



Volumen 40 número 2  
Julio-Diciembre 2021

# tiikaliia

ISSN 2221-5964

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



Evaluación de la adaptabilidad de  
dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*),  
en el departamento de Jalapa, Guatemala



# TIKALIA

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

---



Volumen. 40, Número. 2



Guatemala, julio - diciembre 2021





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

**Junta Directiva de la FAUSAC 2021**

**Decano**

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes

**Secretario Académico**

Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

**Vocal I**

Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona

**Vocal II**

Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez

**Vocal III**

Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid

**Vocal IV**

Aracely García

**Vocal V**

Mynor Almengor

## **Consejo Editorial**

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes (Presidente)

Licda. Michelle Sanabria (Secretaría)

Dr. Hugo Cardona Castillo.

Ing. Agr. Carlos López Búcaro.

Ing. Agr. José Humberto Calderón Díaz.

Br. Marco Yordano Hernández.

Revista  **tikal**

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala Edificio T-9, Nivel 3,

Salón 3-02, Ciudad Universitaria, zona 12

Guatemala, Guatemala 01012, Apartado Postal 1545

Teléfono +(502) 54767223

Correo electrónico: consejoeditorial@fausac.gt

### **Editora:**

Michelle Sanabria Oliva

## PRESENTACIÓN

Revista Tikalia Volumen 40, Número 2-2021, (julio-diciembre) publicación científica semestral de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, contiene los artículos siguientes:

**Evaluación de variables climáticas locales y sus efectos sobre la población del corredor seco en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala;** José Vicente Martínez, Christian Edwin Sosa Sancé, Alan Randolph Galván Solís. La región Ch'orti' ha sido afectada por el cambio climático, ocasionando sequías severas y prolongadas en los últimos años, se han presentado pérdidas de los granos básicos maíz, frijol y maicillo, que son los granos base en la canasta alimenticia de esa región.

**Determinación del tipo de acuífero de ciudad Guatemala para la definición correcta de su vulnerabilidad intrínseca;** Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez y Carolina Herrera Rosales. Es una investigación en la que se presentan metodologías para la definición precisa de las características hidráulicas del acuífero, principalmente del coeficiente de almacenamiento, parámetro que se utiliza de base para modelar numéricamente los procesos de flujo del agua subterránea, transporte de contaminantes y el establecimiento de zonas de protección de pozos y manantiales.

**Determinación del Índice de Sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango;** Victor Leonel Mux Caná, Jerónimo Marvin Tomas López y Smaily Enrique Hernández Gil. Esta investigación consiste en determinar indicadores relacionados con las presiones recibidas por los ecosistemas, determinando con ello los indicadores del estado actual de los territorios ante las presiones y evaluar los indicadores que corresponden a las respuestas sociales.

**Evaluación de la adaptabilidad de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*), en el departamento de Jalapa, Guatemala,** Gesly Anibal Bonilla Landaverry, Enma Yolanda Turcios Martínez, Oscar Alfredo Sánchez Barrientos. Se realizó el estudio sobre la adaptabilidad de *Chenopodium quinoa*, en tres localidades utilizando parcelas divididas en diferentes altitudes de Guatemala con dos variedades.

Los editores

## CONTENIDO

**1 Evaluación de variables climáticas locales y sus efectos sobre la población del corredor seco en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala**

José Vicente Martínez  
Christian Edwin Sosa Sanced  
Alan Randolph Galván Solís

---

**11 Determinación del tipo de acuífero de ciudad Guatemala para la definición correcta de su vulnerabilidad intrínseca**

Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez  
Carolina Herrera Rosales

---

**28 Determinación del Índice de Sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango**

Victor Leonel Mux Caná  
Jerónimo Marvin Tomas López  
Smaily Enrique Hernández Gil

---

**42 Evaluación de la adaptabilidad de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*), en el departamento de Jalapa, Guatemala**

Gesly Anibal Bonilla Landaverry  
Enma Yolanda Turcios Martínez  
Oscar Alfredo Sánchez Barrientos

---

**55 Resúmenes de Tesis de Grado**

---

**81 Resúmenes de Tesis de Postgrado**

---

**84 Instrucciones para autores y guía de evaluación para aceptación de artículo**



**Evaluación de variables climáticas locales y sus efectos  
sobre la población del corredor seco en los municipios de  
Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula,  
Guatemala**

José Vicente Martínez<sup>1</sup>  
Christian Edwin Sosa Sancé<sup>2</sup>  
Alan Randolph Galván Solís<sup>3</sup>

---

Recibido el 08 de junio de 2021.

Aprobado el 09 de noviembre de 2021.

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

<sup>2</sup>Master, Asesor. Profesor Titular Centro Universitario de Oriente -CUNORI- Universidad de San Carlos de Guatemala

<sup>3</sup>Licenciado, Estudiante tesista Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental Local

## RESUMEN

La población rural que habita en la región del área Ch'orti', ha sido afectada por el cambio climático, que ha ocasionado sequías severas y prolongadas en los últimos años en los que se ha enfocado el presente estudio, esto ha dado como resultado que se pierdan cultivos, específicamente de granos básicos como maíz *Zea mays L.*, frijol *Phaseolus vulgaris L.* y maicillo *Sorghum bicolor (L.) Moench*, que es la dieta base de las familias de esta región.

