



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



Vol. XXXII, No. 1



Guatemala,  
Enero - Junio 2014

**Facultad de Agronomía**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Junta Directiva**

Dr. Lauriano Figueroa Quiñónez	<b>Decano</b>
Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo	<b>Secretario Académico</b>
Dr. Ariel Abderramán Ortiz López	<b>Vocal I</b>
Ing. Agr. Marino Barrientos García	<b>Vocal II</b>
Ing. Agr. Raúl Erberto Alfaro	<b>Vocal III</b>
P. Forestal Sindi Benita Simón Mendoza	<b>Vocal IV</b>
Br. Sergio Alexander Soto	<b>Vocal V</b>

**Consejo Editorial**

Dr. Hugo Cardona Castillo (Presidente)  
Pdsta. Dennis Escobar Galicia (Secretario)  
Dr. Pablo Prado  
MSc. Manuel Martínez Ovalle  
Ing. Agr. Edgar Ríos Muñoz  
Br. Camilo José Wolford

Revista  **tikal**  
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](mailto:comited.agro@usac.edu.gt)

Editor:  
Dennis Orlando Escobar Galicia

# PRESENTACIÓN

Revista TIKALIA (Volumen XXXII No. 1-2014, enero-junio), publicación científica semestral de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, contiene los artículos siguientes:

**“Estimación de la erosión hídrica en la parte alta de la zona cañera microcuenca Los Sujuyes, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Escuintla”** de Alma Lizeth Santos Pérez, Luis Enrique Reyes García, Marvin Roberto Salguero Barahona y José Horacio Ramírez Pérez. En esta investigación se estimó la pérdida de suelo por proceso de erosión hídrica en la microcuenca Los Sujuyes (parte alta de la zona cañera de Guatemala) por medio de un análisis temporal y espacial, utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM) y su validación por medio de parcelas de escurrimiento.

**“Evaluación de la dinámica nutrimental de NPK en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. híbr. *Deep purple* F1) en la finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala”** de Iván Dimitri Santos Castillo y Stephany Mariam García Nova. En este estudio se evaluó la demanda nutrimental en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. híbr. *Deep purple* F1) mediante muestras programadas durante las etapas fenológicas del cultivo, como base para ajustar las épocas de aplicación de fertilizantes bajo las condiciones del lugar.

**“Aplicación de técnicas estadísticas multivariadas para el agrupamiento de materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.)”** de Ana Julia Righetto, Luiz Ricardo Kakamura, Ezequiel López Bautista y Carlos Tadeu dos Santos Dias. En este artículo se presenta una aplicación de técnicas estadísticas multivariadas (análisis factorial y de agrupamiento) para clasificar 20 materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de diversos países, localizados en el Centro de Agricultura “Bulbuxyá” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el municipio de San Miguel Panán, departamento de Suchitepéquez, Guatemala.

**“Tasa Social de Descuento: una estimación para Guatemala”** de Hugo Cardona Castillo y Claudio Francisco Rodríguez Carrillo. En este estudio se estima la tasa social de descuento para Guatemala. Para el efecto se estima el promedio ponderado entre la Tasa de Preferencia Inter-Temporal del Consumo ( $rTIPIC$ ) y el Costo de Oportunidad del Capital ( $rCOC$ ) más el costo de oportunidad del ahorro externo ( $Cm_{gx}$ ).

El Consejo Editorial manifiesta su agradecimiento al ingeniero agrónomo Marvin Alfonso Romero Santizo por su colaboración en la edición de la presente revista.

**Los editores.**

# CONTENIDO

- 7 **Estimación de la erosión hídrica en la parte alta de la zona cañera microcuenca Los Sujuyes, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala**

*Alma Lizeth Santos Pérez  
Luis Enrique Reyes García  
Marvin Roberto Salguero Barahona  
José Horacio Ramírez Pérez*

---

- 27 **Evaluación de la dinámica nutrimental de NPK en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) en la finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala**

*Iván Dimitri Santos Castillo  
Stephany Mariam García Nova*

---

- 47 **Aplicación de técnicas estadísticas multivariadas para el agrupamiento de materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.)**

*Ana Julia Righetto  
Luiz Ricardo Nakamura  
Ezequiel López Bautista  
Carlos Tadeu dos Santos Dias*

---

- 63 **Tasa Social de Descuento: una estimación para Guatemala**

*Hugo Cardona Castillo  
Claudio Francisco Rodríguez Carrillo*

---





## **Estimación de la erosión hídrica en la parte alta de la zona cañera microcuenca Los Sujuyes, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala**

**Autores:**

*Alma Lizeth Santos Pérez<sup>1</sup>*

*Luis Enrique Reyes García<sup>2</sup>*

*Marvin Roberto Salguero Barahona<sup>3</sup>*

*José Horacio Ramírez Pérez<sup>3</sup>*

Recibido en el CEA el 28 de marzo de 2014. Aprobado el 22 de abril de 2014.

<sup>1</sup> *Estudiante tesista de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.*

<sup>2</sup> *Asesor (Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático).*

<sup>3</sup> *Asesores (Profesores investigadores de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala).*

## Resumen

Por medio de un análisis temporal y espacial, utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada, EUPSM o MUSLE (por sus siglas en inglés) y su validación por medio de parcelas de escurrimiento, se estimó la pérdida de suelo por procesos de erosión hídrica, en la microcuenca Los Sujuyes (parte alta de la zona cañera de Guatemala). Se instalaron cuatro parcelas de escurrimiento en distintas ubicaciones dentro de la microcuenca, cada una con diferente cobertura vegetal del suelo: cultivo de caña de azúcar, plantación forestal de eucalipto y una plantación de hule. Mediante un sistema de información geográfica se realizó una modelación de la erosión. Los resultados mostraron que los factores cobertura y prácticas de conservación de suelos contribuyen a reducir la erosión. Las tasas de erosión estimadas mediante parcelas de escurrimiento y Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM o MUSLE) para los diferentes usos de la microcuenca, se encuentran, según la clasificación de la FAO, en un nivel de erosión moderada, siendo el área bajo la cobertura de caña de azúcar la que presentó la mayor tasa de erosión, seguida del área bajo la cobertura de eucalipto y finalmente el área bajo la cobertura de hule. Según características físicas de los suelos de la microcuenca, estos presentaron un alto porcentaje de porosidad y una clase textural de tipo gruesa, las cuales les brindan una alta permeabilidad y como consecuencia una escorrentía superficial menor al 10% de la precipitación total y erosión hídrica moderada. La microcuenca Los Sujuyes vista

como un sistema y separada en tres subsistemas de producción refleja en términos generales un manejo adecuado no solo del recurso suelo sino también de las variables que afectan la erosión hídrica, a saber: uso de la tierra, pendiente y cobertura (época de siembra y de corte).

**Palabras clave:** Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Suelos, Caña de Azúcar, Erosión hídrica, Parcelas de escurrimiento, MUSLE, SIG.

## **Abstract**

Through a temporal and spatial analysis using the Universal Equation of Soil Loss Amended, EUPSM or MUSLE (for its acronym in English) and validation plots by runoff, soil loss was estimated by erosion water in the watershed Los Sujuyes (upper part of the sugarcane area of Guatemala). Cultivation of sugarcane, eucalyptus forest plantation and rubber plantation, four runoff plots in different locations within the watershed, each with different ground cover were installed. Using a Geographic Information System one of the erosion modeling was performed. The results showed that the coverage factors and soil conservation practices help reduce erosion. Erosion rates estimated using runoff plots and Universal Loss Equation Modified Soil (EUPSM or MUSLE) for different uses of the watershed, are, according to the FAO classification, a moderate level of erosion, with the area under the cover of sugarcane which had the highest rate of erosion, followed by the area under the cover of eucalyptus and finally the area under the rubber cover. According physical soil characteristics of the watershed, these showed a high percentage of porosity and coarse textural class type, which provide them a high permeability and result in surface runoff less than 10% of total precipitation and moderate water erosion. The watershed Los Sujuyes seen as a system and separated into three subsystems production broadly reflects appropriate management not only of soil resources but also the variables that affect water erosion, namely land use, slope and coverage (sowing and cutting).

## **Keywords**

Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Soils, Sugar Cane, Water erosion, Runoff plots, MUSLE, SIG.

## Introducción

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 éstos, 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 (Guioteca 2012).

En 2009, según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en Guatemala se perdieron 149 millones de toneladas métricas de suelo fértil debido a erosión hídrica; considerando que los suelos de la vertiente del Pacífico son los más erosionados, por presentar esta área una alta actividad agrícola.

Métodos de control de erosión como las terrazas o las curvas a nivel están dirigidos a aumentar la estabilidad de la materia orgánica en la superficie del suelo con una cobertura vegetal, residuos de plantas y otros; por lo tanto, una disminución de la erosión contribuirá también al manejo del carbono en el suelo (FAO 2002).

La agroindustria azucarera de Guatemala, específicamente los ingenios Pantaleón, La Unión, Madre Tierra, entre otros, están implementando prácticas de conservación de suelos para evitar su erosión. Actualmente en conjunto con el Instituto Investigación sobre el Cambio Climático –ICC– se han realizado evaluaciones de acequias de ladera, en la microcuenca Los Sujuyes, como prácticas de conservación de suelos, las cuales han contribuido a la disminución de la velocidad

de la escorrentía, aumentando el volumen de infiltración y la retención del suelo (ICC, 2012).

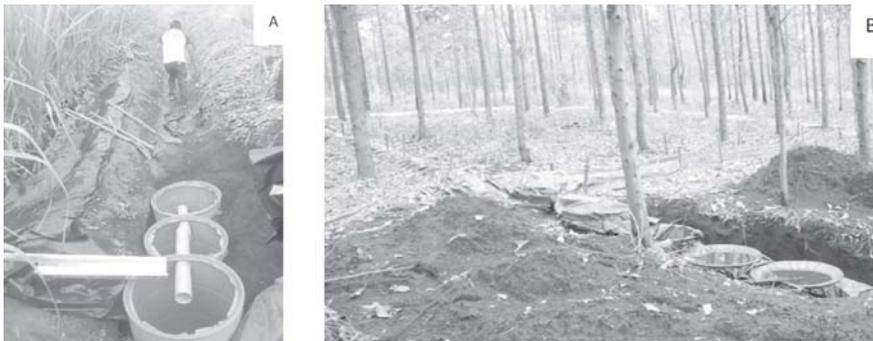
El estudio se desarrolló en los meses de mayo a octubre (época lluviosa) de 2013. El objetivo de esta investigación fue estimar la cantidad de suelo perdido por procesos de erosión hídrica en la microcuenca Los Sujuyes, ubicada en la parte alta de la zona cañera, utilizando parcelas de escorrentía, distribuidas en diferentes ubicaciones y usos de la tierra (cultivo de caña de azúcar, plantación forestal de eucalipto y cultivo de hule). Los resultados obtenidos de las parcelas de escorrentía se validaron con la ecuación universal de pérdida del suelo modificada, EUPSM o MUSLE (por sus siglas en inglés), mismos que fueron modelados utilizando un sistema de información geográfica.

