

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES CON ÉNFASIS EN
GESTIÓN AMBIENTAL

**Erosión por aguas superficiales en los cultivos de banano que utilizan
Geophila macropoda como cobertura en distintas clases de suelo**

Tesis presentada al Tribunal Examinador del Programa de Maestría de Manejo de Recursos Naturales de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales para optar por el grado de *Magister Scientiae* en Manejo de Recursos Naturales con énfasis en gestión ambiental

Jemmy Murillo Vindas
jmv_jimmy@yahoo.es;

Director de tesis: M.Sc. Steven Brenes Prendas, sbrenesp@gmail.com

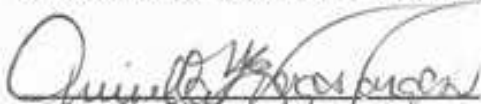
Lector de tesis: M.Sc. Víctor Méndez Estrada, vmendez@uned.ac.cr

Lector de tesis: M.Sc. Sergio Laprade Coto, slaprade@corbana.co.cr

San José, Costa Rica
Julio, 2015

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto de Graduación ha sido aceptado y aprobado en su forma presente por el Tribunal Examinador del Programa de Maestría en Manejo y Protección de los Recursos Naturales del Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad Estatal a Distancia, como requisito parcial para optar por el grado de Magister Scientiae en Manejo y Protección de los Recursos Naturales con énfasis en Gestión Ambiental



Guisella Vargas Vargas, M.Sc.
Representante
Director del Sistema de Estudios de Postgrado



Héctor Brenes Soto, M.Sc.
Representante
Director de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales



Zaidett Barrientos Llosa, Ph.D.
Coordinadora
Programa de Maestría en Manejo de los Recursos Naturales



Steven Brenes Prendas, M.Sc.
Director de Tesis



Víctor Hugo Méndez Estrada, M.Sc.
Lector de tesis



Sergio Laprade Coto, M.Sc.
Lector de tesis

Dedicatoria

El triunfo es dedicado a mi esposa quien con su apoyo y compañía me ha ayudado en todo momento para salir adelante con las tareas y compromisos que se han presentado y por comprenderme en los momentos cuando he tenido que dar prioridad a los aspectos académicos ante los familiares.

Agradecimientos

A Dios, por la salud, fortaleza y vida para adquirir los conocimientos necesarios para desarrollarme profesionalmente. A mi esposa Laura Coto Vargas por acompañarme a la finca para la recolección de datos. M. Sc. Victor Hugo Mendez, M. Sc. Sergio Laprade Coto, M. Sc. Steven Brenes Prendas, quienes me asesoraron y guiaron durante la investigación. A M. Sc. Sergio Laprade Coto y el M. Sc. Rafael Segura (Corporación Bananera Nacional, CORBANA) por facilitar el equipo para el secado y pesaje de las muestras de suelo; al señor Alfredo Barrantes por recoger los datos del secado de suelos. A la señora Ph.D. Zaidett Barrientos coordinadora del programa de maestría de la UNED por aceptarme en el programa y sus aportes en el proyecto. A la empresa Banacol de Costa Rica por brindar la oportunidad de desarrollar el proyecto en la Compañía Bananera La Teresa S.A. Finca 05, y por la colaboración en el cuidado de las áreas en prueba; a Lic Ligia Jeannette Bermúdez por su apoyo estadístico.

Índice

Resumen	6
Palabras Clave	6
Abstract	7
Introducción	8
Metodología	10
Resultados	13
Discusión	15
Conclusiones	18
Recomendaciones	18
Referencias.....	19

Erosión del suelo en los cultivos de banano que utilizan *Geophila macropoda* como arvense de cobertura

Jemmy Murillo Vindas jmv_jimmy@yahoo.es

Trabajo sometido en la Maestría en Manejo de Recursos Naturales, UNED.

Resumen

El establecimiento de compañías bananeras en Costa Rica trajo, por un lado fuentes de empleo, mejoras en las vías de acceso, viviendas, escuelas, áreas de recreación, fundaciones sociales, zonas de conservación e ingresos por impuestos. Por otro lado, trajo daños al ambiente con la destrucción de los bosques, la erosión del suelo y la contaminación de ríos y quebradas. La erosión puede verse disminuida con prácticas de cobertura vegetal. Se analiza el efecto que tiene el uso de *Geophila macropoda* (oreja de ratón) como arvense en la erosión según la clase del suelo en la finca bananera La Teresa 05, La Teresa, Guápiles, Pococí. Se escogieron tres suelos de clase I, II y III que estaban cubiertos con oreja de ratón y tres sin ella. En cada clase de suelo se colocó un balde plástico con capacidad de diez litros en canales de desagüe superficial en zonas con cobertura y sin ella para captar el suelo erosionado por las precipitaciones, donde la inclinación de la finca es del 2,8%. Entre junio y agosto de 2012 se realizaron mediciones periódicas una vez por semana, abarcando periodos de baja, media y alta precipitación. En el mismo lapso y áreas se efectuó un levantamiento taxonómico de las plantas competidoras con el cultivo del banano y se estimaron los costos de las prácticas que se emplean para combatirlas. Se encontró que la erosión aumenta con la precipitación y que en suelos clase I, II y III con cobertura de *G. macropoda* la erosión es menor que en los suelos sin ese tipo de cobertura. La proliferación de malezas es mayor en las áreas sin cobertura de *G. macropoda*, aumentando el costo económico para su control químico. Contar con cobertura vegetal de *Geophila macropoda* representa una ventaja viable para reducir la erosión hídrica del suelo, controlar la presencia de malezas y disminuir las aplicaciones de químicos para control del sotobosque bananero.

Palabras Clave: Arvense, escorrentía, erosión, herbicida, maleza, oreja de ratón, plantación, precipitación, sedimento.

Abstract

The establishment of banana companies in Costa Rica has brought employment opportunities, improvements in roads, housing, schools, recreation areas, social foundations, conservation areas and tax revenues. On the other hand, this brought environmental damage with the destruction of forests, soil erosion and pollution of rivers and streams. However, erosion may be reduced with vegetative cover practices. It was analyzed the effect of the use of *Geophila macropoda* (oreja de raton) as arvense erosion depending on the type of soil in the banana plantation 05 La Teresa, La Teresa, Guapiles, Pococí. Based on the soil map prepared by the *Corporación Bananera Nacional* (CORBANA) for the banana plantation, it was chose three soil types (I, II and III) which were covered with oreja de raton and without it. In every kind of soil they placed a plastic container with a capacity of ten liters in surface drainage channels in areas with coverage and without it to capture the soil eroded by rainfall, where the slope of the property is 2.8%. Between June and August 2012 periodic measurements were performed once a week, covering periods of low, medium and high precipitation. In the same period of time and in the same areas they carried out a taxonomic survey of competing plants with banana cultivation and the costs of practices used to combat were estimated. In the process it was found that in soils class I, II and III *G. macropoda* erosion coverage is lower than in soils without such coverage. Moreover, the proliferation of weeds is greater in areas without coverage *G. macropoda*, increasing economic cost for its control. In conclusion having vegetative cover of *Geophilama macropoda* represents an advantage to reduce soil erosion by water, the presence of weed control and reduce chemical applications to control banana undergrowth.