Se realizó una investigación para el fortalecimiento de la gestión ambiental, a partir de generar información de base y validarla, tuvo por objetivo recopilar y analizar información que promueva mecanismos para identificar fenómenos climáticos que impactan a la población del corredor seco Ch'orti'; mediante la utilización de encuestas y entrevistas a la población local.

Los conocimientos tradicionales se transmiten de generación en generación y la opinión basada en la experiencia de sus habitantes son los principales mecanismos de identificación de los cambios que han ocurrido en el clima local. Con el presente estudio se determinaron las relaciones pertinentes para analizar los impactos del cambio climático global que se acentúa por las condiciones de vulnerabilidad sobre la población Ch'orti', mediante las experiencias y relatos ancestrales, por parte de la población que vive las consecuencias del clima; así como los índices de producción local, y empleando los datos meteorológicos proporcionados para los municipios del área Ch'orti'.

### **Palabras Clave**

Población Rural, Cambio Climático, Gestión Ambiental Y  
Conocimientos Tradicionales.

## ABSTRACT

The rural population that lives in the region of the Ch'orti 'area has been affected by climate change, which has caused severe and prolonged droughts in recent years on which this study has focused, this has resulted in crops are lost, specifically basic grains such as *Zea mays* L. corn, *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Sorghum bicolor* (L.) Moench corn, which is the basic diet of the families of this region.

An investigation was carried out to strengthen environmental management, based on generating base information and validating it, its objective was to collect and analyze information that promotes mechanisms to identify climatic phenomena that impact the population of the Ch'orti 'dry corridor; through the use of surveys and interviews with the local population.

It was found that traditional knowledge is transmitted from generation to generation and the opinion based on the experience of its inhabitants are the main mechanisms for identifying the changes that have occurred in the local climate. With this study, the pertinent relationships were determined to analyze the impacts of global climate change that is accentuated by the conditions of vulnerability on the Ch'orti', through ancestral experiences and stories, by the population who lives first hand in the area; as well as local production indices, and using the meteorological data provided for the municipalities of the Ch'orti area.

### **Keywords**

rural population, climate change, environmental management and traditional knowledge.

## 1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad en el clima afecta tanto los sistemas naturales como humanos y como consecuencia, alteran la productividad, la diversidad y las funciones de diversos ecosistemas y medios de vida en todo el mundo. Los impactos son diferenciados dependiendo la vulnerabilidad de las comunidades de nuestro país. Por ejemplo, la producción de alimentos puede verse perjudicada directamente por las variaciones en temperatura, los cambios en los patrones de precipitación y las condiciones climáticas extremas. También las amenazas por fenómenos climáticos, aumentan el riesgo a desastres e impactan negativamente en la utilización, la disponibilidad y el acceso a los alimentos.

Guatemala está ubicada en una región entre el océano Pacífico y el Caribe, posee una geografía compleja, donde se alternan regiones de montañas con planicies costeras y valles entre montañas, presenta una gran diversidad climática. El régimen de lluvias manifiesta una distribución temporal y espacial muy variada. Este régimen se debe a la combinación de diferentes condiciones geográficas y meteorológicas. La época de lluvias, básicamente ocurre entre mayo y octubre, hay dos meses bien marcados de lluvias altas, en junio y septiembre. Estas máximas están conectadas con el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ZCIT).

La presente investigación recopiló información de estaciones meteorológicas ubicadas en los municipios del área Ch'orti', así como entrevistas a la población indígena, para determinar sus efectos sobre la población del corredor seco en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita de Chiquimula, Guatemala.

La población de la región Ch'orti' ha reconocido que el uso de signos en la naturaleza "plantas y animales", son una herramienta de alerta temprana para promover mecanismos locales para la producción de alimentos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la investigación realizada, se inició con una revisión documental: informes de Desarrollo Humano, plan estratégico territorial; plan de desarrollo municipal, plan de desarrollo económico local, planes de gestión ambiental, planes de manejo de cuencas, fuentes de información climáticas locales (estaciones telemétricas); INSIVUMEH, entre otros.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología SMART V.1: S-Standardized, M-Monitoring, A-Assessment, R-Relief, T-Transitions (Evaluación de monitoreo estandarizada en situaciones de emergencia y transición) haciendo uso de la encuesta por área muestreada implementando un programa de globalización de resultados. La recolección de información se realizó después de una evaluación de los lugares previstos para el muestreo; entrevistas con informantes clave; los que se utilizaron para justificar la encuesta.

Estas áreas fueron previamente definidas mediante el uso del programa ArcGis antes de la encuesta, claramente marcado en el mapa. El número de casas o unidades de muestreo que se realizaron por unidad de área o comunidad elegida, se definió por el tamaño y estructura de cada comunidad de la forma siguiente.