Para la industria azucarera el desarrollo de esta investigación es estratégico, debido a que los datos obtenidos sobre la erosión del suelo y los factores que la controlan, servirán de base para sugerir prácticas de conservación de suelos que tiendan a la rehabilitación de otras áreas que estén dentro de la parte alta de la zona cañera, tanto bajo la cobertura de caña de azúcar como también coberturas forestales. Estas prácticas contribuirán a reducir la erosión, controlar las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas, evitar la contaminación del recurso agua, reducir las tasas de sedimentación e inundaciones en las zonas bajas de las cuencas, reducir la emisión de dióxido de carbono y limitar los daños a los cultivos por derrumbes.

## **Materiales y métodos**

### **Determinación del suelo erosionado a través de un método directo (parcelas de escurrimiento) y un método indirecto (MUSLE).**

En el suelo cultivado con caña de azúcar se instalaron dos parcelas de escurrimiento con un área de 75 m<sup>2</sup> (10 m de largo y 7.5 m de ancho), (Chamorro Batres, 2007; Carrera Escobar, 2007). Debido a los distanciamientos de siembra de los árboles de eucalipto y hule y con el objetivo de obtener una mejor representatividad de la cobertura de los mismos en estas parcelas, el área fue de 150 m<sup>2</sup> (15 m de largo y 10 m de ancho). Para delimitar las parcelas se utilizó plástico negro calibre 8 milésimas. El sistema colector de sedimentos y agua constó de una batería de 3 a 4 recipientes plásticos de 204 litros (figura 1).



**Figura 1:** Parcelas de escurrimiento: A) Sistema colector de sedimentos y agua en cultivo de caña de azúcar y B) Sistema colector de sedimentos y agua en plantación forestal (eucalipto).

Los registros de la precipitación se obtuvieron diariamente por medio de pluviómetros instalados en el área de estudio. Los sedimentos y agua acumulados en los recipientes se colectaron después de un evento de lluvia mayor a 10 mm. Se tomaron 600 ml de material retenido en este caso agua y sedimentos por recipiente colector, eliminando el resto de material para el siguiente evento de lluvia. Las muestras se trasladaron al laboratorio de CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT.), donde posteriormente fueron analizadas para obtener los gramos de suelo erosionado (en peso suelo seco) por cada evento de lluvia, los cuales fueron transformados matemáticamente a las unidades de toneladas por hectárea (T/Ha).

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada, MUSLE, por sus siglas en inglés -Modified Universal Soil Loss Equation- fue adoptada por Williams (1975). MUSLE es un modelo de parámetros “agrupados” que estima el rendimiento de sedimento de cuencas para un evento pluvioso único. Utiliza un factor de escurrimiento para reemplazar el factor de energía pluviosa del USLE (FAO, s.f.). Está dada por la siguiente ecuación:

$$Y = 11,8(Q \times qp)^{0,56} \times K \times L \times S \times C \times P$$

Donde:

Y: es el rendimiento de sedimento de la cuenca en toneladas métricas. Q: volumen de escurrimiento por tormenta, m<sup>3</sup>. qp: es la velocidad máxima del caudal, m<sup>3</sup>/seg. K: El factor susceptibilidad de erosión del suelo, es la tasa de pérdida de suelos por unidad para un suelo específico, medido en una porción de terreno estándar (22.13 m de largo, 9% pendiente, en barbecho y labranza continua). L: El factor de largo de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos en el largo de la pendiente específica con respecto a un largo de pendiente estándar (22.13 m). S: El factor de magnitud de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos de una superficie con una pendiente específica con respecto a aquella en la pendiente estándar de 9%, con todos los otros factores idénticos. C: El factor cubierta y manejo, es la proporción de pérdida de suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una superficie idéntica en barbecho, con labranza continua. P: El factor de prácticas de apoyo de conservación, es la proporción de pérdida de suelo con una práctica de apoyo como cultivo en contorno, barreras vivas, o cultivo en terrazas, con respecto a aquella labranza en el sentido de la pendiente.

Para obtener la cantidad de suelo erosionada por evento de lluvia en unidades de toneladas por hectárea (T/Ha) se utilizó el volumen de escurrimiento por tormenta en milímetros (mm) y la velocidad máxima del caudal en milímetros por hora (mm/h), esto según Díaz Herrero; Laín Huerta y Llorente 2008.

## **Modelación de la erosión hídrica a través de un sistema de información geográfico.**

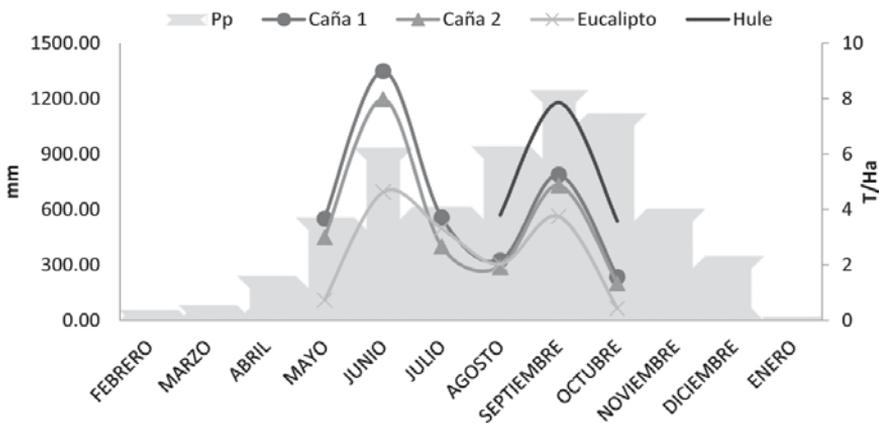
Se utilizó la herramienta SIG ArcGis 10<sup>®</sup> de ESRI, donde se utilizaron las siguientes aplicaciones: ArcMap, ArcToolbox y ArcCatálogo. La información espacial en formato digital empleada como punto de partida se obtuvo de diversas fuentes: Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático (ICC), Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANÑA), Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) e Ingenio Pantaleón.

Para implementar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (MUSLE) en ArcGis 10<sup>®</sup> se calculó por separado cada uno de los factores que la integran mediante una serie de operaciones, esto permitió a posteriori operar con todas las capas resultantes para obtener la cartografía de riesgo de erosión potencial y erosión actual.

### **Resultados y discusión**

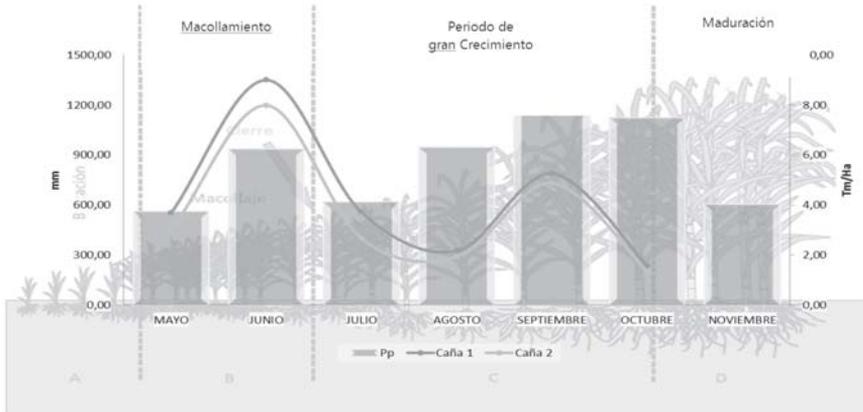
#### **Cantidad de suelo erosionado**

Las cantidades de suelo erosionadas obtenidas a través de las parcelas de escurrimiento y la variación de la precipitación se muestran en la figura 2, donde se observa que los tres primeros meses (mayo a junio) suman la mayor cantidad de suelo erosionado, debido a las condiciones de humedad del suelo (seco).



**Figura 2:** Variación de las cantidades de suelo erosionado y precipitación, microcuenca Los Sujuyes (2013).

Este sistema de producción de caña de azúcar integra varios factores que contribuyen a la protección de los suelos de la parte alta de la zona cañera. Como se observa en la figura 3, los primeros tres meses son los que presentan una tasa de erosión mayor debido a que los suelos se encuentran secos y sueltos, lo que los hace susceptibles a la erosión hídrica provocada por las primeras lluvias, sin embargo para esta fecha el suelo cuenta con la protección del cultivo en sus primeras fases fenológicas y el suelo erosionado es retenido en las acequias de ladera.



**Figura 3:** Comportamiento de la erosión hídrica en el cultivo de caña de azúcar. Relación erosión-fenología-precipitación, Año hidrológico 2013. Fondo: Romero, Digonzelli y Scandalarias 2009.

Se puede verificar también que a partir del mes de agosto las precipitaciones son mayores, contrario a las cantidades de suelo erosionado, debido fundamentalmente al estado fenológico del cultivo. Al realizar el análisis de regresión se observó que no existe relación entre los datos de erosión obtenidos a través de MUSLE y las parcelas de escurrimiento (coeficiente de covarianza de 0.0027).

## **Modelación de la erosión hídrica a través de un sistema de información geográfico.**

Con los valores obtenidos del raster se generó el mapa de erosión potencial y actual, para la Microcuenca Los Sujuyes, con los que se clasificó la tasa de erosión según la FAO, 1997, obteniendo así los siguientes resultados:

La erosión potencial (figura 4) muestra que el 45% de su superficie perdería de 50 a 200 T/Ha/año de suelo, es decir que 143.86 hectáreas son susceptibles a sufrir erosión fuerte, mientras que el 24% de la superficie es susceptible a sufrir una erosión muy fuerte (> 200 T/Ha/año).

Un panorama totalmente diferente se observa en la erosión actual (figura 5) dónde el 94% de la superficie (298.77 ha) presentan una tasa de erosión menor a 10 T/Ha/año esto gracias a la protección que supone la cobertura del suelo y las prácticas mecánicas con las que cuenta el área de caña de azúcar (acequias de ladera y cultivos a curvas a nivel), y el cultivo forestal y el bosque mixto (curvas a nivel).