Introducción

La introducción del cultivo de banano (*Musa AAA*) en Costa Rica, se dio en 1871 con la llegada del ferrocarril al Caribe y se expandió hasta la actualidad donde se cuenta con unas 43 031 ha dedicadas a su cultivo (Kruiter, 1989; Cortés, 1994; Villalobos, 2006; Corbana 2011a). La producción de banano se realiza principalmente por grandes empresas (Soto, 1985; Bucheli, 1991; Pakkasvirta, 2005) que se concentran en Sarapiquí (Heredia) y desde el cantón de Pococí hasta Sixaola, Talamanca, Limón (CORBANA, 2011a).

El establecimiento de compañías bananeras significó desarrollo para el país y las comunidades, al mejorar las vías de acceso, vivienda y escuelas; al generar fuentes de empleo, áreas de recreación, fundaciones sociales, zonas de conservación e ingresos por impuestos de venta del producto (Soto, 1985; Kruiter, 1989; Murillo, 1998; Chacón, 2003; Rodríguez, 2004; Villalobos, 2006; Salguero, 2007; Yepes, 2012). Desafortunadamente, también han ocasionado daños al ambiente por medio de la destrucción de los bosques, la erosión del suelo y la contaminación de ríos y quebradas (Morgan, 1997; Núñez, 2001; Romero, 2002; Chacón, 2003).

La lluvia, al golpear de forma violenta contra el suelo desprovisto de cobertura, desprende sus partículas finas, que luego transporta y sedimenta en los canales de desagüe pluviales de la plantación bananera (Hudson, 1982; Morgan, 1997; Soto, 2009; Guanca, 2010; Alvarado *et al.*, 2014). Esto provoca la pérdida del suelo y la disminución del rendimiento agrícola en el cultivo del banano (Moreno *et al.*, 2009). Además, el arrastre de esas partículas lleva consigo residuos de productos químicos expuestos en el ambiente, produciendo contaminación de los cuerpos de agua (RepCar, 2000).

La erosión se ve afectada por la textura del suelo; los de textura gruesa (arenosos y franco arenosos) cuentan con alta capacidad de absorción del agua superficial, por lo que se presenta menos erosión hídrica. Por el contrario, los suelos arcillosos son de poca infiltración, lo que propicia el arrastre de las partículas y su degradación (Morgan, 1997).

La Corporación Bananera Nacional realiza mapas de suelos para los cuales toma como factores para su composición, los siguientes aspectos: grados y subgrados de aptitud, textura, estructura, reacción química, pH, pedregosidad, fertilidad, drenaje, peligro de inundación, permeabilidad y pendiente; los resultados de esas características sirven para clasificar los suelos en clase I, II, III y IV; con base en esa clasificación se genera un mapa de uso de suelo para la finca (Corbana, 1990).

En esas clases de suelos, las malezas compiten con las plantaciones de banano por agua, nutrientes y luz. Para eliminar las malezas se recurre a varias alternativas como el control biológico y el control químico (Labrada *et al.*, 1996; Rodríguez y Agüero, 2000; Agüero *et al.*, 2008). En el control biológico se utilizan agentes biológicos, pero aún falta investigar cuáles son sus efectos en el cultivo. El control químico es el más conocido, de mayor aplicabilidad y de alto costo económico; el herbicida químico aplicado afecta la morfología de la maleza hasta alterarle su composición o la muerte (Vaquerano *et al.*, 2002; Sánchez, 2002; Agüero *et al.*, 2008; Ventura y Medina, 2012); también el suelo se ve afectado por altas tasas de erosión, desgaste; disminución de la materia orgánica, de la humedad y de la capacidad de infiltración e intoxicación del cultivo (Pinilla y García, 2002).

Un método para contrarrestar las malezas en el cultivo de banano es la utilización de arvenses: coberturas vegetales que no compitan con el cultivo (Martínez, 1998); entre ellas se encuentra *Geophila macropoda* (Oreja de Ratón, Rubiaceae) (Brenes, 2010). Entre las ventajas del uso de coberturas arvenses están la disminución de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica, disminución de temperatura del suelo, pueden hospedar enemigos naturales de algunas plagas presentes en el cultivo y aumentan la biodiversidad de los agroecosistemas. Además, muchos arvenses son utilizados como materias primas, medicinales y como indicadores de calidad de sitio, retienen humedad en el suelo y evitan que afloren malezas (Yglesias, 1997; Díaz *et al.*, 1999; Arias, 2007; Brenes, 2010).

Una mala elección de coberturas podría ocasionar que se vuelvan competencia del cultivo y que se conviertan en hospederas de plagas que afecten la plantación y lo vuelvan difícil de controlar (Pound, 2003; Rojas *et al.*, 2006; Waele *et al.*, 2006).

En suelos descubiertos la *Geophila macropoda* es una excelente cobertura vegetal en suelos para el cultivo del banano, debido que crece entre los cinco y diez centímetros, prefiere climas frescos o bajo sombra, soporta el pisoteado de trabajadores, requiere de poca agua en las épocas de verano; tiene tallo terrestre, un sistema radical poco profundo y poco difuso; es perenne, se propaga por semilla y vegetativamente (IICA, 1989; Pinilla y García, 2002; Vargas y Abdelnour, 2010).

En suelos donde se desarrolla *Geophila macropoda* se evidencia la eliminación de malezas, por lo tanto, la convierte en una cobertura amigable con la plantación de banano (IICA, 1998; Vargas y Abdelnour, 2010) y ayuda también a evitar la erosión hídrica.

Para el caso de *G. macropoda* no se han realizado estudios sobre el efecto que tiene su uso como arvense en la disminución de la erosión según la clasificación del suelo bananero; por lo tanto, se plantea el objetivo de analizar la erosión por aguas superficiales en los cultivos

de banano que utilizan *Geophila macropoda* como arvense de cobertura en distintas clases de suelo en finca bananera La Teresa 05, La Teresa, Guápiles, Pococí.

Los objetivos específicos de la investigación son:

- Analizar el posible grado de erosión por escorrentía que se presenta en las distintas clases de suelo de la finca bananera según la presencia de cobertura vegetal y sin ella.
- Analizar la presencia de malezas en las áreas de cobertura con oreja de ratón y sin ella.
- Identificar los beneficios económicos que se obtienen cuando se usa *Geophila macropoda* (oreja de ratón) como arvense en el cultivo del banano.

Metodología

La finca La Teresa 05, La Rita de Pococí, Limón, de la transnacional Banacol de Costa Rica S.A., se ubica a 12km al norte del distrito central de Guápiles; coordenadas 5₅₆, 5₅₉ Este-Oeste y 2₅₂, 2₅₆ Norte-Sur. Esta finca cuenta con 339,11ha; 317,93 dedicadas al cultivo y producción de banano Cavendish Gran Enano (Samuels y Segura, 2010). Cuenta con una precipitación entre los 3500mm y los 4000mm al año (Soto, 2008) y tiene una temperatura promedio de 26°C.