Tabla 1. Unidades de muestreo comunitario en función del área y su estructura.

Área de la comunidad (km <sup>2</sup> )	Estructura		
	Homogénea	Normal	Heterogénea
< 1	2 – 3	3 – 4	4 – 5
1 – 2	3 – 4	4 – 6	5 – 7
2 – 5	4 – 5	5 – 7	6 – 8
5 – 10	5 – 6	6 – 8	7 – 9
10 – 20	6 – 8	7 – 9	8 – 12
> 20	7 – 9	8 – 12	10 – 15

Para la ubicación o establecimiento de las diferentes casas muestreadas dentro del área que ocupa la comunidad, se tomó la distancia de la ruta de muestreo y se dividió entre el número de casas que se entrevistaron en la comunidad; la primera casa se ubica a la mitad de la distancia encontrada entre el área de la comunidad, recordando que cada casa o unidad habitacional es representativa de las diferentes condiciones en que se encuentra la comunidad.

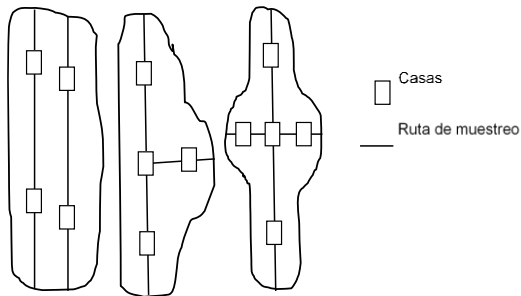


Figura 1. Rutas de muestreo (casas)

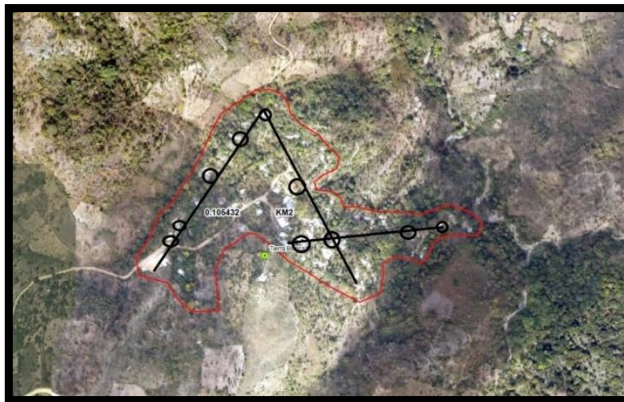


Figura 2. Fotografía aérea de los hogares entrevistados de la comunidad de Tierra Blanca, Camotán

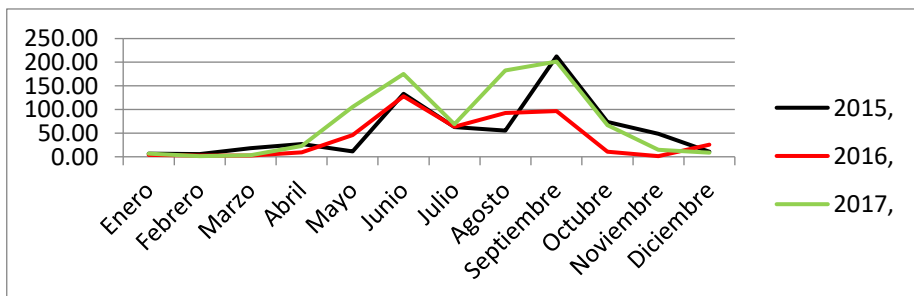
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estableció, que un 85% de las personas entrevistadas han estado trasladando el conocimiento sobre la observación en la naturaleza los signos climáticos de una generación a otra y un 15% menciona que no se está trasladando el conocimiento.

La población entrevistada en 95% menciona que las plantas están en floración en épocas distintas cada año, y un 5% no ha identificado cambios, las plantas que inician la floración en la región son: nombres comunes; campanilla silvestre, madre cacao, mango, aguacate, naranja, limón, cushin, cedro, guamo, cuje, matiliguete, roble, tashiste, liquidámbar, palo blanco, jocotillo, yaje, conacaste, quebracho.

Los entrevistados mencionan que las enfermedades de los animales están asociadas al clima por dos causas, a) enfermedades ocasionadas por el aumento de moscas que transmisoras de enfermedades y con lluvias aumenta la proliferación de ellas y b) las enfermedades que poseen los animales son respiratorias debido al exceso de lluvia en algunas épocas del año u otras de sequía.

Gráfica 1. Análisis de la precipitación histórica local de tres años para determinar ocurrencia de fenómenos climáticos.