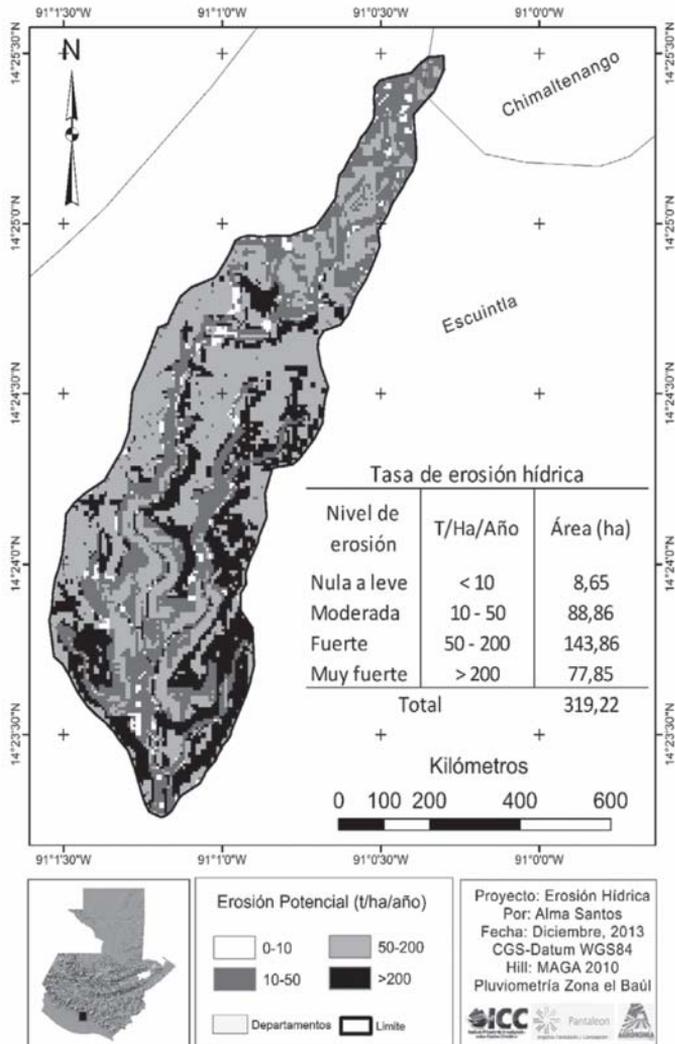


Figura 4: Mapa de erosión hídrica potencial.

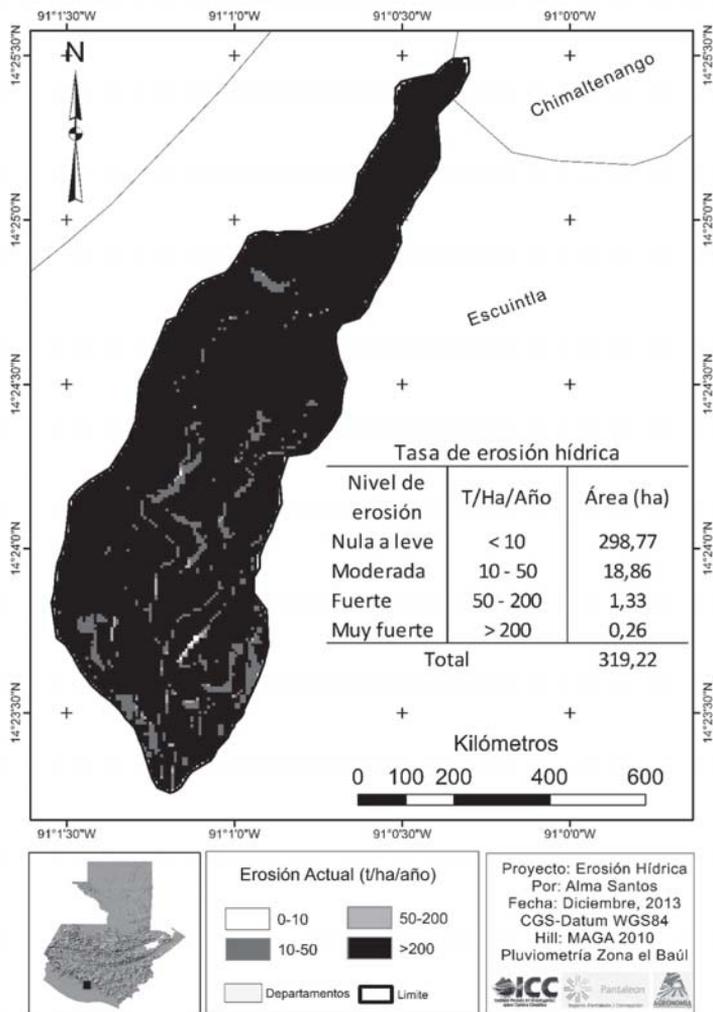


Figura 5: Mapa de erosión actual (2013).

## Conclusiones

- A. Las tasas de erosión estimadas para los diferentes usos de la microcuenca los Sujuyes, a través de las parcelas de escurrimiento y la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM o MUSLE), se encuentran, según la clasificación de la FAO, en un nivel de erosión moderada, siendo el área bajo la cobertura de caña de azúcar la que presenta la mayor tasa de erosión, seguida del área bajo la cobertura de eucalipto y finalmente el área bajo la cobertura de hule, ya que para esta última área se considera la tasa de erosión de agosto a octubre.
- B. Según características fisicoquímicas de los suelos de la microcuenca Los Sujuyes, estos presentan un alto porcentaje de porosidad y una clase textural de tipo gruesa, las cuales les brindan una alta permeabilidad y consecuentemente una escorrentía superficial menor al 10% de la precipitación total y erosión hídrica moderada.
- C. La microcuenca Los Sujuyes, vista como un sistema y separada en tres subsistemas de producción, refleja en términos generales un manejo adecuado no solo del recurso suelo sino también de las variables que afectan la erosión hídrica, a saber: uso de la tierra, pendiente y cobertura (época de siembra y de corte).

## **Agradecimiento a:**

ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, GT).

Ingenio Pantaleón.

Laboratorio agronómico de CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT).

Programa de becas de SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, GT).

Dr. Iván Dimitri Santos, Lic. Mamerto Reyes, Ing. Agr. Kelder Alexis Ortiz e Ing. Agr. Rolando Aragón.

## Bibliografía recomendada

1. Almorox, AJ. 2010. La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación. Murcia, Universidad de Murcia. 384 p.
2. CENGICANÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala. 512 p.
3. Díaz Herrero, A; Laín Huerta, L; Llorente, I. 2008. Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones: guía metodológica para su elaboración. España, Instituto Geológico y Minero de España. 190 p.
4. 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.
5. Escalante, S. 2005. La medición de sedimentos en México. Tabasco, México, IMTA-UJAT. 318 p.
6. FAO, IT. 1997a. Capacitación sobre el manejo y conservación de suelos. Nigeria, IITA. 225 p.
7. Hudson, N. 1982. Conservación de suelos. España, Reverté. 352 p.
8. INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI); CONSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, NI). 2005. Erosión hídrica: mapas de amenazas, recomendaciones técnicas para su elaboración: proyecto MET-ALARN. Managua, Nicaragua. 52 p.
9. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2009. Informe ambiental del estado: GEO Guatemala. Guatemala, MARN. 286 p.
10. PHI-LAC (Programa Hidrológico Internacional de Unesco para América Latina y el Caribe, UY). 2010. Procesos de erosión-sedimentación en cauces y cuencas. Montevideo, Uruguay, UNESCO. 144 p.
11. PROCISUR (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario Agroindustrial del Cono Sur, MV). 2001. Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. 450 p.
12. Rfo, J. 2012. Cálculo de producción de sedimentos en la subcuenca del río Ahuehuepan, Taxco Guerrero. México, Universidad de Chapingo. 90 p.
13. Unité Hydrographique Aquin, Saint Luis du Sud, FR. 2012. Rapport de l'étude ser l'érosion des sols MUSLE. Francia. 26 p.
14. Villalobos Araya, M. 2005. Diseño de drenaje superficial. Costa Rica, Universidad Tecnológica de Costa Rica. 92 p.
15. Villón Béjar, M. 2006. Drenaje. Costa Rica, Universidad Tecnológica de Costa Rica. 554 p.





## **Evaluación de la dinámica nutrimental de NPK en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) en la finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala.**

**Autores:**

*Iván Dimitri Santos Castillo*<sup>1</sup>  
*Stephany Mariam García Nova*<sup>2</sup>

Recibido en el CEA el 18 de marzo de 2014. Aprobado el 22 de abril de 2014.

<sup>1</sup> Asesor. Profesor Titular de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

<sup>2</sup> Estudiante tesista de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

## Resumen

Se evaluó la demanda nutrimental en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hybr. *Deep purple* F1), mediante muestreos programados durante las etapas fenológicas del cultivo, como base para ajustar las épocas de aplicación de fertilizantes bajo las condiciones de este lugar. Se determinó que el cultivo absorbe en orden de importancia los nutrientes: Potasio, Nitrógeno, Calcio, Fósforo y Magnesio. En cuanto a las etapas de máxima absorción de N, P, K, en la raíz se reportó entre los 60 y 72 días después de siembra y en las hojas entre los 36 y 48 días después de siembra. Asimismo, se determinó que hasta los 72 días después de siembra, el cultivo necesita 110 Kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 66 Kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo y 166 Kg.ha<sup>-1</sup> de potasio, los cuales deberán ser suministrados en los puntos críticos que muestran las curvas de absorción

**Palabras clave:** Dinámica nutrimental, zanahoria morada (*Daucus carota* L. hybr. *Deep purple* F1), fertilizante.

## Abstract

The nutritional demand of purple carrot crop (*Daucus carota* L. Hybrid - Deep purple F1) was evaluated by scheduled samplings throughout the phenological stages of the crop, as a basis to adjust the times of fertilizer application under the conditions of this place. It was determined this crop absorbs the nutrients in the following order of importance: Potassium, Nitrogen, Calcium, Phosphorus and Magnesium. As the maximum N, P, K absorption stages at roots was reported between 60 and 72 days after planting, and at the leaves, between 36 and 48 days after planting. It was also found that up to 72 days after planting; the cultivation needs 110 Kg.ha<sup>-1</sup> nitrogen, 66 phosphorus Kg.ha<sup>-1</sup> and 166 Kg.ha<sup>-1</sup> potassium, which must be supplied in the critical points showed on absorption curves.

**Keywords:** Nutrient dynamics, Purple carrot (*Daucus carota* L. Hybrid - Deep purple F1), Fertilizer.

## Introducción

Guatemala dedica un alto porcentaje de sus tierras cultivables a la producción de hortalizas, entre estas, el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). El cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) es de importancia económica, dado que la producción del país se exporta a los Estados Unidos y Europa.

El objetivo de la nutrición es mantener o aumentar la productividad de los cultivos; es importante que el cultivo sea nutrido de forma balanceada y con un programa específico para el mismo. Los estudios de absorción, permiten conocer la cantidad de un nutriente que es absorbida por determinado cultivo para producir un rendimiento dado en un tiempo definido; estos estudios generan información que contribuyen a dar solidez a los programas de nutrición (Bertsch 2003). En la gráfica se relaciona las absorciones de los nutrientes en kilogramos o gramos por hectárea, en función de la edad del cultivo total o por órganos. Asimismo, es importante generar inicialmente la curva de crecimiento del cultivo, que es una expresión generalizada del crecimiento en las plantas.