La finca cuenta con 60 ha cubiertas con *G. macropoda* (oreja de ratón), mientras que las restantes 257,93 ha se encuentran cubiertas por algunas malezas y, la práctica común para eliminarlas es mediante el control químico (Pinilla & García, 2002).

En este estudio, se emplea el término arvense para las coberturas vegetales que sirven para prevenir la erosión del suelo por aguas superficiales, en el caso particular sería la oreja de ratón; el resto de coberturas que compiten con el cultivo del banano por nutrientes, luz, espacio y agua se las va a definir como malezas (Blanco & Leyva, 2007; Brenes, 2010).

Se escogieron seis puntos de muestreo, ubicados en áreas cercanas unas de otras para evitar que las condiciones climáticas cambiaran (Kruiter, 1989), donde la inclinación del suelo responde al 2,8% (Araya, 2014). Tres puntos ubicados en suelos de clase I, II y III con cobertura de oreja de ratón (un punto en cada tipo de suelo donde la presencia de *G. macropoda* era entre el 67% y 100%) y tres puntos en los mismos tipos de suelo pero sin cobertura.

Para medir el nivel de erosión del suelo con cobertura y sin ella, en cada punto de muestreo se colocó un balde plástico (trampas) con capacidad de diez litros con el fin de capturar las partículas de suelo erosionadas (Cervantes & Vahrson, 1992; Vahrson & Palacios, 1993; Somarriba, 2005). En la ubicación de los baldes se tomó en cuenta la dirección de la esorrentía del agua pluvial en cada sitio, donde fueron enterrados en el suelo, dejando el borde superior descubierto al mismo nivel del suelo para que todas las partículas de suelo que se desplacen durante la lluvia queden atrapadas (Vallejos y Velázquez, 1998). El área de estudio en sitios con *G. macropoda* fue elegido de acuerdo con el porcentaje de cobertura presente en cada clase de suelo, por su parte, en los sitios sin cobertura se eligieron áreas donde no existiera ningún tipo de cobertura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Áreas de estudio según clase de suelo con y sin coberturas

Clase de Suelo	Característica	m ²
I	Con Cobertura	288
	Sin Cobertura	306
II	Con Cobertura	190
	Sin Cobertura	390
III	Con Cobertura	360
	Sin Cobertura	378

El suelo obtenido fue llevado al laboratorio de CORBANA, La Rita de Pococí, donde fueron introducidas en un horno de secado durante 24 horas para obtener el peso real en seco del sedimento recolectado y, así comparar la cantidad de sedimento entre las áreas con cobertura vegetal y sin cobertura.

El volumen (g/m²) de sedimentos recolectados en cada trampa según el suelo correspondiente fue convertido de hectáreas a tonelada con la siguiente fórmula:

$$\frac{x \text{ g}}{y \text{ m}^2} \times \frac{z \text{ Kg}}{x \text{ g}} \times \frac{m \text{ t}}{z \text{ Kg}} \times \frac{y \text{ m}^2}{n \text{ ha}} = \text{ t ha}^{-1}$$

El nivel de erosión por esorrentía recolectado en las trampas (Cervantes & Vahrson, 1992; Vahrson & Palacios, 1993) se clasificó en siete grados: natural (<1,0 t ha⁻¹), baja (1,1-3,0 t ha⁻¹), media (3,1-5,0 t ha⁻¹), alta (5,1-10,0 t ha⁻¹), muy alta (10,1-20,0 t ha⁻¹), severa (20,1-30 t ha⁻¹) y muy severa (>30,1 t ha⁻¹) (León, 2001).

El nivel de erosión por esorrentía recolectado en las trampas se midió cada domingo desde el 3 de junio hasta el 26 de agosto de 2012. Se escogieron esos meses debido a que históricamente son los que presentan las precipitaciones de las más altas de la zona durante

el año según información brindada por la empresa. Se realizaron 12 lecturas de erosión por escorrentía por cada uno de los seis puntos para un total de 72 mediciones.

La finca cuenta con una estación meteorológica fija que cada 30 minutos proporciona datos de temperatura, precipitación, velocidad del viento, radiación solar y humedad relativa, de ella se obtienen los datos de las precipitaciones semanales (Vahrson & Palacios, 1993) que se clasificaron en cinco grupos: débil (menor o igual a 2 l/m²), moderada (entre 2,1 l/m² y 15 l/m²), fuerte (entre 15,1 l/m² y 30 l/m²), muy fuerte (entre 30,1 l/m² y 60 l/m²) y torrencial (mayor de 60,1 l/m²) (Aparicio, 2003).

También se realizó el levantamiento taxonómico de malezas en los puntos determinados, por medio de un marco de un metro cuadrado confeccionado con tubo de pvc de media pulgada color blanco. El marco se colocó a nueve metros lineales del sitio de recolección de datos de erosión en espacios libres entre las matas de banano, realizando conteos taxonómicos todas las semanas en cada punto de muestreo. El marco de pvc fue señalado con cuatro marcas de 25% cada marca se dividió en espacios de 5% y estos en otras marcas más pequeñas de 1% con las cuales se determinó el porcentaje de la presencia de las diferentes malezas o coberturas vegetales (Leguizamón, 2005). La estimación de las malezas se realizó en forma visual colocando el marco siempre en el mismo lugar en cada sitio de muestreo y midiendo cada semana el comportamiento de las coberturas presentes y se obtuvo un inventario semanal de las malezas (Esqueda *et al.*, 2010; Rodríguez y Agüero, 2011).

En cada tipo de suelo con y sin cobertura se analizaron semanalmente los beneficios adicionales por el uso de *G. macropoda* como cobertura vegetal en las plantaciones bananeras en finca La Teresa. También se analizó el costo de la mano de obra, equipos de protección personal para los trabajadores y el de los productos químicos aplicados en el periodo del muestreo para cuantificar los gastos para combatir malezas en: a) áreas con cobertura entre el 67% y 100% de *G. macropoda* (Muñoz 2012, inf. pers) y b) áreas donde no se cuenta con *G. macropoda* (Muñoz 2012, inf. pers). Para ambos casos se tomaron los datos correspondientes a las aplicaciones de control químico para combatir las especies vegetales no deseadas en la plantación.

Los datos se analizaron con las pruebas estadísticas de Pearson, Spearman, Mann-Whitney U y Kruskal –Wallis, a un nivel de significancia $p=0,01$ o $p=0,05$, de acuerdo con su nivel de medición.