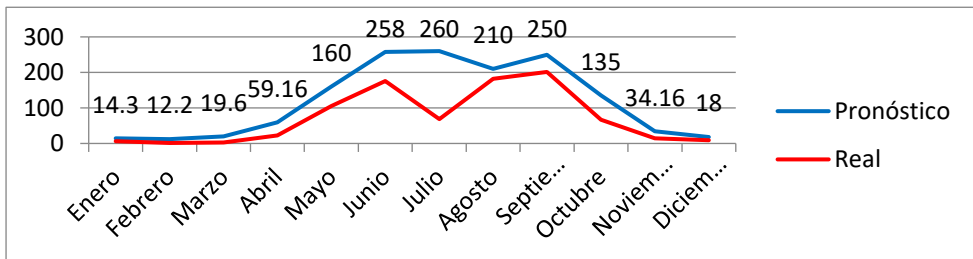


Según las proyecciones para el siglo XXI, es probable que se modifique la frecuencia de los ciclones tropicales en el mundo. Sin embargo, aún persiste la incertidumbre en cuanto a la posibilidad de que su frecuencia se mantenga o decrezca. También es probable un incremento en el promedio de la velocidad de viento máxima y la intensidad de lluvia. (Samaniego & Bárcena, 2014).

Las precipitaciones también están sujetas a los efectos orográficos de las montañas circundantes, que varían según la ubicación, entre 600–2000 mm anuales en la región oriente. La región Ch'orti' se encuentra en una zona subtropical, pero el clima de la región varía significativamente con la topografía. Las temperaturas varían entre 26 a 36 °C con temperaturas más altas, durante el mes de marzo (+36°C).

De acuerdo a la gráfica 1, se observa que el promedio anual de los últimos 3 años es de 600 - 850mm anuales, con un total acumulado por año de: 2015 de 665.40 mm, 2016 de 606.45 y 2017 de 857mm.

Gráfica 2. Efectividad del modelo de sistema de alerta temprana Retrospectiva del año 2017



Los resultados obtenidos del pronóstico del año 2017 con relación al pronóstico real, existe una diferencia significativa, ya que el pronóstico determinó que existiría una lluvia acumulada de 1,430.42 mm y el real fue de 857mm, con una diferencia de 573.42 mm.

Con información local se podrán realizar pronósticos acertados, donde el sistema estará en constante evolución ya que con los datos actuales se podrá calibrar mejor el monitoreo climático, que dará como consecuencia preparar mejor a los agricultores con tiempo de anticipación a que ocurra el evento climático (sequía o canícula), esta herramienta servirá para los tomadores de decisión, alcaldes, líderes comunitarios, para tomar decisiones de alto nivel y poder preparar gestiones de apoyo para los territorios que sean afectados por fenómenos climáticos como el niño.

#### 4. CONCLUSIÓN

1. La población de la región Ch'orti' ha reconocido que el uso de signos en la naturaleza "plantas y animales", son una herramienta de alerta temprana para promover mecanismos locales que mejoren la producción de granos básicos en la región corredor seco Ch'orti'. Los efectos del cambio y variabilidad climática sobre la población del área Ch'orti', también hace referencia a las experiencias y relatos ancestrales por parte de la población que vive en el área; así como los índices de producción, y empleando los datos meteorológicos proporcionados para los municipios del área Ch'orti'.
2. La información registrada por las estaciones climáticas, permite tener datos sobre las condiciones atmosféricas en el Corredor Seco de Guatemala, específicamente en el área Ch'orti' del departamento de Chiquimula, según datos obtenidos de los tres años anteriores a la investigación, se puede hacer un análisis sobre la evidente reducción de las precipitaciones en alrededor del 14% en la estación lluviosa.
3. El grado de efectividad del modelo de sistema de alerta temprana propuesto por la Mancomunidad Copan Ch'orti' es moderadamente bajo, debido a que no cuenta con suficiente información meteorológica de las estaciones, este grado de efectividad irá en aumento de acuerdo a la información acumulada por cada año. Los registros meteorológicos de los últimos 10 años sugieren una intensificación de los ciclos hidrológicos y climáticos en la región, con periodos más intensos de precipitación y periodos prolongados de sequía.

## 5. REFERENCIAS

- Bárcena Ibarra, A., Samaniego, J., Pérez, W., & Alatorre, J. E. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Santiago: Naciones Unidas.  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/45677-la-emergencia-cambio-climatico-america-latina-caribe-seguimos-esperando-la>
- Chianese, F. (2016). El valor de los conocimientos tradicionales; Los conocimientos de los pueblos indígenas en las estrategias de adaptación al cambio climático y la mitigación de este. Italia: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola.
- Elías, S. (2015). Conocimiento tradicional para la adaptación al cambio climático en el altiplano occidental de Guatemala. USA: The Nature Conservancy.  
<https://www.biopasos.com/biblioteca/Conocimientos%20tradicionales%20CC%20Guatemala.pdf>
- Ramírez Villacorta Y. (2013). Saberes ancestrales sobre indicadores climáticos de los hombres y mujeres indígenas amazónicos. Perú: Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER). 142 p.
- Samaniego, J., Bárcena, A., Galindo, L. M., Ferrer Carbonell, J., Alatorre, J. A., Stockins, P., Reyes, O., Sánchez, L., & Mostacedo, J. (2014). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe; Una visión gráfica*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.



**Determinación del tipo de acuífero de ciudad Guatemala  
para la definición correcta de su vulnerabilidad  
intrínseca**

Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez<sup>1</sup>  
Carolina Herrera Rosales<sup>2</sup>

---

Recibido el 04 de abril de 2022.