La producción de muchos cultivos en Guatemala, en ocasiones ofrece resultados no satisfactorios al momento de la cosecha y esto se debe muchas veces a la ausencia de información nutricional específica del cultivo. Conociendo y considerando la importancia del cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) este estu-

dio tiene como objetivo desarrollar información confiable sobre el proceso de absorción de nutrientes por parte de la planta; generando datos reales sobre la demanda nutrimental del cultivo, ayudando a ajustar las épocas de aplicación de los fertilizantes y la elaboración de un programa nutricional que se adapte a las condiciones del lugar y específico para este híbrido a través de las curvas de absorción de nutrientes.

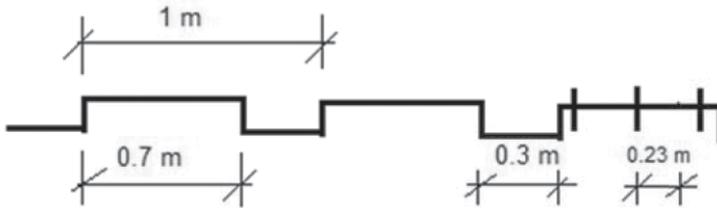
## **Materiales y métodos**

Durante el ciclo del cultivo, se realizaron muestreos de material vegetal (raíz y hojas) para determinar su dinámica nutricional. La toma de muestras se realizó en la fase vegetativa, iniciando en la fase de desarrollo de raíces absorbentes y hojas (00-48 DDS), los muestreos se realizaron a los 24, 36 y 48 días después de siembra, muestreando 256, 160 y 40 plantas respectivamente. En la etapa de engrosamiento de raíz principal (48-110 DDS) los muestreos se realizaron a los 60 y 72 días después de siembra, muestreando 24 y 16 plantas respectivamente. En cada muestreo, se midió en peso húmedo y posteriormente seco (gr/planta) la producción de biomasa en hojas y raíz, y en porcentajes sobre base seca el contenido de los elementos.

## **Manejo agronómico del experimento**

El material vegetal utilizado fue de tipo Nantes, esta zanahoria presenta las siguientes características: cilíndrica corta, entre 3.0-4.0 centímetros de diámetro y entre 12-18 centímetros de largo. El híbrido es de color púrpura profundo, ideal para mercado fresco y mercado de industria. Puede utilizarse para obtener colores para la industria de alimentos o cosméticos. Ciclo de 100 a 120 días.

La siembra inició la tercera semana del mes de abril y finalizó en la cuarta semana del mes de julio, 2013. El distanciamiento utilizado fue de 0.3 m entre cama de siembra. La cama de siembra estuvo compuesta por tres hileras a un distanciamiento de 0.23 m (figura 1).



**Figura 1.** Sistema de siembra.

El cultivo se fertilizó con N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Ca, S y MgO en dosis de 126, 142, 243, 136, 82 y 66 Kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Se tomaron plantas en cada etapa fenológica para llevarlas al laboratorio y realizar las determinaciones químicas correspondientes, que se describen posteriormente. Las plantas fueron seleccionadas al azar, muestreando raíz y hojas, se introdujeron individualmente en bolsas de papel, se etiquetaron y se enviaron al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para sus respectivos análisis químicos y cálculo de materia seca.

Para determinar la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, se utilizó el método de combustión seca, que consiste en la incineración de la muestra vegetal durante cuatro horas a 450° C. Para cuantificar la concentración de Nitrógeno, se utilizó el método Semimicro Kjeldahl, para el fósforo, el método de Colorimetría, y para Potasio, Calcio y Magnesio se utilizó el método de Absorción atómica.

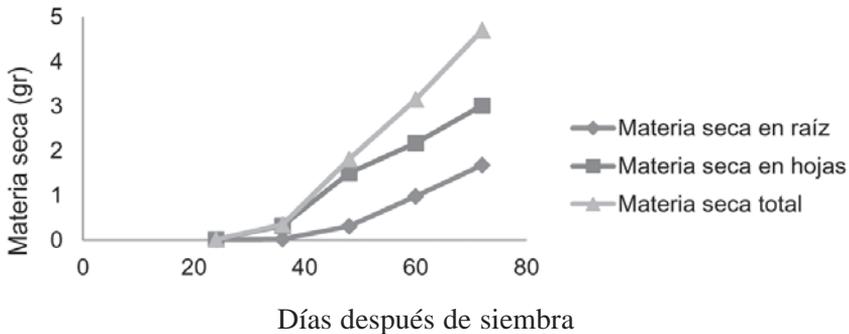
## Resultados y discusión

### **Materia seca acumulada hasta los 72 días después de siembra en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* hybr. *Deep purple* F1).**

La acumulación de biomasa en los órganos analizados (raíz y hojas) aumentó, produciéndose el mayor incremento entre los 60 y 72 días después de siembra. Lo anterior se puede observar en el cuadro 1 y figura 2, en donde además se muestra el crecimiento de la planta con base en la ganancia de biomasa expresada como peso seco (gr) a través de la fase vegetativa del ciclo del cultivo. Durante el desarrollo de raíces absorbentes y hojas (0-48 DDS) la planta acumuló 1.81 gramos de biomasa y en la etapa de engrosamiento de raíz principal (48-110) DDS, hasta los 72 días después de siembra, acumuló 4.70 gramos, siendo en esta etapa la máxima acumulación de biomasa.

**Cuadro 1.** Acumulación de materia seca hasta los 72 días después de siembra en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* hibr. *Deep purple* F1).

Acumulación de materia seca por órgano y planta total				
Días después de siembra	Peso seco (gr.) Raíz	Peso seco (gr.) Hojas	Total acumulado (gr.)	Diferencia por etapa (gr.)
24	0.002	0.01	0.02	0.02
36	0.03	0.32	0.35	0.33
48	0.31	1.5	1.81	1.46
60	0.98	2.17	3.15	1.34
72	1.68	3.02	4.7	1.55



**Figura 2.** Curva de acumulación de materia seca en zanahoria morada (*Daucus carota* hibr. *Deep purple* F1), finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez.

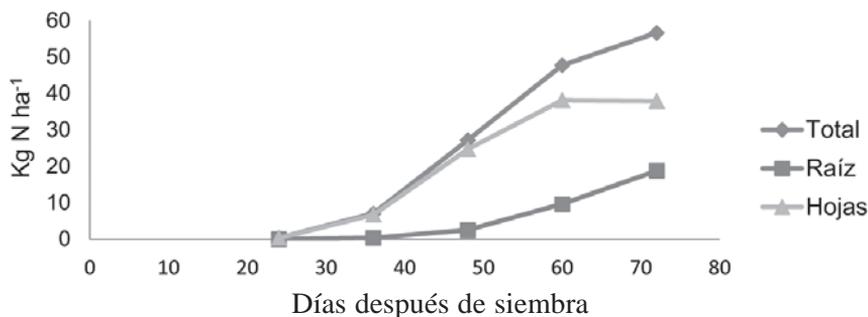
## **Absorción de nutrimentos**

### **Nitrógeno**

En los órganos analizados (raíz y hojas), la mayor concentración y la máxima absorción de nitrógeno se encontró en las hojas (cuadro 2). En la raíz, la mayor concentración se encontró entre los 24 y 36 días después de siembra. Entre los 60 y 72 días después de siembra, ocurrió una traslocación de hojas a la raíz. Las cantidades totales absorbidas fueron de 19 y 38 Kg N ha<sup>-1</sup> por la raíz y las hojas, respectivamente (figura 3).

**Cuadro 2.** Nitrógeno absorbido por la raíz y las hojas hasta los 72 días después de siembra en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* hibr. *Deep purple* F1).

Nutrimento	Días después de siembra	Concentración (%)		Peso seco planta (gr)		Absorción en Kg.ha <sup>-1</sup>		Absorción por periodo en Kg.ha <sup>-1</sup>	
		Raíz	Hojas	Raíz	Hojas	Raíz	Hojas	Raíz	Hojas
N	24	2.36	4.88	0.002	0.01	0.02	0.3	0.02	0.3
N	36	2.87	4.62	0.03	0.32	0.34	6.67	0.3	6.4
N	48	1.79	3.65	0.31	1.5	2.5	24.67	2.2	18.0
N	60	2.18	3.9	0.98	2.17	9.62	38.1	7.1	13.4
N	72	2.48	2.79	1.68	3.02	18.75	37.9	9.1	-0.2
							<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>38</b>
							<b>Total</b>	<b>57</b>	



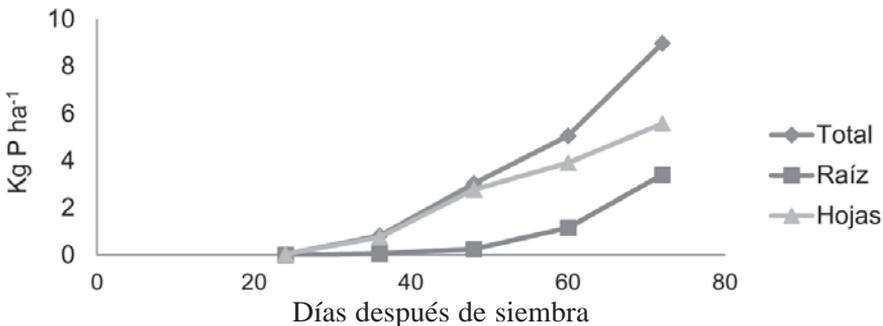
**Figura 3.** Curva de absorción de Nitrógeno en zanahoria morada hasta los 72 días después de siembra (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) en finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez.

## **Fósforo**

El fósforo junto con el magnesio, es el nutrimento absorbido en menor cantidad. En la raíz y las hojas, la mayor concentración de este nutrimento se encontró entre los 24 y 36 días después de siembra (cuadro 3). Las cantidades totales absorbidas fueron de 3 y 6Kg P ha<sup>-1</sup> por la raíz y las hojas, respectivamente (figura 4).

**Cuadro 3.** Fósforo absorbido por la raíz y las hojas hasta los 72 días después de siembra en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* hibr. *Deep purple* F1).