Resultados

La erosión depende de la precipitación y de la presencia de cobertura de oreja de ratón (Fig. 1). La precipitación promedio durante las 12 semanas de muestreo fue débil, de 0,21L/m² (max = 0,71L/m²; min = 0,03; DE=0,07; n=12); en los suelos sin coberturas de *G. macropoda* la erosión aumentó con las precipitaciones (Spearman: n=72; r=0,390; p<0,05) y se obtuvo un promedio de erosión bajo, de 1,43 t/ha/año (max=1,68; min=1,30; DE=0,29; n=36). En las áreas con presencia de esa cobertura la erosión no fue significativa (Spearman: n=72; r=0,000; p<0,05) y la erosión promedio correspondió a 0,40 t/ha/año (max=0,48; min=0,26; DE=0,11; n=36) (Fig. 1).

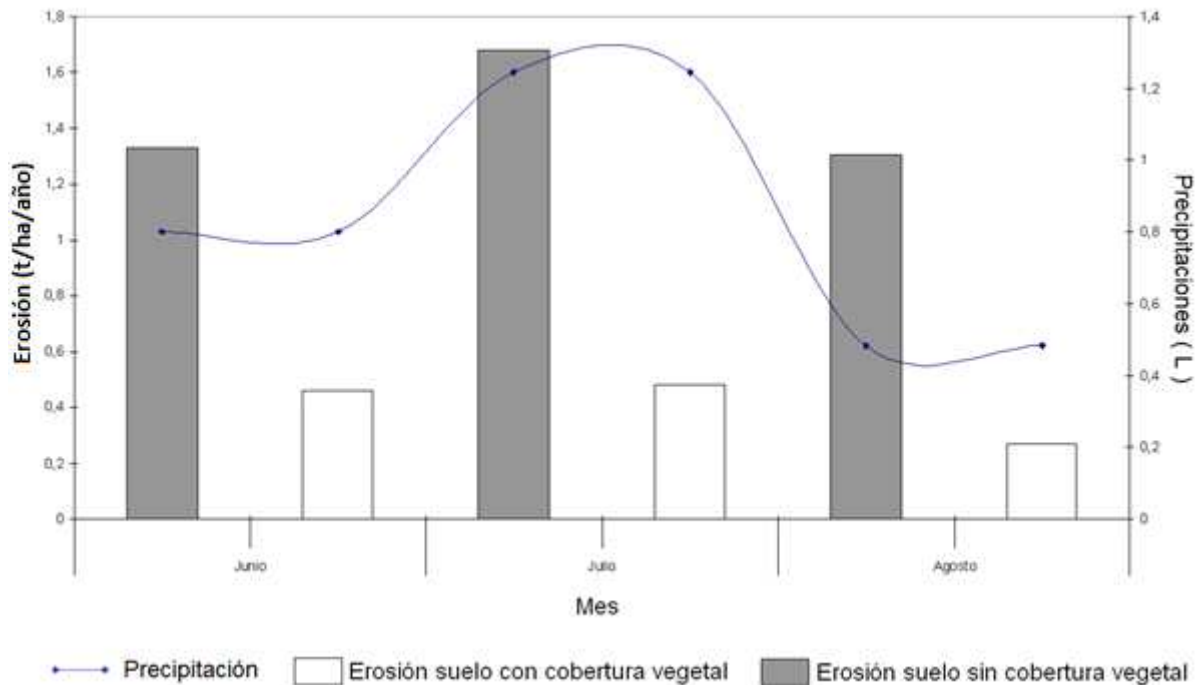


Figura 1. Variación de erosión según la precipitación en presencia de cobertura con *G. macropoda* y sin ella.

En las clases de suelos I, II y III que contaron con cobertura de oreja de ratón se presentó menor erosión (Kruskal-Wallis = 0,002; p < 0,05) (Fig. 2).

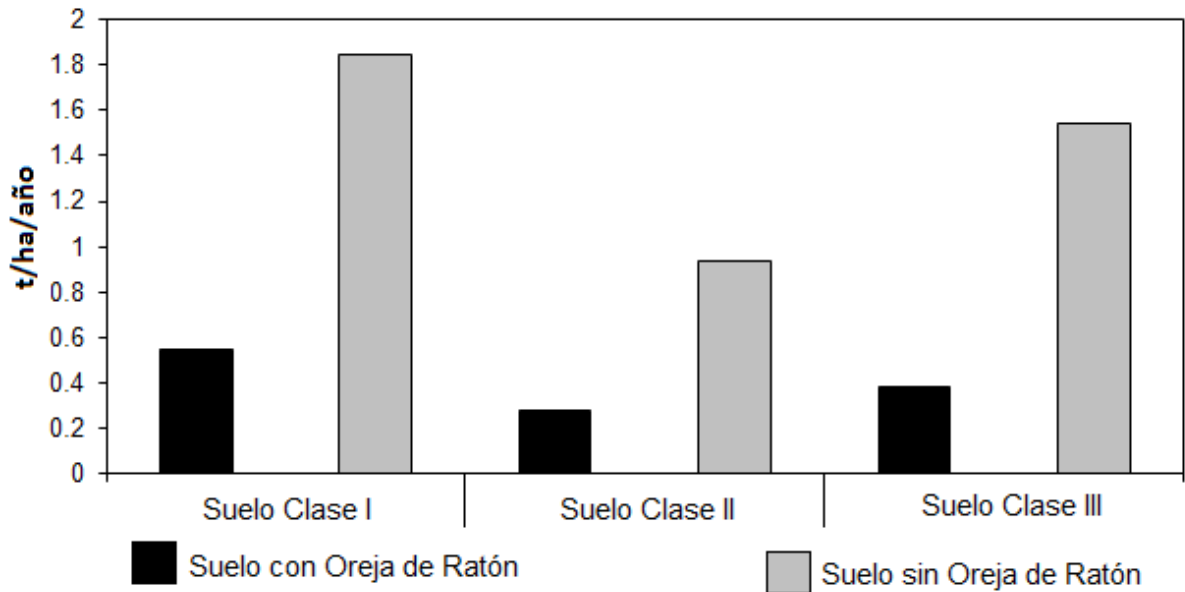


Figura 2. Variación de erosión según la clase de suelo (I, II, III) en presencia de cobertura con *G. macropoda* y sin ella

En un periodo de tres meses, sólo el suelo clase I (Fig. 3) requirió de una aplicación química; por lo tanto, el costo promedio por control químico de malezas en las tres clases de suelos con cobertura vegetal de *G. macropoda* fue de ₡9600 por hectárea. En los suelos sin esa cobertura vegetal el costo promedio del control de malezas en los tres tipos de suelo fue de ₡68000 por hectárea correspondiente a cinco aplicaciones realizadas (dos en suelo clase I, dos en clase II y una en clase III).