Aprobado el 08 de abril de 2022.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. iherrerai@hotmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Investigador Asociado.

## RESUMEN

En la ciudad Guatemala el agua potable proviene principalmente de acuíferos, planteándose la necesidad de seguir aprovechando el agua subterránea en forma sostenible, siendo importante determinar la vulnerabilidad intrínseca y el proceso de atenuación natural del acuífero.

El área de estudio es la subcuenca del río Los Ocotes, en la parte noreste de la ciudad, donde se localiza un acuífero volcánico que abastece a varias zonas de la capital.

En este artículo se presentan metodologías para la definición precisa de las características hidráulicas del acuífero, principalmente del coeficiente de almacenamiento, parámetro que se utiliza de base para modelar numéricamente los procesos de flujo del agua subterránea, transporte de contaminantes y el establecimiento de zonas de protección de pozos y manantiales.

Los resultados de la investigación definen el tipo de acuífero y el comportamiento del mismo, para la predicción de la contaminación del agua subterránea, permitiendo ofrecer a la comunidad científica nacional una guía para el establecimiento de los parámetros hidrogeológicos y la vulnerabilidad.

**Palabras clave:** acuífero, agua subterránea, coeficiente de almacenamiento, vulnerabilidad, contaminación.

## ABSTRACT

In Guatemala City, drinking water comes mainly from aquifers, raising the need to continue using groundwater in a sustainable way, being important to determine the intrinsic vulnerability and the process of natural attenuation of the aquifer.

The study area is the sub-basin of the Los Ocotes River, in the northeastern part of the city, where a volcanic aquifer is located that supplies several areas of the capital.

This paper describes methodologies for the precise definition of the hydraulic characteristics of the aquifer, mainly the storage coefficient, a parameter that is used as a basis for numerically modeling the processes of groundwater flow, transport of contaminants and the establishment of protection zones of wells and springs.

The results of the research define the type of aquifer and its behavior, for the prediction of groundwater contamination, allowing to offer the national scientific community a guide for the establishment of hydrogeological parameters and vulnerability.

**Key Words:** aquifer, groundwater, storage coefficient, vulnerability, contamination.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas la ciudad de Guatemala ha crecido alarmantemente, consecuencia de la migración de la población del interior del país a la ciudad y del crecimiento demográfico, existiendo más de cinco millones de habitantes (Instituto Nacional de Estadística, 2016). Paralelamente a esto se ha verificado el crecimiento industrial, dando como resultado altos niveles de contaminantes en las aguas superficiales de ríos y el Lago de Amatitlán, que las hace inadecuadas para el consumo humano, dándose el incremento en la explotación de las aguas subterráneas, donde necesario definir la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación (Herrera et al, 2007).

Los acuíferos son sistemas físicos que poseen un funcionamiento regulado por la recarga, movimiento del agua, descarga y extracciones, y tienen ciertas características fundamentales para la definición del acuífero como la porosidad, la conductividad hidráulica, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento. Estos parámetros permiten predecir el funcionamiento o respuesta del acuífero frente a determinadas acciones exteriores como la contaminación (Fetter, 1980).

El análisis de los procesos de flujo subterráneo de la zona no saturada a la saturada, requiere de la definición de los parámetros hidrogeológicos, principalmente del coeficiente de almacenamiento. Esta característica se debe medir directamente en el campo para predecir la vulnerabilidad del acuífero. Las dificultades que se presentan, es que se necesita un pozo de observación próximo al pozo de bombeo, que se carece en la mayoría de los casos, por lo que resulta ser el parámetro hidrogeológico más difícil de estimar (Herrera y Orozco, 2010).

La vulnerabilidad de un acuífero se refiere a la susceptibilidad natural que presenta a la contaminación y está determinada principalmente por las características intrínsecas del acuífero. También, es función de la resistencia de la zona no saturada a la penetración de contaminantes, así como de la capacidad de dicha zona de atenuar o reducir la acción del o los agentes contaminantes. La capacidad de resistencia de la zona no saturada depende de varios factores, entre los cuales destacan: el grado de confinamiento del acuífero, la profundidad del nivel de agua subterráneo y el tipo de medio de la zona no saturada (Orozco et al, 2011).



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de investigación se sitúa en la cuenca de Los Ocotes, que geográficamente se localiza entre los 14° 32' 06" a 14° 39' 23" de latitud norte y los 90° 24' 02" a 90° 28' 37" de longitud oeste, a una elevación media de 1,500 msnm (Herrera, 2012).

La cuenca tiene una superficie de 63.60 km<sup>2</sup> y se encuentra entre los municipios de Guatemala, San José Pinula y Santa Catarina Pinula. Tiene su nacimiento en las aldeas El Pajón (río Acatán) y Cienaga Grande (río La Palma), al sur del área.

Los materiales utilizados fueron principalmente informes, mapas y perfiles geológicos e hidrogeológicos. Las técnicas comprendieron la recopilación de información geológica e hidrogeológica de la cuenca del río Los Ocotes, realización de una prueba de bombeo del pozo Los Ocotes y la identificación de la estratigrafía del pozo.