Nutrimento	Días después de siembra	Concentración (%)		Peso seco planta (gr)		Absorción en Kg.ha <sup>-1</sup>		Absorción por periodo en Kg.ha <sup>-1</sup>		
		Raíz	Hojas	Raíz	Hojas	Raíz	Hojas	Raíz	Hojas	
P	24	0.31	0.48	0.002	0.01	0.003	0.03	0.003	0.03	
P	36	0.52	0.52	0.03	0.32	0.06	0.75	0.06	0.72	
P	48	0.18	0.41	0.31	1.5	0.25	2.77	0.19	2.02	
P	60	0.26	0.4	0.98	2.17	1.15	3.91	0.9	1.14	
P	72	0.45	0.41	1.68	3.02	3.4	5.57	2.25	1.66	
<b>Total</b>							<b>3</b>	<b>6</b>		
<b>Total</b>							<b>9</b>			



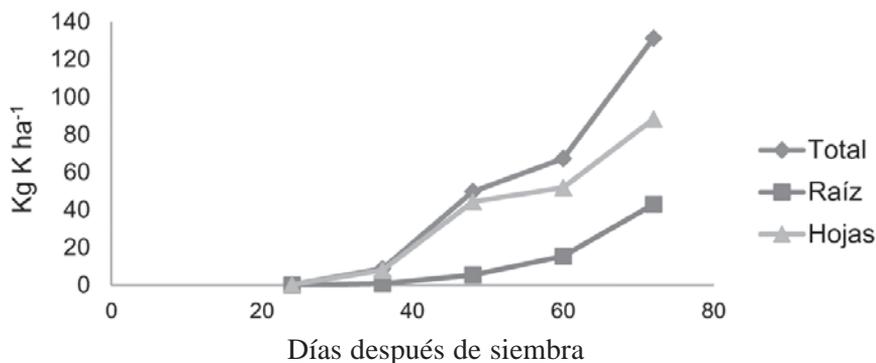
**Figura 4.** Curva de absorción de Fósforo hasta los 72 días después de siembra en zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) en finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez.

## **Potasio**

Es el elemento más demandado por el cultivo de zanahoria morada. La mayor concentración de potasio se encontró en la raíz, entre los 24 y 36 días después de siembra (cuadro 4). Las cantidades absorbidas fueron de 43 y 88 Kg K ha<sup>-1</sup> por la raíz y las hojas, respectivamente (figura 5).

**Cuadro 4.** Potasio absorbido por la raíz y las hojas hasta los 72 días después de siembra en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* hibr. *Deep purple* F1).

Nutrimento	Días después de siembra	Concentración (%)		Peso seco planta (gr)		Absorción en Kg.ha <sup>-1</sup>		Absorción por periodo en Kg.ha <sup>-1</sup>	
		Raíz	Hojas	Raíz	Hojas	Raíz	Hojas	Raíz	Hojas
K	24	4.81	5.38	0.002	0.01	0.04	0.33	0.04	0.33
K	36	7	5.5	0.03	0.32	0.84	7.94	0.79	7.61
K	48	3.88	6.56	0.31	1.5	5.41	44.35	4.57	36.41
K	60	3.5	5.31	0.98	2.17	15.44	51.87	10.03	7.53
K	72	5.69	6.5	1.68	3.02	43.02	88.3	27.57	36.43
							<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>88</b>
							<b>Total</b>	<b>131</b>	



**Figura 5.** Curva de absorción de potasio hasta los 72 días después de siembra en zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) en finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez.

## Estimación de dosis a partir de las cantidades absorbidas

Se estimaron las dosis pertinentes con base en los resultados de absorción, considerando los aspectos de eficiencia, cantidad aportada por el suelo y dosis del elemento puro (cuadro 7). De esta manera se puede obtener una dosis apoyada en los requisitos del cultivo.

**Cuadro 5.** Estimación de la dosis de elemento comercial ( $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a partir de los requisitos del cultivo.

Descripción	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
Total absorbido hasta los 72 días después de siembra	56.65	8.97	131.32
Cantidad aportada por el suelo	23.51	3.18	48.51
% Eficiencia	0.3	0.2	0.6
Dosis de elemento puro	110.47	28.95	138.02
Factor de conversión	1	2.29	1.2
Dosis de elemento comercial	110.47	66.3	165.62
Niveles de fertilización en el programa nutricional aplicado	126	142	243
Diferencia	<b>+ 15.53</b>	<b>+ 75.7</b>	<b>+ 77.38</b>

La dosis de elemento comercial recomendada es de 110, 66 y 166  $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente. Lo anterior se puede observar en el cuadro 5.

## Plan de fertilización

El plan de nutrición que se sugiere como resultado de esta investigación (cuadro 8), deberá estar sujeto al análisis de suelo y a las cantidades de nutrimentos que son extraídas del suelo en cada cosecha. El plan está basado en las curvas de absorción de nutrientes anteriormente generadas y en las condiciones edafo-climáticas del lugar, la propuesta está distribuida porcentualmente en cuatro aplicaciones.

**Cuadro 6.** Distribución porcentual de NPK, hasta los 72 días después de siembra en zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1).

Semana	Distribución porcentual		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
3	12	9	7
5	36	25	31
7	36	22	13
9	16	44	49

## Conclusiones

1. Con las curvas de absorción generadas en esta investigación se determinó que el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hybr. *Deep purple* F1) absorbió en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ : nitrógeno=57, fósforo=9, potasio=131, calcio=23, magnesio=4 hasta los 72 días después de siembra para obtener un rendimiento medio de  $1084 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .
2. La etapa de máxima absorción de N, P, K fue reportada en la raíz, entre los 60 y 72 días después de siembra y en las hojas entre los 36 y 48 días después de siembra.
3. El cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hybr. *Deep purple* F1) hasta los 72 días después de siembra necesita  $110 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrógeno,  $66 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de fósforo y  $166 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de potasio.

## Literatura citada

1. Bejo, Gt. 2013. Zanahorias. Zanahorias de colores (en línea). Guatemala. Consultado 20 marzo 2012. Disponible en: [http://www.bejogt.com/web/pages/bejo\\_gt/products/groep.aspx?GroepID=619&GewasID=164](http://www.bejogt.com/web/pages/bejo_gt/products/groep.aspx?GroepID=619&GewasID=164)
2. Bertsch, F. 1995. Fertilidad de los suelos y su manejo. Costa Rica, ACCS. 157 p.
3. \_\_\_\_\_. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización (en línea). Ecuador, IPNI, Informaciones Agronómicas. 57:1-10. Consultado 25 abr 2012. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/EA0809CFFD180B4205256FF2005853C6/\\$file/Inf+Agro+57.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/EA0809CFFD180B4205256FF2005853C6/$file/Inf+Agro+57.pdf)
4. Dimenstein, L. 2011. El manejo de los nutrientes en horticultura intensiva (en línea). Brasil, ICL Speciality Fertilizer. 35 p. Consultado 20 abr 2012. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Dimenstein-Manejo-Nutrientes-En-Horticultura-Intensiva.pdf>
5. Edifarm, GT. 2003. Manual de hortalizas. Guatemala. 522 p.
6. García, M. 2008. El cultivo de zanahoria (en línea). Uruguay. Consultado 23 abr 2012. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CURSO%20HORTICULTURA/ZANAHORIA/ZANAPRE5public.pdf>
7. Gutiérrez, M. 1997. Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. Agronomía Costarricense 21(1):127-137.
8. Sancho V, H. s.f. Curvas de absorción de nutrientes y su uso en los programas de fertilización (en línea). Costa Rica, Fertica, Informaciones Agronómicas no. 36. Consultado 10 abr 2012. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/765C8D66598A491B852579A3007A3289/\\$FILE/Curvas%20de%20Absorci%C3%B3n.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/765C8D66598A491B852579A3007A3289/$FILE/Curvas%20de%20Absorci%C3%B3n.pdf)



# Aplicación de técnicas estadísticas multivariadas para el agrupamiento de materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.)

**Autores:**

*Ana Julia Righetto<sup>1</sup>*

*Luiz Ricardo Nakamura<sup>2</sup>*

*Ezequiel López Bautista<sup>3</sup>*

*Carlos Tadeu dos Santos Dias<sup>3</sup>*

Recibido en el CEA el 14 de noviembre de 2013. Aprobado el 22 de abril de 2014.

<sup>1</sup>Doctorando, Programa de Estadística y Experimentación Agronómica, ESALQ/USP, Piracicaba SP.

<sup>2</sup>Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

<sup>3</sup>Profesor Titular, Departamento de Ciencias Exactas, PPGEA, ESALQ/USP, Piracicaba SP.

## Resumen

El objetivo de este artículo es presentar una aplicación de técnicas estadísticas multivariadas (análisis factorial y de agrupamiento) para clasificar 20 materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de diversos países, localizados en el Centro de Agricultura Tropical “Bulbuxyá” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el municipio de San Miguel Panán, departamento de Suchitepéquez, y estudiadas 12 características cuantitativas. Debido al número de características estudiadas, se optó por la utilización, inicialmente, del análisis factorial (AF), que busca explicar un determinado conjunto de datos  $p$ -dimensional en un número menor de dimensiones ( $m$ -dimensional). El AF realiza la rotación de los factores para que estos sean interpretables desde el punto de vista del problema en cuestión. Para esta rotación, se utilizó el criterio Varimax. Una vez obtenidos las puntuaciones (escores) de cada una de las observaciones (árboles), se utilizó el análisis de agrupamiento, con la finalidad de formar grupos diferentes, en cada uno de ellos contenía árboles con características similares. El método utilizado para el agrupamiento fue el jerárquico de Ward. Con el auxilio de estas técnicas estadísticas multivariadas, los materiales genéticos de cacao fueron divididos en cinco grupos con características distintas.

**Palabras clave:** Análisis factorial, análisis de agrupamiento, cacao.

## Abstract

The aim of this paper is to present an application of multivariate statistical techniques (factor analysis and clustering) to classify 20 genetic materials of cocoa (*Theobroma cacao* L.) from different countries, located in the Centro de Agricultura Tropical “Bulbuxyá” of the Facultad de Agronomía of the Universidad de San Carlos de Guatemala, in San Miguel Panán, Suchitepéquez, and studied 12 quantitative traits. Due to the number of traits studied, it is opted for use, initially, factor analysis (AF), which seeks to explain a given set of  $p$ -dimensional data in one smaller number of dimensions ( $m$ -dimensional). AF performs the rotation of factors so that they may be interpreted from the point of view of the problem in question. In this case, the approach of Varimax rotation was used. Once obtained the scores of each observations (trees), we used the cluster analysis and the Ward’s hierarchical clustering method was applied, to form different groups, each of them containing trees with similar characteristics. With the support of these multivariate statistical techniques, genetic materials of cocoa were divided into five groups with different characteristics.

**Keywords:** Factor analysis, cluster analysis, cocoa.

## Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta originaria de la floresta amazónica y de la región mesoamericana, crece en el trópico entre las latitudes 20° norte y 20° sur del Ecuador, con clima cálido (temperatura media de 25 a 28°C), con precipitación variando entre 1200 a 2500 mm y altitud de 10 hasta 1000 metros sobre el nivel del mar (Avendaño et al., 2011). El cacao es un cultivo de gran importancia económica, principalmente para la utilización de las semillas de sus frutos, que son la materia prima de la industria del chocolate (ICCO, 2012).

