Bonilla Reyna

The Supervised Professional Exercise (EPS) of the Faculty of Agronomy was developed in the department of Escuintla, from February to November 2012. Public and private institutions were established, which generate, store or have information on soils; Nine soil analysis laboratories were identified at the national level, four private, three academic and two public; In total, only 21 physical-chemical analyzes can be carried out at the national level. The main factors that limit soil sustainability for agricultural production purposes in the department with the sampling of 640 soil analyzes with their respective geographical location; For a total of 13,904 data, were used to study the potential variables of hydrogen, cation exchange capacity, calcium, magnesium, potassium, sodium and organic matter. Digital maps were made in four categories of each of the variables studied, a linear interpolation map was performed using the simple predictive Kriging method, scale 1: 700,000. It was determined that of the 4,495.57 km² of the department, has limits of hydrogen potential 1.45%, of organic matter in 0.35%, cation exchange capacity in 26.55%, with calcium in 0.21%, magnesium with high Content in 57.06% and potassium with 0.23%. The consultation of 16 professionals report problems in soils with respect to organic matter, floods in the lands, presence of sandy betas, very clayey soils and contamination by agrochemicals; The second service was to collect information from CEN-GICAÑA and Faculty of Agronomy, with a total of 640 records obtained with their respective geographical location.

Keywords: Soil, Physical-chemical analysis, pH, CIC, Calcium, Magnesium, Potassium, Sodium, Organic matter, Maps.



REVISTA TIKALIA



INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

La **Revista Tikalia** es editada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC). Se publica semestralmente.

En la revista se publican trabajos originales de contribución técnico-científica (artículos) en el campo de las ciencias sociales, biológicas, agrícolas y forestales; en las áreas de: desarrollo rural, conservación de la biodiversidad y medio ambiente, manejo y mejoramiento de plantas, protección de plantas, ingeniería agrícola, manejo de suelo y agua, administración y comercialización agrícola, silvicultura, tecnología y utilización de productos forestales. Asimismo se publican trabajos de revisión bibliográfica, únicamente a invitación del Consejo Editorial.

Exclusivamente se presentan trabajos escritos en idioma Español para su publicación, los mismos serán evaluados en su contenido científico-tecnológico por el Consejo Editorial de la Facultad de Agronomía, quien podrá invitar “referees” anónimos, dependiendo de la naturaleza del artículo presentado. Los trabajos pueden aprobarse sin correcciones, sujetos a correcciones, o no ser aceptados para su publicación.

POLÍTICA EDITORIAL

Mantener conducta ética en relación a la publicación y a sus colaboradores, rigor con la calidad de los artículos científicos y revisiones bibliográficas, integrar el Consejo Editorial con profesionales de calidad científica y ética con carácter imparcial en el proceso de análisis de los trabajos.

PÚBLICO OBJETIVO

Comunidad nacional e internacional vinculada con las ciencias agrícolas y forestales o campos afines. Estudiantes de licenciatura, postgrado y Profesores de las ciencias agrícolas y forestales.

FORMA Y PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos deben presentar las siguientes características: espacio 1,5; papel tamaño carta (21.59 x 27.94mm), con márgenes superior, inferior, izquierda y derecha de 2,5cm; fuente Arial 12; y contener un máximo de 10 páginas, incluyendo cuadros y figuras.

En la primera página deberá contener el título del trabajo, el resumen y las palabras clave. En los trabajos en Español, los títulos de cuadros y figuras deberán ser escritos también en inglés; y para los artículos en Inglés en Español. Los cuadros y figuras deberán ser numerados con números arábigos consecutivos y aparecer referidos en el texto.

Los títulos deben identificarse con números arábigos y escribirse con letras mayúsculas (en negrita); los subtítulos, si necesarios, deben identificarse con dos números arábigos (ejemplo: 1.1) y escribirse con letra inicial mayúscula (en negrita).

Los títulos de las figuras deberán aparecer en la parte inferior antecidos de la palabra "Figura" seguida de su número de

orden (en negrita). Los títulos de los cuadros deberán aparecer en la parte superior y ser anteceditos de la palabra “Cuadro” seguida de su número de orden (en negrita).

En la figura, la fuente (sí es pertinente) debe de escribirse por arriba del título, sin punto final; en el Cuadro, en la parte inferior y con punto final. Las figuras deberán estar exclusivamente en escala de grises elaboradas en Microsoft Excel. A las fotografías se aplican los mismos criterios que para las figuras, deben estar en formato JPG.