### **Métodos utilizados para determinar el coeficiente de almacenamiento**

Generalmente se emplean los métodos de Theis o Jacob (Custodio y Llamas, 2001), sin embargo, si el tipo de acuífero es semiconfinado, se puede utilizar el método de Walton (Kruseman y Ridder, 1994). El valor del coeficiente de almacenamiento en acuíferos libres varía de 0 y 0.3 a 0.4 (30 a 40 % de porosidad eficaz), mientras que, en acuíferos confinados, el intervalo más frecuente es de 10<sup>-5</sup> a 10<sup>-3</sup> (Escuder et al, 2009). En los acuíferos semiconfinados se presentan valores de 10<sup>-2</sup>.

El método de Theis calcula el coeficiente de almacenamiento, mediante la expresión:

$$S = \frac{4 * u * T * t}{r^2}$$

donde:

S = Coeficiente de almacenamiento (adimensional)

u = Determinado por curva patrón de Theis

T = Transmisividad (m<sup>2</sup>/día)

t = Tiempo transcurrido desde que se inicia el bombeo (días)

r = Distancia desde el pozo de observación al pozo de bombeo (m)

El método de Jacob el cálculo del coeficiente de almacenamiento utiliza la relación:

$$S = \frac{2.25 * T * t_0}{r^2}$$

donde:

T = Transmisividad (m<sup>2</sup>/día)

t<sub>0</sub> = Valor que se obtiene al intersectar la recta abatimiento-tiempo en el eje de abatimiento en días.

r = Distancia desde el pozo de observación al pozo de bombeo (m)

El método de Walton (Kruseman y Ridder, 1994) considera la existencia de al menos un acuitardo o capa poco permeable, que es capaz de transmitir lentamente agua. Para este tipo de acuífero semiconfinado se asume que se presentan condiciones similares a la solución de Theis, con las siguientes adiciones: i) filtración por goteo a través de la capa confinante, la cual es vertical y proporcional al abatimiento, ii) la presión en los depósitos que abastecen filtración por goteo es constante, y iii) el almacenamiento en la capa confinante es insignificante.

El método utiliza la familia de curvas tipo de Waltón y el abatimiento (s) por bombeo puede ser descrito por la fórmula de Hantush y Jacob (Kruseman y Ridder, 1994):

$$s = \frac{Q}{4\pi * T} W(u, r / L)$$

Los términos u se pueden definir como:

$$u = \frac{r^2 * S}{4 * T * t}$$

donde:

s = Abatimiento (s = h<sub>0</sub> – h)

Q = Caudal de bombeo

T = Transmisividad (m<sup>2</sup>/día)

S = Coeficiente de almacenamiento

r = Distancia desde el pozo de observación al pozo de bombeo (m)

t = Tiempo transcurrido desde que se inicia el bombeo (días)

k' = Conductividad hidráulica vertical de la capa semipermeable (m/d)

b' = Espesor de la capa semipermeable (m)

L = Factor de goteo o precolación (m)

C = Resistencia hidráulica de la capa semipermeable (días), siendo C = b'/k' o L<sup>2</sup>/T

## **Método para determinar la vulnerabilidad del acuífero**

La vulnerabilidad es la capacidad, susceptibilidad o sensibilidad que presenta el recurso hídrico subterráneo de ser dañado por diversos procesos, de acuerdo a características naturales y antrópicas, y está determinada principalmente por las características intrínsecas del acuífero. La vulnerabilidad del agua subterránea se refiere a la tendencia o probabilidad que un contaminante alcance el sistema acuífero, después de su introducción en algún punto sobre el terreno.

El método GOD (Foster et al, 2003), estima la vulnerabilidad de un acuífero, multiplicando tres parámetros que representan tres tipos de información espacial, como:

- **Grado de confinamiento hidráulico o tipo de acuífero**, cuyo índice puede variar entre 0 a 1.

El modo de ocurrencia del embalse subterráneo varía entre la inexistencia de acuíferos (evaluado con índice 0) en un extremo y la presencia de un acuífero libre (evaluado con índice 1), en el otro extremo, pasando por acuíferos semiconfinados, confinados y surgentes (Figura 2).

- **Ocurrencia del sustrato suprayacente o litología de la zona no saturada**, que evalúa las características litológicas y el grado de consolidación de la zona no saturada o capas confinantes.

Esta información se usa para obtener un índice que puede variar en un rango entre 0.4 a 1.