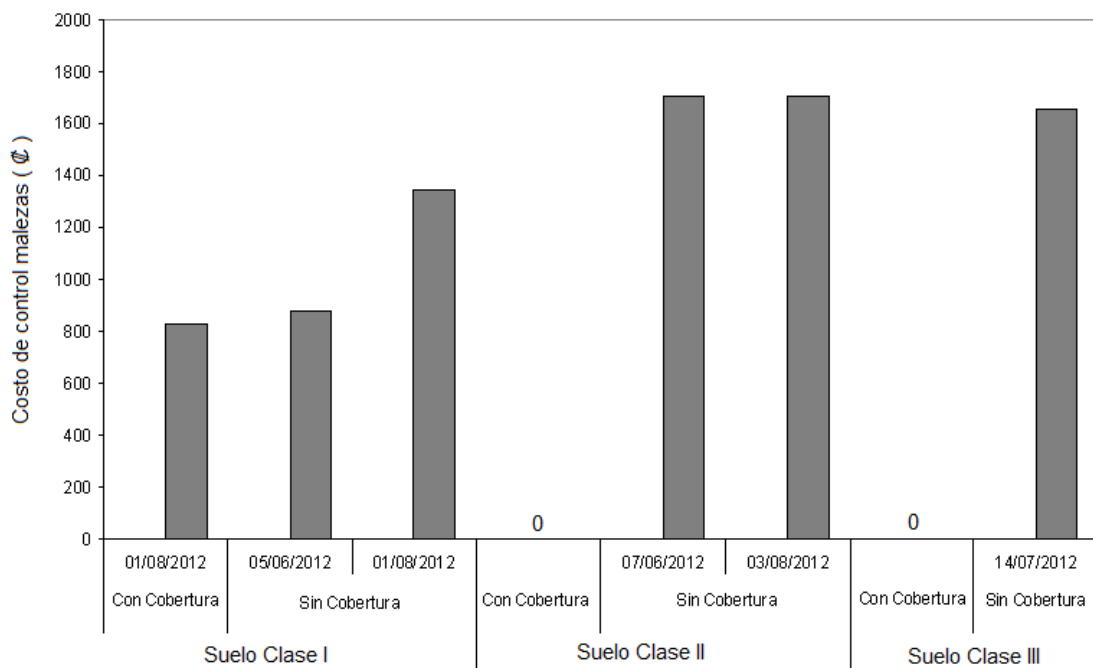


Figura 3. Costo del control de malezas en los suelos clase I, II y III con cobertura de *G. macropoda* y sin ella.

En el área de suelo que carecía de cobertura con oreja de ratón se encontró diversidad de malezas, pero predominó, el suelo descubierto y hojarasca con un 91% de cobertura (max=98%; min=34%; DE=39,5; n=39) (Fig. 4).

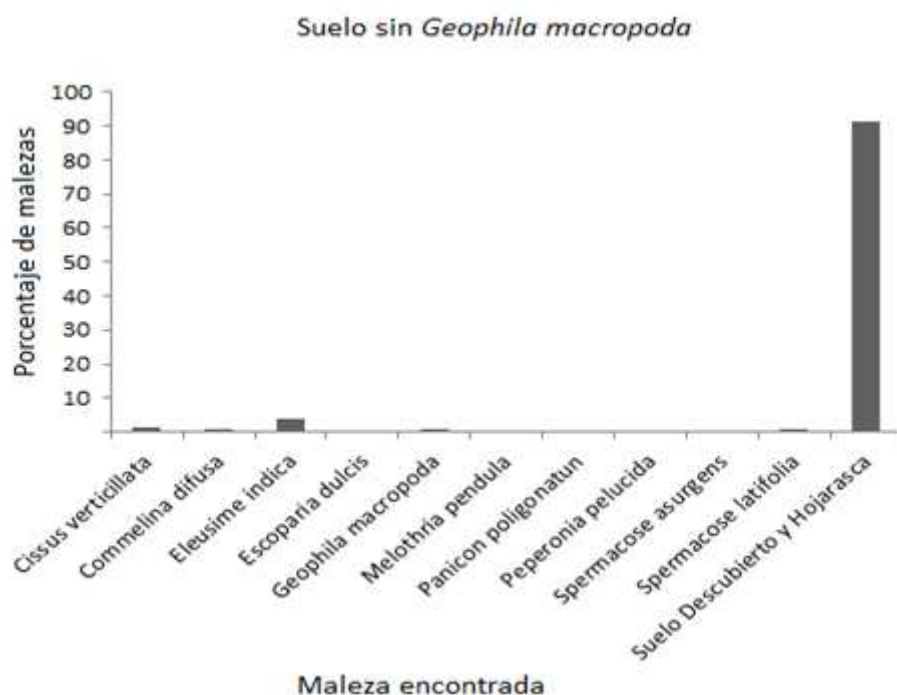


Figura 4. Porcentaje de malezas, encontradas en áreas sin cobertura de *G. macropoda*.

Discusión

En la finca bananera La Teresa se observaron cambios en la cantidad de precipitación reportada para las 12 semanas de estudio, situación debida a la posición geográfica que tiene Costa Rica, en la zona tropical norte del hemisferio occidental, donde el clima está influenciado por los vientos Los Nortes y los Alisios, que chocan casi perpendicularmente con el sistema montañoso costarricense con dirección este a noreste (Muñoz *et al.*, 2002). Esta finca bananera se ubica en la región del Caribe, donde los frentes del norte y los sistemas de alta presión en el Atlántico Norte hacen que los alisios soplen con más fuerza durante seis meses: desde noviembre hasta abril (Lizano, 2007). Además, no se presenta una época seca definida, lo que sucede es que durante febrero y abril y septiembre y

octubre se da una disminución relativa de la lluvia (Muñoz *et al.*, 2002) que oscila entre los 100 y 200mm (Quesada, 2008). La velocidad del viento en el Caribe se distribuye de manera regular y con valores casi constantes durante el año (Muñoz *et al.*, 2002), lo que determina una distribución promedio mensual de la precipitación similar para toda la vertiente, dándose las precipitaciones máximas entre julio y diciembre y las mínimas entre marzo y septiembre (Muñoz *et al.*, 2002), por influencia de los vientos denominados Los Nortes (Quesada, 2008).

La lluvia al chocar con el suelo causa su erosión (Vahrson & Palacios, 1993; Morgan, 1997) y entre mayor sea la precipitación mayor es el porcentaje de erosión que sufre el suelo (Pinilla & García, 2002; Ramos *et al.*, 2011) y se incrementa cuando el suelo no cuenta con cobertura vegetal (Pinilla & García, 2002; Ramos *et al.*, 2011). En nuestro estudio, los suelos sin cobertura de *G. macropoda* presentaron dos picos de erosión, uno a inicios de junio y el otro a finales de julio, lo cual coincide con los meses de máxima precipitación para la zona (Muñoz *et al.*, 2002). En las otras semanas de estudio, a pesar de haber existido la constante presencia de las lluvias, no se obtuvo gran cantidad de sedimento, por tratarse de lluvias de menor intensidad y cantidad. La erosión en suelos sin cobertura vegetal aumenta con las altas precipitaciones (Yglesias, 1997; Díaz *et al.*, 1999; Arias, 2007; Brenes, 2010) y, además, se ve favorecida por las prácticas agrícolas propias del cultivo: compactación por las acciones diarias de laboreo (Alvarado *et al.*, 2014) y ligeros movimientos de tierra (Guerrero & Rodríguez, 2002; MAG, 2010; CICAPE, 2011).