En Guatemala ocupa 3,990 ha y la producción anual es de 10,927 tm. El volumen de producción se concentra en tres departamentos: Alta Verapaz (31%), Suchitepéquez (31%) y San Marcos (25%). De acuerdo con Ávalos et al. (2012) el valor de este cultivo para Guatemala está en la producción de cacao de alta calidad (tipo gourmet), más que en el aumento en el volumen de producción. Siendo por eso necesario realizar una caracterización agronómica de los materiales genéticos presentes en colecciones de árboles de cacao para poder seleccionar a los mejores individuos y tratar de obtener una población élite.

En este artículo se presenta una aplicación de técnicas estadísticas multivariadas para clasificar 20 materiales genéticos de cacao de la colección localizada en el Centro de Agricultura Tropical “Bulbuxyá” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Materiales y métodos

**Área de estudio:** Los datos utilizados en este estudio fueron tomados de la tesis de Ing. Agr. de Gatica (1994), realizada en el Centro de Agricultura Tropical “Bulbuxyá” (CATBUL) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, localizado en el municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez, en las coordenadas geográficas 14°39’ latitud norte y 91°22’ de longitud oeste y altitud de 325 metros.

**Material experimental:** Los materiales genéticos incluidos en el estudio fueron: **1.** Pound-12 × Catongo, **2.** EET-400 × SCA-12, **3.** UF-613 × Pound-7, **4.** IMC-67 × SCA-12, **5.** EET-62 × SCA-12, **6.** UF-667 × SCA-12, **7.** UF-613 × Pound-12, **8.** IMC 67 × UF 613, **9.** EET 162 × SCA 12, **10.** UF 668 × Pound 12, **11.** SCA 6 × EET 95, **12.** SCA 6 × EET 62, **13.** EET 95 × SCA 12, **14.** 75-R, **15.** SGU-50, **16.** SGU-71, **17.** SGU-69, **18.** SGU-72, **19.** SGU-88 y **20.** SGU-54, conforme descrito por Gatica (1994).

**Variables medidas:** Fueron considerados las siguientes variables, relacionadas con:

- a) Semilla: fueron seleccionadas aleatoriamente 15 semillas por material genético y medido:  $X_1$ : peso húmedo da semilla (gr),  $X_2$ : peso seco de la semilla (gr),  $X_3$ : número de semillas por fruto,  $X_4$ : largo de la semilla (mm),  $X_5$ : ancho de la semilla (mm),  $X_6$ : grosor de la semilla (mm).

- b) Fruto: fue tomada una muestra de 30 frutos maduros por material genético y medido:  $X_7$ : largo del fruto (mm),  $X_8$ : ancho del fruto (mm),  $X_9$ : peso del fruto (gr) e  $X_{10}$ : grosor de las paredes del fruto en el surco secundario (mm).
- c)  $X_{11}$ : Índice de fruto (IF): es definido como la cantidad de frutos necesarios para producir un kg de semilla seca y fermentada de cacao; calculado de acuerdo con la ecuación:  $IF = [1000/ \text{Peso semilla (g)}] \times 0,4$ .
- d)  $X_{12}$ : Índice de semilla: es el peso promedio de semilla seca expresado en gramos, medido de 15 semillas de cada una de las 10 frutas maduras seleccionadas por material genético.

**Análisis estadístico de los datos:** Inicialmente fue construida la matriz de correlación entre las variables, calculando los coeficientes de correlación de Pearson y verificando su significancia estadística. Dada la cantidad de variables consideradas en el estudio, se optó por usar el Análisis Factorial (AF), que busca explicar un determinado conjunto de datos  $p$ -dimensional en un número menor de dimensiones ( $m$ -dimensional) o factores (Hairer et al., 2005). El AF realiza la rotación de los factores para que estos sean interpretables desde el punto de vista del problema. Para ello se utilizó el criterio Varimax. Matemáticamente, el modelo factorial ortogonal es dado por (Mardia, Kent & Bibby, 1992):

$$\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu} = \boldsymbol{\Lambda}\mathbf{F} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (1)$$

en que  $\mathbf{X}$  es un vector  $p$ -dimensional de variables aleatorias, con media  $\boldsymbol{\mu}$  y matriz de covarianzas  $\boldsymbol{\Sigma}_{p \times p}$ ; es la matriz de cargas factoriales de dimensión  $p \times m$ ;  $\mathbf{F}$  es el vector  $m$ -dimensional de variables latentes o factores; y  $\boldsymbol{\varepsilon}$  es el vector  $p$ -dimensional de errores aleatorios, con media 0 e varianza diagonal ( $\boldsymbol{\Psi}$ ).

Para la estimación de las matrices  $\boldsymbol{\Lambda}$  y  $\boldsymbol{\Psi}$  fue utilizado el método de los componentes principales por medio de la matriz de correlación y para la selección del número  $m$  de factores fueron utilizados los siguientes criterios (Johnson & Wichern, 2007): **i)** raíz latente:  $m$  corresponde al número de autovalores extraídos de la matriz de correlación, mayores que uno; y **ii)** análisis de representatividad con relación a la varianza original, los  $m$  factores deben representar, en conjunto, un porcentaje  $\gamma \times 100\%$  de la varianza original de los datos. Una vez obtenidos las puntuaciones de cada una de las observaciones, se utilizó el análisis de agrupamiento (AA), con el objetivo de formar grupos diferentes, cada uno de ellos con materiales genéticos con características similares. El método utilizado fue el jerárquico de Ward.

## Resultados y discusión

Inicialmente fue calculada la matriz de correlación entre los datos, presentando un número substancial de correlaciones superiores a 0.30 (en valor absoluto), además de presentar un valor de medida de la adecuación muestral (Coeficiente KMO) de 0.62, lo que según Hair et al. (2005) valida la aplicación de este método multivariado. En el Cuadro 1 son presentados los autovalores y varianza explicada (%) referente a cada una de las variables estudiadas. Tal como fue expuesto en la sección de materiales y métodos, esa información será utilizada para la selección del número de  $m$  factores.

**Cuadro 1** – Autovalores, varianza explicada y varianza explicada acumulada de cada uno de los factores.

**Table 1** – Eigenvalues, explained variance and accumulated explained variance for each factors.

Factor	Autovalor ( $\lambda$ )	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)
1	6.10	50.81	50.81
2	2.57	21.40	72.21
3	1.43	11.93	84.14
4	0.60	5.02	89.16
5	0.33	2.78	91.94
6	0.32	2.68	94.62
7	0.25	2.05	96.67
8	0.19	1.57	98.24
9	0.13	1.05	99.29
10	0.06	0.46	99.75
11	0.02	0.16	99.91
12	0.01	0.09	100.00

Por el criterio de la raíz latente, tres factores deben ser retenidos en el sistema de autovalores,  $\lambda_1 = 6.10$ ,  $\lambda_2 = 2.57$  e  $\lambda_3 = 1.43$ , totalizando 84.14% de la varianza acumulada explicada de las variables originales, que según el criterio preestablecido por Mardia, Kent y Bibby (1992) es un porcentaje aceptable. De esta manera, se continuó el análisis utilizán-

dose los tres factores, con el cálculo de la matriz de cargas factoriales por medio del método de los componentes principales y la rotación usando el criterio Varimax (Cuadro 2).

En el Cuadro 2 se muestran las cargas factoriales que más influyeron en cada uno de los factores, destacadas en **negrito**, y que auxiliaron para etiquetarlos, de la siguiente manera:

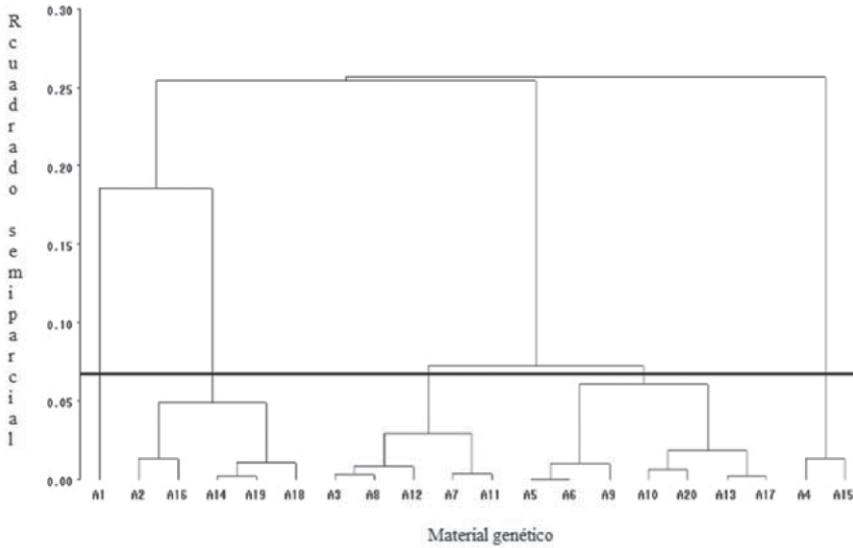
- a) Factor 1: las variables con cargas factoriales más elevadas son: **largo del fruto (mm)**, **ancho del fruto (mm)**, **peso del fruto (g)** y **grosor de las paredes del fruto en un surco secundario (mm)**. Este factor fue etiquetado como “**características del fruto**”.
- b) Factor 2: las variables con cargas factoriales más elevadas son: **peso húmedo de semilla (g)**, **peso seco de semilla (g)**, **índice de fruto e índice de semilla**. Este factor fue etiquetado como “**características de la semilla**”.
- c) Factor 3: las variables con cargas factoriales más elevadas son: **número de semillas por fruto**, **largo de la semilla (mm)**, **ancho de la semilla (mm)** y **grosor de la semilla**. Este factor fue etiquetado como: “**componente del rendimiento**”.

**Cuadro 2**– Matriz factorial rotada por el criterio Varimax.

**Table 2**– Rotated factor matrix using Varimax criterion.

Variables	Factor		
	1	2	3
X <sub>1</sub>	0.402	<b>0.838</b>	-0.037
X <sub>2</sub>	0.027	<b>0.931</b>	0.237
X <sub>3</sub>	0.217	-0.179	<b>-0.874</b>
X <sub>4</sub>	0.555	0.442	<b>0.567</b>
X <sub>5</sub>	0.639	0.227	<b>0.655</b>
X <sub>6</sub>	0.531	0.272	<b>0.637</b>
X <sub>7</sub>	<b>0.790</b>	0.255	-0.034
X <sub>8</sub>	<b>0.873</b>	-0.007	0.003
X <sub>9</sub>	<b>0.956</b>	0.174	0.039
X <sub>10</sub>	<b>0.723</b>	-0.068	0.456
X <sub>11</sub>	-0.019	<b>-0.954</b>	-0.112
X <sub>12</sub>	0.129	<b>0.852</b>	0.440

El etiquetado de los factores fue realizado de forma simple y objetiva, ya que la aplicación del AF proporcionó la separación de las variables en estudio de forma coherente. Con los valores de las cargas factoriales, así como del significado de cada uno de los factores, fue realizado el agrupamiento por el método jerárquico de Ward de los árboles de cacao en estudio utilizando las puntuaciones (scores) obtenidos con el AF. En la Figura 1 se presenta el dendrograma resultante.