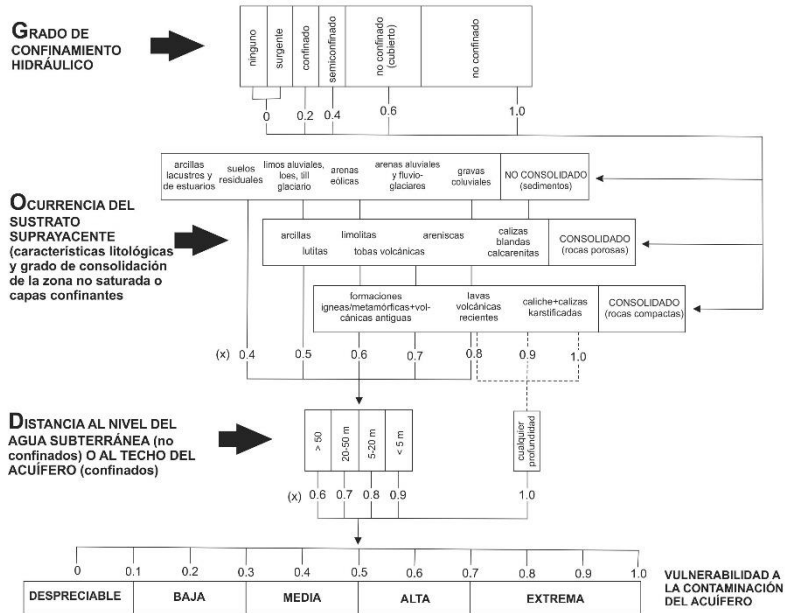
- **Distancia al nivel de agua subterránea, nivel freático o al techo del acuífero (nivel piezométrico).**

De acuerdo a la profundidad observada, este componente puede tomar un valor entre 0.6 a 1.

El producto de estos tres componentes arroja un índice de vulnerabilidad que puede variar entre 0 y 1, indicando vulnerabilidades desde despreciables (0 – 0.1), baja (0.1 – 0.3), media (0.3 – 0.5), alta (0.5 – 0.7) y extrema (0.7 – 1.0).

**Figura 2.**

Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos

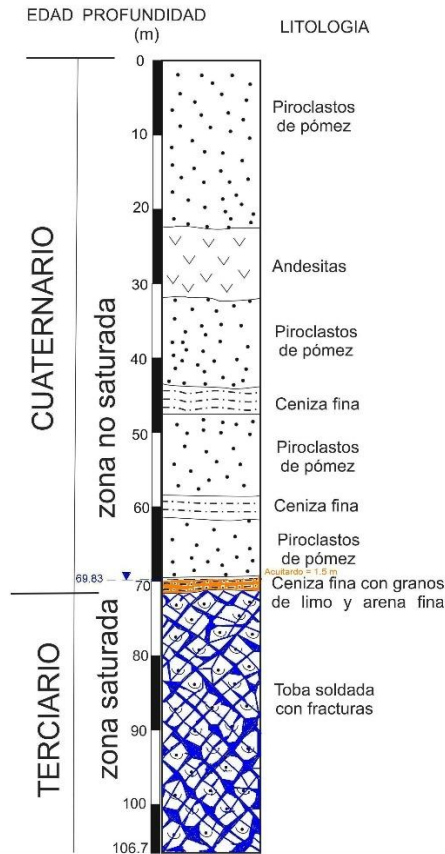


Fuente: Foster, et al., 2003.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El acuífero de la parte noreste de ciudad Guatemala, está constituido por tobas soldadas del período Terciario superior, con características de permeabilidad secundaria por fracturación (Lamarre et al, 1971). Además, el acuífero se encuentra cubierto por depósitos piroclásticos de pómez, una colada de andesitas y capas de ceniza volcánica del período Cuaternario, que constituyen la zona no saturada y el acuitardo (Figura 3).

**Figura 3.**  
Columna litológica del pozo Los Ocotes



### Parámetros hidrogeológicos del acuífero

En el pozo 1 del poblado de Los Ocotes (Finca El Sintul), se extrajo un caudal de 545 m<sup>3</sup>/d (100 gal/min), mientras que el pozo 2 ubicado a 37.7 metros de distancia, se utilizó como pozo de observación (pozo sin bombeo), con un nivel estático de 69.83 metros bajo la superficie del terreno, siendo la profundidad total de los dos pozos de 106.7 metros (350 pies).

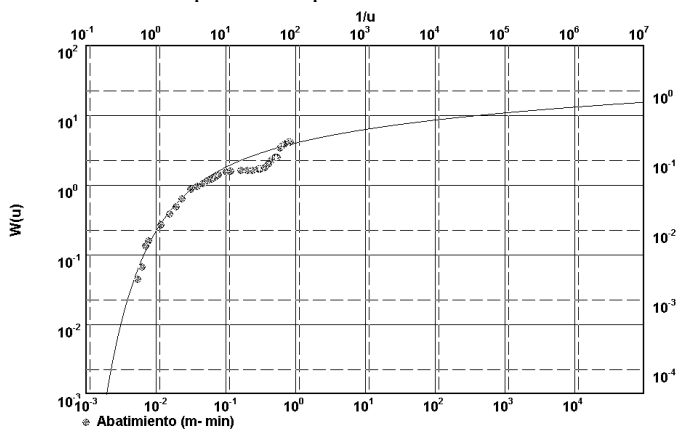
Los valores de los parámetros hidrogeológicos, se presentan en la Tabla 1, obtenidos de acuerdo a los gráficos de los métodos de Theis y Jacob, que se observan en las Figuras 3, 4 y 5. Se resalta que los métodos de Theis y Jacob no tienen un buen ajuste, por lo que se empleó el método de Walton (Figura 6).