Cada vez más se reconoce la importancia de utilizar coberturas (arvenses) en los cultivos del banano (Pinilla & García, 2002; Ramos *et al.*, 2011). Se ha experimentado con *Geophila macropoda*, *Desmodium ovalifolium* y *Pilea* sp., porque tienen un crecimiento rastrero, adaptación a la sombra y al tránsito de las personas (Ramos *et al.*, 2011) y porque aportan ventajas al cultivo del banano: eliminación de malezas, disminución en el uso de herbicidas, baja erosión, mayor biomasa por área y no afectan los porcentajes nutricionales requeridos por el cultivo (Ramos *et al.*, 2011). También contribuyen a mejorar la infiltración del agua y la retención de humedad en el suelo; proporcionan alimento y refugio a la fauna silvestre (Labrada *et al.*, 1996; Guerrero & Rodríguez, 2002; Muñoz, 2012, inf. pers). Rescatando la erosión y el uso de *G. macropoda* como variables de nuestro estudio, se encontró que es en los suelos sin cobertura donde se presenta la mayor erosión y aumenta conforme se incrementa la precipitación (Hudson, 1982; Morgan, 1997; Soto, 2009; Guanica, 2010; Alvarado *et al.*, 2014). Las coberturas con arvenses como *G. macropoda*, amortiguan el golpe directo de las lluvias sobre el suelo, tienen raíces que amarran más las partículas, minimizan las actividades de control químico para combatir malezas, reducen la exposición del suelo a la erosión hídrica y eólica y disminuyen las escorrentías. Por lo tanto, la práctica

de suelos con cobertura cada vez toma mayor auge entre la plantación bananera (Hudson, 1982; Morgan, 1997; Martínez, 1998; Soto, 2009; Guanca, 2010).

Las malezas son uno de los problemas que se enfrentan en las plantaciones de banano (Pinilla & García, 2002; Ramos *et al.*, 2011), debido a que, principalmente en los primeros cinco meses del desarrollo del banano, compiten por luz, nutrimentos, agua y espacio. Esta competencia provoca un retardo en el crecimiento de las plantas de banano, plantas con pocos hijos, retraso de la floración que alarga el ciclo del cultivo, dificultan otras labores como la aplicación de fertilizantes, deshierbe, deshoje y cosecha (Pinilla & García, 2002), lo que conduce a pérdidas económicas importantes (Ramos *et al.*, 2011). Por lo tanto, se recurre al control mecánico, químico y biológico para eliminar las malezas (Pinilla & García, 2002; Ramos *et al.*, 2011). En la eliminación mecánica (manual) se requieren de cinco a seis deshierbas con una inversión aproximada de 15 jornaleros por hectárea, lo que aumenta los costos de producción (Ramos *et al.*, 2011). Consecuentemente, lo más común es recurrir al uso de herbicidas para su eliminación, práctica que también elimina la cobertura vegetal del suelo, favoreciendo el proceso erosivo (Ramos *et al.*, 2011).

Entre las prácticas del control biológico de malezas está el uso de arvenses como cobertura, uno de los recomendados es la oreja de ratón, *Geophila macropoda* (Es & Piesschaert, 1993; Araya & Cheves, 1997; Pinilla & García, 2002; Waele *et al.*, 2006; Vargas & Abdelnour, 2010; Ramos *et al.*, 2011). Esta planta ayuda a eliminar la aparición de malezas con el cultivo del banano (Ramos *et al.*, 2011) y protege al suelo contra la erosión, lo que reduce los costos de producción (Pinilla & García, 2002). Si aun así, aparecen malezas en los suelos con arvenses, se controlan fácilmente con técnicas manuales de nulo impacto al ambiente, sin necesidad de aplicar agroquímicos (Yglesias, 1997; Díaz *et al.*, 1999; Pinilla & García, 2002; Arias, 2007; MAG, 2008).

En las áreas del presente estudio que no cuentan con oreja de ratón como cobertura, existe un predominio de malezas y de hojarasca, situación que puede deberse a que en un suelo descubierto existen recursos disponibles (nutrientes, agua y espacio físico) para su desarrollo. Para su eliminación se recurrió al uso de herbicidas pues es una práctica común en dichas plantaciones (Muñoz, 2012; Ventura & Medina, 2012).

Conclusiones

Los suelos de clase I, II y III que cuentan con coberturas vegetales de *Geophila macropoda* y que reciben altas precipitaciones, presentan menor grado de erosión que aquellas mismas áreas sin esa cobertura.

En los suelos bananeros con cobertura de *G. macropoda* se disminuye la erosión causada por el agua superficial.

La presencia de *G. macropoda* desplaza otras especies vegetales como las malezas, por lo que se convierten en un valioso medio de control natural.

La ausencia de coberturas vegetales en la plantación ocasiona que las malezas sean combatidas mediante aplicaciones de herbicidas químicos que eliminan toda vegetación del suelo, lo que provoca suelos descubiertos y expuestos a las lluvias, lo que favorece su erosión.

Por la necesidad de aplicar herbicidas químicos en los sitios sin *Geophila macropoda*, se incurre en gastos económicos para la finca y se ven alteradas las condiciones propias del ecosistema bananero.

Recomendaciones

Ampliar la investigación a un periodo mayor de por lo menos un año, para que se pueda contar con más información y se pueda determinar en qué épocas se presenta la mayor erosión durante el año.

Realizar el estudio ampliando las variantes como grado de inclinación del suelo, variedad del cultivo, en área de cultivo conformada en domos y presencia de otras especies vegetales que podrían utilizarse.

Utilizar discriminadores de malezas (mecheros) para el control específico de malezas en las áreas que cuentan con coberturas de *Geophila macropoda* y evitar el daño de la especie en su propagación.

Divulgar los resultados de la investigación a fincas independientes para concientizar acerca de la pérdida de suelo y las oportunidades que presentan los arvenses para disminuir la erosión y combatir las malezas.

Ampliar el estudio a sitios con mayor área para conocer las diferencias económicas que se pueden presentar ante la presencia de coberturas vegetales dentro de los cultivos de banano en la zona de Pococí, Limón o sin ellas.