**Figura 1.–Dendrograma** resultante del agrupamiento jerárquico por el método de Ward.

**Figure 1.–Dendrogram** computed from the Ward's hierarchical clustering method.

De acuerdo con el dendrograma (Figura 1), los 20 materiales genéticos fueron clasificados en cinco grupos, los cuales son descritos a continuación.

**Grupo 1:** formado por el material genético Pound 12 x Catongo, en las condiciones del lugar donde fue realizado el estudio, presentó los rendimientos más bajos, entre los materiales genéticos evaluados, siendo de 311.58 kg de semilla seca de cacao por hectárea (rendimiento promedio durante los 5 períodos evaluados); bajo peso (húmedo y seco) de semillas, y valor alto de índice de fruta (30 frutas para producir un kg de cacao seco) y menor índice de semilla (13.2).

**Grupo 2:** formado por los materiales genéticos: 2, 14, 16, 18 y 19. Este grupo posee como característica principal, semillas grandes (mayor longitud, ancho y grosor) y número bajo de semillas por fruto (33) y rendimiento de 334.5 kg de semilla seca de cacao por hectárea (media del rendimiento durante los 5 períodos evaluados).

**Grupo 3:** formado por los materiales genéticos: 3,7,8,11 y 12. Los individuos de este grupo produjeron los mayores rendimientos, 421.81 kg de semilla seca de cacao por hectárea, e valores medios de las características medidas.

**Grupo 4:** en este grupo están incluidos los materiales genéticos: 5,6,9,10,13,17 y 20, siendo el más numeroso. Como característica principal, los individuos de este grupo poseen semillas pequeñas, como consecuencia número alto de semillas por fruto (38.7) y rendimiento de 378.7 kg de semilla seca de cacao por hectárea, el segundo mayor dentro de los observados.

**Grupo 5:** formado por los materiales genéticos: 4 y 15, los individuos de este grupo se caracterizan por poseer los frutos con menores dimensiones (longitud, ancho y grosor de las paredes del fruto) y como consecuencia pesos bajos de frutos. Rendimiento de 369.27 kg de semilla seca de cacao por hectárea (media del rendimiento durante los 5 períodos evaluados).

## Conclusiones

Con el auxilio del análisis factorial, por el criterio de la raíz latente, fueron retenidos tres factores, que explican 84.14% de la varianza acumulada de las variables originales. Posterior al análisis factorial, se aplicó el análisis de agrupamiento, cuyo resultado fue agrupar, los 20 materiales genéticos, en 5 grupos distintos.

## Literatura citada

- [1] AVALOS, A.; PORRES, M.A.; PÖLL, E.; DARDÓN, E.; ARÉVALO, L.A.; ROSALES, J.A. Caracterización agronómica, botánica y molecular de clones de cacao tipo criollo y mejorado de la zona sur de Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 24:99-104, 2012.
- [2] AVENDAÑO, C.H.; VILLAREAL, J.M.; CAMPOS, E.; GALLARDO, R.A. 2011. Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Red de Cacao. 79 p.
- [3] GATICA, M.B. 1994. Caracterización agromorfológica de 13 híbridos y 7 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Agricultura Tropical "Bulbuxyá" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Facultad de Agronomía. 100 p.
- [4] HAIR, J.F.; TATHAM, R.L.; ANDERSON, R.E.; BLACK, W.C. Análise multivariada de dados. 5 ed. Porto Alegre, Bookman, 2005. 593 p.
- [5] INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION (ICCO). 2012. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, v. 38, n. 4, Cocoa year 2011/12.
- [6] JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 6 ed. New Jersey, Prentice Hall, 2007. 773p.
- [7] MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. Multivariate analysis. London, Academic Press, 1992. 518p.





## Tasa Social de Descuento: una estimación para Guatemala

**Autores:**

*Hugo Cardona Castillo<sup>1</sup>*

*Claudio Francisco Rodríguez Carrillo<sup>2</sup>*

Recibido en el CEA el 7 de marzo de 2014. Aprobado el 22 de abril de 2014.

---

<sup>1</sup> *Coordinador y Profesor Subárea de Administración y Comercialización, Facultad de Agronomía, USAC. Ingeniero Agrónomo y Doctor en Economía Agrícola y Ambiental.*

<sup>2</sup> *Profesor de Postgrado en facultades de Ingeniería, Ciencias Económicas y Agronomía en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Licenciado en Ciencias Económicas y Maestro en Economía de Recursos Naturales.*

## Resumen

En la evaluación económica o social de proyectos, es necesario definir una tasa de descuento que refleje la realidad específica de los costos y beneficios sociales esperados, actualizados, para un país. Generalmente, no se dispone de una tasa específica por país, por lo que se utilizan algunos referentes aceptables en la literatura especializada. Esto, aunque aceptable, no es lo ideal. En este trabajo se estima la tasa social de descuento para Guatemala. Para el efecto se estima el promedio ponderado entre la Tasa de Preferencia Inter-temporal del Consumo ( $rTPIC$ ) y el Costo de Oportunidad del Capital ( $rCOC$ ) más el costo de oportunidad del ahorro externo ( $Cm_{gx}$ ). Los resultados del análisis empírico dan una estimación de la tasa social de descuento para Guatemala de 11.342%.

**Palabras Clave:** Evaluación social de proyectos de desarrollo, tasa social de descuento, tasa de preferencia inter-temporal del consumo, costo de oportunidad del capital, costo de oportunidad del ahorro externo.

## Abstract

In the economic evaluation of development projects, due to the fact that, in general, we do not have a specific estimate of the social discount rate by country, the tendency is to use a benchmark that is considered acceptable in the literature. This, although somehow acceptable, is not ideal. In this work, the social discount rate is estimated for Guatemala. For this purpose the weighted average rate is estimated between social rate of time preference ( $r_{TPIC}$ ), the social opportunity cost of Capital (RCOC) and the cost of foreign capital inflows -cost of foreign borrowing- ( $C_{mgx}$ ). The results of the empirical analysis give an estimate of the social discount rate of 11.342% for Guatemala.

**Keywords:** Social evaluation of projects, social discount rate, social rate of time preference, opportunity cost of capital, cost of foreign borrowing.

## Introducción

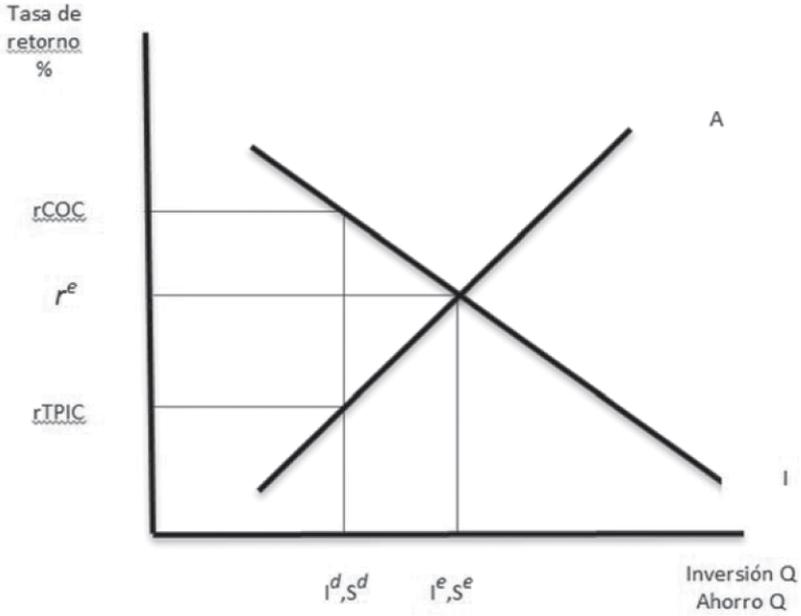
En la evaluación económica o social de proyectos, es necesario definir una tasa de descuento que refleje la realidad específica de los costos y beneficios esperados, actualizados, para un país. Ante la ausencia de un valor específico por país, se suelen utilizar ciertos valores considerados como aceptables para proyectos de desarrollo, lo cual aunque aceptable, no es precisamente lo ideal. El Banco Mundial es generalmente considerado como referencia, y en consecuencia, normalmente se utiliza una tasa social de descuento entre el 10% y el 12%.

En este trabajo se realiza una estimación específica de la tasa social de descuento para proyectos de desarrollo en Guatemala.

Tomando como base los trabajos de Zhuang *et al* (2007), Jenkins y Yan (1998), Avilés y Contreras (1999), Young (2002), Pearce y Nash (1981) y Cervini (2004), se puede abordar la decisión de determinar la Tasa Social de Descuento de la manera que se describe en los párrafos siguientes.

El fundamento está en que en general hay dos maneras de abordar la determinación de las tasas de descuento, ambas de las cuales tienen como sustento el concepto de costo de oportunidad: una, considera la tasa de descuento como la tasa de retorno que un inversionista espera de diferentes oportunidades de inversión (Costo de Oportunidad del Capital – COC O SOC en inglés); y, la otra considera la tasa de descuento como el

cambio en el valor del consumo en diferentes períodos de tiempo (Tasa de Preferencia Inter-temporal del Consumo –TPIC o SRTP en Inglés). Como puede observarse en la Gráfica 1, si todos los mercados alcanzan equilibrio, este equilibrio se logrará donde la Tasa de Preferencia Inter-temporal del Consumo es igual al Costo de Oportunidad del Capital,  $r^e$ , en la Gráfica 1, para ahorro  $A^e$  e inversión  $I^e$ . Nótese que la línea  $A$  indica el valor que los agentes económicos ponen en los ahorros cuando están considerando si consumir hoy o consumir mañana. Por otro lado, la línea  $I$  muestra la relación que existe entre cuánto reciben los inversionistas a los diferentes niveles de inversión.



**Gráfica No. 1.** Tasa de preferencia inter-temporal del consumo y costo de oportunidad del capital.

**FUENTE:** Elaboración propia.

Debido a las imperfecciones del mercado tales como poder de mercado (monopolios), impuestos, subsidios, información imperfecta, cambios en el nivel de empleo, se introduce una separación entre la Tasa de Preferencia Inter-temporal del Consumo y el Costo de Oportunidad del Capital; lo cual produce que en el margen, tengamos dos tasas:  $rCOC$  y  $rTPIC$  (en la Gráfica 1). Surge entonces la duda sobre cuál de esas tasas tomar como tasa de descuento. Tomar cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas; sin embargo, varios economistas se inclinan por tomar el promedio ponderado de estas dos tasas (Véanse: Broadman et al (1996) y Sadmo y Dreze (1971) citados por Young (2002)). Es decir, para el equilibrio autárquico del dinero:

$$\text{Tasa Social de Descuento} = (\beta_1) rCOC + (\beta_2)rTPIC$$

Donde:

$\beta_1$  y  $\beta_2$  = Son los pesos de ponderación de cada una de las variables.