Los trabajos deben presentarse de acuerdo con el siguiente esquema: TÍTULO en Español, RESUMEN (seguido de palabras clave), TÍTULO DEL ARTÍCULO en Inglés, ABSTRACT (seguido de key words); 1. INTRODUCCIÓN (incluyendo revisión de literatura); 2. MATERIAL Y MÉTODOS; 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN; 4. CONCLUSIONES; 5. AGRADECIMIENTOS (si pertinente); y 6. LITERATURA CITADA, alineadas a la izquierda.

ENVÍO DE TRABAJOS (ARTÍCULOS Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)

Para enviar un trabajo para publicación el o los autores pueden hacerlos llegar al Consejo Editorial, por vía electrónica a: ceditorialfausac@gmail.com El Consejo Editorial le notificará sobre la recepción de su trabajo.

Recomendaciones de edición:

Presentación

Los trabajos deben iniciarse con el título, luego abajo colocar los apellidos y nombres del o los autor(es). En esa misma hoja, como pié de página, los títulos y el cargo y lugar de trabajo del o los autor(es).

Título: Conciso e indicar el contenido del trabajo.

Resumen: Presenta una frase introductoria que justifica el trabajo, describe lo que fue estudiado, presenta los principales resultados y conclusiones. Es seguido de las palabras clave.

Abstract: Consiste en la traducción del resumen al idioma Inglés. Es seguido de key words.

Introducción: Breve, esclareciendo la problemática estudiada, plantea hipótesis con base en revisión bibliográfica y finaliza con la indicación del objetivo del trabajo.

Material y métodos: reúne la información necesaria para la reproducción del trabajo por otros investigadores, los diferentes métodos deben referenciarse con base en la bibliografía.

Resultados: Presentación concisa de resultados, incluye cuadros, figuras y fotos.

Discusión: Análisis y discusión de los resultados obtenidos con base en la información bibliográfica.

Conclusión: Con base en la información discutida.

Agradecimiento(s): Sucinto(s), no deben aparecer en el texto. Opcional(es).

Literatura citada: incluye solo las referencias citadas en el texto. Ejemplos:

Periódicos científicos: Nombre de todos los autores, Título del artículo. Título abreviado del periódico, volumen: páginas inicial y final, año de publicación. Ejemplo:

KERN, J.S. & JOHNSON, M.G. Conservation tillage impacts on national soil and atmosphere carbon levels. Soil Sci. Soc. Am. J., 57: 200-210, 1993.

Libro: Autores. Título de la publicación. Número de edición. Local, Editora, año de publicación. Número de páginas. Ejemplo:

FISHER, R.F. & BINKLEY, D. 3.ed. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2000. 489p.

Participación en obra colectiva: Autores. Título de la parte referenciada seguida de In: Nombre del editor. Título de la publicación, número de edición. Ciudad de Publicación, Editorial, año. Páginas inicial y final. Ejemplo:

Capítulo de libro:

ECK, H.V. & STEWART, B.A. Manures. In: RECHCIGL, J.E., ed. Soil amendments and environmental quality. 2.ed. Florida, CRC press, 1995. p.169-198.

Publicación en Memorias:

VETTORI, L. Ferro “livre” por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.

CD-ROM

LIMA, P.C.; MOURA, W.M.; LIMA, W.A.; HIZUMI, S.; MATOS, E.S.; PENNA, B.A., PERTEL, J. Avaliação de leguminosas utilizadas na adubação verde de cafezais orgânicos na zona da Mata de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 4., 2005. Memórias. Londrina, PR., EMBRAPA, 2005. CD-ROM.

Internet:

Cambio climático y calentamiento global en:< <http://www.cambioclimaticoglobal.com>.> Consultada el 13 julio 2007.

La literatura citada en el texto se presenta como: Fisher & Binkley (2000) o (Fisher & Binkley, 2000). Cuando se trata de más de dos autores usar la forma reducida (Hedley et al., 1982). Cuando se trate de más de dos obras del mismo autor en el mismo año, identificar con letras minúsculas. Ejemplo: Martens, 2002a,b.

Revista **etikalia** se terminó de imprimir en el mes de julio de 2017, en los talleres de Editora Arizandieta, con una tirada de 300 ejemplares en papel bond beige de 80 gramos.