Referencias

- Agüero, R., Brenes, S & Rodríguez, A. 2008. Alternativas para el control químico de conde (*Syngonium podophyllum* Schott) en banano (Musa AAA). *Agronomía Mesoamericana*. 19(2), 285-289. Costa Rica.
- Alvarado, V., Bermudes, T., Romero, M. & Piedra L. 2014. Plantas nativas para el control de la erosión en taludes de ríos urbanos. *Spanish Journal of Soil Science*. San Jose, Costa Rica.
- Aparicio, J. 2003. Lluvias e inundaciones. Valencia, España. Consultado el 07 de diciembre del 2011. Disponible en: <http://www.iaem.es/GuiasRiesgos/Lluviaseinundaciones.pdf>
- Araya, M. & Cheves, A. 1997. Poblaciones de los nematodos parásitos del banano (*Musa aaa*), en plantaciones asociadas con coberturas de *Arachis pintoii* y *Geophilla macropoda*. *Agronomía Costarricense* 21(2): 217-220.
- Araya, H. 2014. Inclinación del suelo de finca Teresa 05. Guápiles, Pococí, Costa Rica. Investigador de la corporación bananera nacional, conversación personal
- Arias, A. 2007. Suelos tropicales. San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica.
- Blanco, Y. & Leyva, Á. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*, 28 (2), 21-28.
- Brenes, S. 2010. Alternativas para el manejo de sainillo (*Dieffenbachia oerstdii schott araceae*) en el cultivo de banano (Musa AAA). Tesis M.sc. Ciencias agrícolas y recursos naturales con énfasis en protección de cultivos. San Jose, Costa Rica.
- Bucheli, M. 1991. La crisis del enclave bananero del Magdalena en los 60s. *Revista Historia Crítica*. 5(1), 107-124. Colombia.
- Cervantes, C & Vahrson, W. 1992. Características físicas y pérdida de nutrimentos de las parcelas de erosión de cerbatana de Puriscal, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16(1), 99-106.
- Chacón, M. 2003. Historia y políticas nacionales de conservación. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Chamorro, J. 2011. Estadísticas de fincas al cierre año 2010. Cariari, Pococí, Costa Rica. Jefe allocation, unidad de soporte operativo, banacol de Costa Rica S.A. división banano, conversación personal

- Corbana, Corporación Bananera Nacional. 1990. Manual de procedimientos para presentación y realización de estudios detallados de suelos y clasificación de tierras para el cultivo del banano. San José, Costa Rica.
- Corbana, Corporación Bananera Nacional. 2011a. Mapa interactivo (en línea). San José, Costa Rica. Consultado el 09 de agosto del 2011. Disponible en: <http://www.corbana.co.cr>
- Cortés, G. 1994. Atlas Agropecuario de Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Díaz, J., Molina, J., Guharay, F., Zamora, M., Miranda, F. 6 Zeledón R. 1999. Manejo integrado de plagas en el cultivo de repollo (en línea). Managua, Nicaragua. Consultado el 13 de agosto del 2011. Disponible en: http://books.google.co.cr/books?id=PdUOAQAIAAJ&pg=PT71&dq=malas+cobertura+s+vivas&hl=es&ei=17xGTvH0LobUgQeJhNXDBg&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=4&ved=0CDkQ6wEwAw#v=onepage&q=malas%20coberturas%20vivas&f=false
- Es, K. & Piesschaert, F. 1993. *Geophila macropoda* (Ruiz et Pav.) DC., Prodr. 4: 537 (1830). *Psychotria macropoda* Ruiz et Pav., Fl. Peruv. 2: 63 (1799). Holotipo: Perú, Ruiz y Pavón s.n. (MA). *Fieldiana, Bot.* 33: 16.
- Guanca, A. 2010. Determinación de la erosión hídrica de los suelos de la cuenca del río Pilcomayo – Salta (en línea). Tesis (ing agr) Salta, Argentina. Consultado el 07 de Diciembre del 2011. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/prorenea/zonadescarga/erosion_h/TESES_Vanesa_Guanca.pdf
- Guerrero, M. & Rodríguez, M. 2002. Guía técnica cultivo de plátano (en línea). La Libertad, El Salvador. Consultado el 31 de marzo del 2014. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Platano.pdf>
- Hudson, N. 1982. Conservación del suelo (en línea). Editorial Reverté. Barcelona, España.
- ICAFFE, Instituto del café de Costa Rica. 2011. Guía técnica para el cultivo de café (en línea). Heredia, Costa Rica. Consultado el 31 de marzo del 2014. Disponible en: <http://www.icafe.go.cr/icafe/anuncios/documentos/GUIA%20TECNICA%20V10.pdf>
- IICA, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1989. Dinámica sobre poblaciones control de malezas en soja (en línea). Diálogo XXVI. Montevideo, Uruguay. Consultado del 23 de agosto del 2011. Disponible en: <http://books.google.co.cr/books?id=elKapbZp0NMC&pg=PA168&dq=oreja+de+raton+%2B+iica&hl=es&sa=X&ei=EqktT-LyLZHPgAeg77jwDw&ved=0CDoQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false>
- Kruiter, A. 1989. El banano en el norte de la zona atlántica de Costa Rica (en línea). Reporte No. 13. Turrialba, Costa Rica. Consultado el 07 de Agosto del 2011. Disponible en: http://books.google.co.cr/books?id=1csOAQAIAAJ&pg=PA2&dq=banano+en+costa+rica&hl=es&ei=obNATpDFLYPs0gGw1YzBCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false
- Labrada, R. Caseley, J y Parker, C. 1996. Manejo de Malezas para Países en Desarrollo (en línea). Roma, Italia. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Consultado el 03 de junio del 2012. Disponible en: http://www.musalit.org/pdf/IN050327_es.pdf
- Leguizamón, E. 2005. El monitoreo de malezas en el campo (en línea). Rosario, Argentina. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado el 15 de

julio del 2015. Disponible en:
<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/17/1AM17.htm>

- León, J. 2001. Estudio y control de la erosión hídrica (en línea). Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Forestales. Consultado el 30 de noviembre del 2011. Disponible en: www.bdigital.unal.edu.co/1753/1/9589352278.1.pdf
- Lizano, O. 2007. Climatología del viento y oleaje frente a las costas de Costa Rica. Escuela de Física, Universidad de Costa, San José, Costa Rica. Ciencia y Tecnología, 25 (1-2): 43-56.
- MAG, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2008. Buenas prácticas agropecuarias; Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.
- MAG, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2010. Manual para las buenas prácticas agrícolas en la producción de piña (en línea). San José, Costa Rica. Consultado el 31 de marzo del 2014. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00184.pdf>
- Martínez, A. 1998. El cultivo de plátano en los llanos orientales (en línea). Villaveencia Meta, Colombia. Editorial siglo XX.
- Moreno, J. Blanco, C. y Mendoza, R. 2009. Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano en la región del Magdalena (en línea). Medellín, Colombia. Consultado el 11 de agosto del 2011. Disponible en: <http://cep.unep.org/repicar/proyectos-demostrativos/colombia-1/publicaciones-colombia/cartilla-banano-definitiva.pdf>
- Morgan, R. 1997. Erosión y conservación del suelo. Editorial Aedos. Madrid, España.
- Muñoz, A.C., Fernández, W., Gutiérrez, J.A. & Zárate, E.. 2002. Variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Top. Meteor. Oceanog. 9 (1) 1-13.
- Muñoz, F. 2012. Costo control de malezas en finca Teresa 05. Pococí, Costa Rica. Administrador de Compañía Bananera La Teresa S.A finca 05, conversación personal
- Murillo, A. 1998. Incidencia de las políticas de importación de la Unión Europea (UE) sobre el desempeño económico y productivo de la actividad bananera de Costa Rica (en línea). Tesis (Mag Sc). Turrialba, Costa Rica. CATIE. Consultado el 08 de agosto del 2011. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0465E/A0465E.PDF>
- Núñez, J. 2001. Manejo y conservación de suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Pakkasvirta, J. 2005. ¿Un continente una nación?, Intelectuales latinoamericanos comunidad política y las revistas culturales en Costa Rica y el Perú (1919 – 1930). Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Pinilla, C. & García, J. 2002. Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano (*Musa AAA*). ACROBAT. Memorias XV Reunión. Cartagena de Indias, Colombia, 222-235.
- Pound, B. 2003. Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América Latina (en línea). Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. Roma, Italia.