Sin embargo, si se toma en cuenta, que también hay participación del financiamiento externo, entonces de acuerdo con Harberger (1969) citado por Jenkins y Yan Kuo (1998), incorporando ese importante componente –el ahorro externo–,  $Cm_{gx}$ , tendríamos que la Tasa Social de Descuento sería el promedio ponderado siguiente:

$$\text{Tasa Social de Descuento} = (\beta_1) rCOC + (\beta_2) rTPIC + (\beta_3) Cm_{gx}$$

## Metodología

Utilizando la nomenclatura de Avilés y Contreras (1999), tenemos que:

$$tsd = tp \cdot b + q \cdot \phi + \alpha \cdot Cmgx \quad (1)$$

Donde:

$tp$  = tasa de captación del ahorro interno

$q$  = tasa de rendimiento de la inversión

$Cmgx$  = costo marginal del endeudamiento externo

$$b = \frac{Es \cdot Sp}{Es \cdot Sp + Esx \cdot Sx - Ni \cdot Ip} \quad (2)$$

Para:

$Es$  = Elasticidad del ahorro interno

$Sp$  = Ahorro interno como proporción del PIB

$Ni$  = Elasticidad de la Inversión

$Ip$  = Inversión privada como proporción del PIB

$Esx$  = Elasticidad de la deuda externa

$Sx$  = Deuda externa como proporción del PIB

$$\Phi = \frac{-Ni \cdot Ip}{Es \cdot Sp + Esx \cdot Sx - Ni \cdot Ip} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{Esx \cdot Sx}{Es \cdot Sp + Esx \cdot Sx - Ni \cdot Ip} \quad (4)$$

Para estimar los distintos elementos se utiliza la metodología sugerida a continuación:

1. Tasa de captación del ahorro interno ( $tp$ ):

En este caso, un indicador de la tasa libre de riesgo, por lo que se utiliza la tasa de bonos del tesoro del país (o un promedio ponderado entre bonos, notas y letras del tesoro), a un plazo recomendable de 10 años, para que tenga la ventaja de largo plazo y reducir la desventaja de la baja de liquidez de bonos de 20 años, por ejemplo.

2. Tasa de rendimiento de la inversión ( $q$ ):

La literatura reporta dos metodologías a considerar:

a. La tasa de colocación:

Lo que ha dado en llamarse el costo de oportunidad en el sector privado, desde una perspectiva social, en la rentabilidad del peor proyecto en dicho sector, es decir, el proyecto que socialmente retorna la tasa de colocación “ $i$ ” o  $tc_{sr}$  o tasa de colocación sin riesgo; y, para estimarla se utilizaría el promedio de las tasas de interés reales del sistema financiero, reajustadas como promedio geométrico de las tasas de interés anual. Este promedio –la tasa de captación – nos da un spread implícito (por el riesgo).

Como necesitamos saber la tasa de retorno privado, desde el punto de vista privado, entonces tenemos que ajustar la tasa de colocación con la tasa marginal de impuestos:

$$q_{sr} = tc * (1 + Tmag) \quad (5)$$

Esta es la metodología utilizada en este estudio.

- b. Otra forma sería utilizar una muestra suficientemente representativa de empresas y calcular

$$q = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Activos}} * 100$$

3. Costo marginal del endeudamiento externo (CMgx):

$$\text{CMgx} = \text{Cmex} * \left(1 + \frac{1}{\text{Esx}}\right)$$

$$\text{Cmex} = \frac{(1+i^i+s)*(1+e)}{1+\pi} - 1$$

$i^i$  = tasa de interés internacional (se puede utilizar LIBOR, PRIME o los bonos del tesoro de Estados Unidos a 10 años; o bien, un promedio)

$s$  = prima por riesgo (se puede utilizar el índice de riesgo país según Standard & Poors)

$e$  = variación del tipo de cambio nominal

$\pi$  = tasa de inflación interna

#### 4. Elasticidad del ahorro interno (Es):

Esta se considera un proxy de la tasa de preferencia inter-temporal del consumo; y, se estima con un modelo de regresión de la siguiente manera:

$$MAD = \beta_1 + \beta_2 * TID + \varepsilon$$

Donde:

MID = Monto de Ahorro doméstico

TID = Tasa de Interés Doméstica

$\varepsilon$  = error

#### 5. Elasticidad del ahorro externo (Esx):

Se asocia con la tasa de interés del ahorro externo, expresado como el costo medio del endeudamiento externo, y se estima con un modelo de regresión de la forma siguiente:

$$CMLP = \beta_3 + \beta_4 * CMEE + \varepsilon$$

Donde:

CMLP = Crédito Mediano y Largo  
Plazo

CMEE = Costo Medio del  
Endeudamiento Externo

$\varepsilon$  = error

## 6. Elasticidad de la Inversión (Ni)

Se asocia con la tasa de rendimiento de la inversión o tasa de interés doméstica y se podría estimar con un modelo de regresión de la forma siguiente:

$$IPN = \beta_5 + \beta_6 * TCR + \varepsilon$$

Donde:

IPN = Inversión Privada Nominal

TCR = Tasa de Colocación Real

$\varepsilon$  = error

Nota:  $\beta_2$ ,  $\beta_4$  y  $\beta_6$  se utilizan para estimar las elasticidades

## Resultados

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos, aplicando la metodología utilizada.

### 1. Estimación de las Elasticidades

#### a. Elasticidad del Ahorro Interno

Para estimar la elasticidad del ahorro interno, se utilizó el modelo siguiente:

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	$\alpha$
<b>InITESreal</b>	2.7455	0.5982	4.5898	0.0025
<b>InITESreal-1</b>	-1.1246	0.5894	-1.9080	0.0980

Donde la variable dependiente es el logaritmo natural del ahorro interno como porcentaje del PIB y  $\ln TEsreal$  es el logaritmo natural de la tasa de interés de los bonos del tesoro de Guatemala, y  $\ln TERreal-1$  es el logaritmo natural de la tasa de interés de los bonos del tesoro de Guatemala del año anterior. De manera que la elasticidad del ahorro interno es de 2.7455

b. Elasticidad de la Inversión

Se utilizó el siguiente modelo:

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	$\alpha$
<b>Intercepto</b>	-0.8464	0.4564	-1.8548	0.2048
<b>LNTC</b>	-0.5983	0.1259	-4.7520	0.0415
<b>LNTC-1</b>	0.8709	0.1231	7.0753	0.0194
<b>LNPIBN</b>	0.2071	0.0218	9.5046	0.0109

Donde la variable dependiente es el logaritmo natural de la Inversión Privada como porcentaje del PIB, LNTC es el logaritmo natural de la tasa de colocación, LNTC-1 es el logaritmo natural de la tasa de colocación del año anterior y LNPIBN es el logaritmo natural del PIB nominal. La elasticidad de la Inversión Privada estimada es: -0.5983

c. Elasticidad de la Deuda Externa

Se procedió a estimar, para la serie 2000-2011, el  $Cmex$  utilizando la ecuación (7). Para el efecto se utilizó la tasa PRIME, la prima riesgo país promedio de la serie de acuerdo con Standard & Poors, la variación del tipo de cambio

nominal para la serie y la inflación interna para el período determinado.

Ya estimado el  $C_{mex}$  para la serie indicada, se utilizó el modelo siguiente:

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	$\alpha$
<b>C<sub>mex</sub></b>	1090.8040	269.0067	4.0549	0.0048

Donde la variable dependiente es el valor absoluto de la deuda externa en dólares de Estados Unidos (DExUS\$) y  $C_{mex}$  es el Costo Medio de la deuda externa. De manera que la elasticidad estimada de la Deuda Externa es de 0.6570 ( $dDExUS\$/dC_{mex} * C_{mex}/DExUS\%$ ).

## 2. Estimación de los Factores de Ponderación

### a. Estimación de $b$

Aplicando la ecuación (2), donde  $S_p$  promedio para el período es de 32.3430 se obtiene el valor de  $b = 0.03227$ .

### b. Estimación de $\phi$

Aplicando la ecuación (3), donde  $I_p$  promedio para el período es de 10.2900, se obtiene el valor de  $\phi = 0.00224$ .

c. Estimación de  $\alpha$

Mediante la aplicación de la ecuación (4), donde el promedio del valor absoluto de la deuda externa para el período es de 4044, se obtiene el valor de  $\alpha = 0.96549$ .

Es importante resaltar que la suma de los factores de ponderación debe ser igual a 1, lo cual efectivamente se cumple en este caso.

3. Estimación de la Tasa Social de Descuento

Se utiliza una tasa de colocación promedio, ajustada de acuerdo con la ecuación (5), de 17.685; y, una tasa de captación promedio 5.4. Así mismo, se estima el costo marginal del endeudamiento externo ( $C_{mgx}$ ), mediante la ecuación (6), lo cual nos da un  $C_{mgx} = 11.5258$ .

## Conclusión

Con base en la información anterior, se aplica la ecuación (1),  $tsd = tp*b + q*\phi + \alpha*Cmgx$ , y se obtiene la tasa social de descuento igual al 11.342%. Este valor puede utilizarse para la actualización de beneficios y costos para proyectos de desarrollo en Guatemala.

## Referencias bibliográficas

- Avilés, H. y E. Contreras. Costo Social del Capital en Chile. Documentos de Trabajo, No. 11. Series Gestión, Universidad de Chile, 1999.
- Cervini , H. El costo de oportunidad social de los fondos públicos y la tasa social de descuento en México 1970-2001. CEPEP, México, 2004.
- Jenkins, G.P. y Yan, C.Y. Estimation of the National Parameters for Economic Cost-Benefit Analysis for the Philippines. Harvard Institute for International Development, Harvard University, 1998.
- Young, L. Determining the Discount Rate for Government Projects. Working paper. New Zealand Treasury, 2002.
- Pearce, D. W. y C. A. Nash. The Social Appraisal of Projects: A Text in Cost-Benefit Analysis, Macmillan, London, 1981*
- Zhuang, J., Z. Liang, T. Lin y F.De Guzman. Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: A Survey. Asian Development Bank, 2007.





# 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. Así mismo 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 antecedidos 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 antecedidos 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](mailto: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  tikalia se terminó de imprimir en el mes de Septiembre de 2014, en los talleres de Editora Arizandieta, con una tirada de 500 ejemplares en papel bond beige de 80 gramos.