Consultado el 13 de agosto del 2011. Disponible en:
<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/pound7.pdf>

- Quesada, M.E. 2008. Distribución interestacional de la precipitación en la región extremo oeste de la Depresión Tectónica Central de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Revista Pensamiento Actual, 8 (10-11): 24-30
- Ramos, O., Vaquero, R., León, R. & Ayuso, F. 2011. Efecto de tres especies de cobertura viva en el control de malezas en una plantación de banano orgánico (*Musa aaa* cv. Williams). Tierra Tropical, 7 (1): 1-10.
- RepCar, Reduciendo el Ecurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe. 2000. Informe Nacional: Costa Rica (en línea). Informe Nacional Proyecto GEF PDF-B. San José, Costa Rica. Consultado el 06 de agosto del 2012. Disponible en:
<http://cep.unep.org/repcar/acerca-del-proyecto/documentos-ante-proyecto/costa-rica-final-report.pdf/view>
- Rodríguez, A. & Agüero, R. 2000. Identificación de malezas trepadoras del banano (*musa* sp.) en la zona caribe de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. 11 (1): 123-125.
- Rodríguez, A. & Agüero, R. 2011. Dinámica poblacional de *panicum polygonatum* y *axonopus micay* bajo combate con herbicidas y chapea, en una plantación bananera. Agronomía Mesoamericana. 22 (1): 117-122.
- Rodríguez, E. 2004. Costa Rica en el siglo XX (en línea). San José, Costa Rica. Consultado el 04 de julio del 2012. Disponible en:
http://books.google.co.cr/books?id=wladNRT1mawC&pg=PA328&lpg=PA328&dq=efectos+positivos+del+banano+en+costa+rica&source=bl&ots=7l-lyMLnN6&sig=ltjn8yhu9BctXT1DHuKTHHVWpEQ&hl=es&sa=X&ei=jw71T_MJgpD2BLD93eQG&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=efectos%20positivos%20del%20banano%20en%20costa%20rica&f=false
- Rojas, F. & Agüero, R. 1996. Malezas asociadas a canales de riego y terrenos colindantes de arroz anegado en finca el Cerrito. Guanacaste, Costa Rica.
- Rojas, F., Bermúdez, G. & Jiménez, Q. 2006. Plantas ornamentales del trópico. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 40 p.
- Romero, A. 2002. La erosión en la región de Murcia (en línea). Murcia, España. Consultado el 11 de agosto del 2011. Disponible en: http://books.google.co.cr/books?id=h-y27LtBG-AC&pg=PA13&dq=consecuencias+de+la+erosi%C3%B3n&hl=es&ei=WgZETta-Bo7YiAK0tIG8Ag&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCKQ6AEwAA#v=onepage&q=consecuencias%20de%20la%20erosi%C3%B3n&f=false
- Salguero, M. 2007. Caminos y veredas de Costa Rica (en línea). San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. Consultado el 07 de julio del 2012. Disponible en:
<http://books.google.co.cr/books?id=kl64F2nDJRkC&pg=PA225&lpg=PA225&dq=cuadrante+bananero&source=bl&ots=1gllRuzakx&sig=fLukxGYCFkhr0M-Wexyel4Mgiic&hl=es&sa=X&ei=-Jr4T9GCKob68gSH2a3rBg&ved=0CEgQ6AEwBQ#v=onepage&q=cuadrante%20bananero&f=false>
- Samuels, J. & Segura, R. 2010. Estudio detallado de suelos de finca Teresa 05. Corporación Bananera Nacional (CORBANA). La Rita, Pococí.

- Sánchez, V. 2002. Control biológico de malezas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 65 (1): 118-119.
- Somarriba, M. 2005. Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica (en línea). Documento No. 592, Serie Técnica 5/2005. Managua, Nicaragua.
- Soto, E. 2008. Informe anual de investigaciones 2008. Corporación Bananera Nacional (CORBANA). San José, Costa Rica.
- Soto, E. 2009. Informe anual de investigaciones 2009. Corporación Bananera Nacional (CORBANA). San José, Costa Rica.
- Vahrson, W. & Palacios, G. 1993. Datos complementarios de erosión, escorrentía y pérdida de nutrimentos en Cerbatana de Puriscal: resultados 1991. Agronomía Costarricense 17(2), 95-98.
- Vallejos, C. & Velázquez, J. 1998. Evaluación de especies leguminosas como cultivos de cobertura y barreras vivas en el control de la erosión en cafetales jóvenes (en línea). Tesis (Ing Agr). Matagalpa, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Consultado el 06 de diciembre del 2011. Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp36v182.pdf>
- Vaquerano, B., Arguedas, H. & Carrillo, W. 2002. Intoxicaciones por plaguicidas en Costa Rica Informe Epidemiológico 2001 (en línea). Proyecto Plagsalud (OPS/OMS-Danida) San José, Costa Rica. Consultado el 27 de julio del 2011. Disponible en: http://www.evb.ch/cm_data/Intoxicaciones_in_Costa_Rica.pdf
- Vargas, Ma. del P. & Abdelnour, A. 2010. Cultivo in vitro de *Geophila macropoda* (Ruiz & Pav. DC) a partir de embriones cigóticos. Agronomía Mesoamericana, 21 (1): 73-83.
- Ventura, L. & Medina, J. 2012. Malezas (en línea). Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas. Chiapas, México. Consultado el 04 de junio del 2012. Disponible en: <http://blog.unach.mx/l101057/files/2012/02/MALEZAS-2012-DE-LIZBETH.pdf>
- Villalobos, G. 2006. Mundo laboral y vocabulario bananero en el Pacífico Sur de Costa Rica (en línea). San José, Costa Rica. Consultado el 08 de agosto del 2011. Disponible en: http://mc.enlaceacademico.org/uploads/media/Mundo_laboral_y_vocabulario_banane-ro.pdf
- Waele, D., Stoffelen, R & Kestemont, J. 2006. Efecto de cultivos asociados sobre nematodos Bugtok y Moko: un elemento patógeno, dos enfermedades Inoculación combinada de hongos endofíticos Variantes somaclonales Bananos ricos en micronutrientes. Revista InfoMusa. 15 (1-2): 1- 5. Francia.
- Yepes, J. 2012. Beneficios para las comunidades del entorno bananero. Matina, Costa Rica. Director de Fundación Social de Banacol Costa Rica (CORBANACOL), conversación personal.
- Yglesias, J. 1997. Primer taller internacional sobre control biológico y producción integrada en el cultivo de banano. Guácimo, Costa Rica.