**Tabla 1.** Parámetros hidrogeológicos obtenidos con diferentes métodos

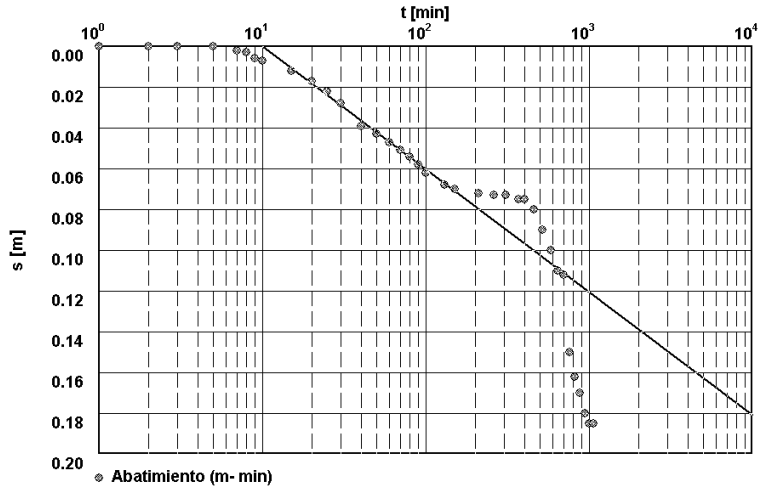
Método	Coefficiente de almacenamiento	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	Conductividad hidráulica (m/d)
Theis	2.4x10 <sup>-2</sup>	971	4.85
Jacob	1.82x10 <sup>-2</sup>	1,642	8.21
Recta 1	9.19x10 <sup>-2</sup>	282	1.41
Jacob	1.98x10 <sup>-2</sup>	542	2.71
Recta 2			
Walton			

### Figura 3.

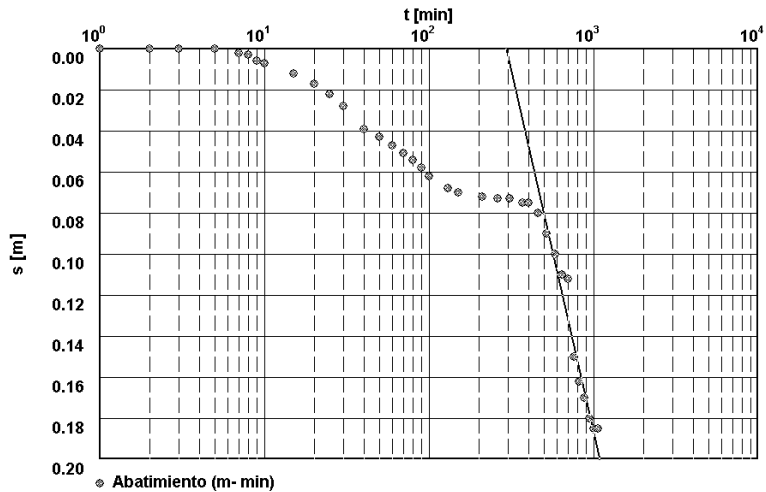
Gráfico de Theis de la prueba del pozo Los Ocotes



**Figura 4.**  
Gráfico de Jacob de recta 1 de la prueba del pozo Los Ocotes

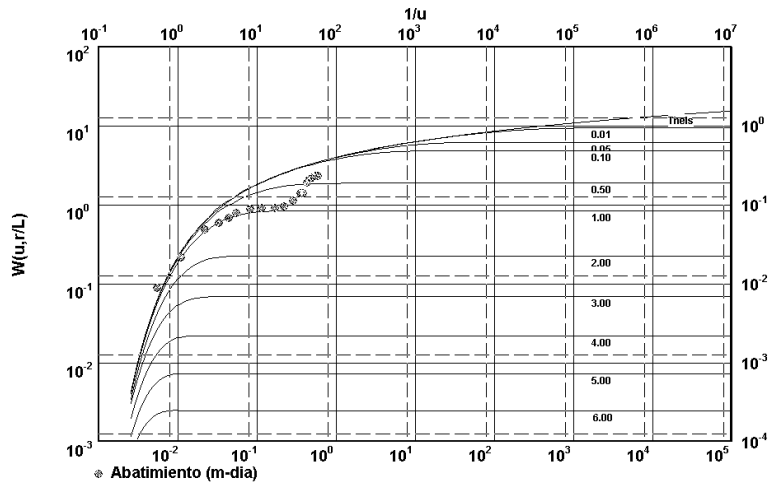


**Figura 5.**  
Gráfico de Jacob de recta 2 de la prueba del pozo Los Ocotes



**Figura 6.**

Gráfico de Walton de la prueba del pozo Los Ocotes



En el pozo Los Ocotes el nivel piezométrico es de 69.83 metros de profundidad y se encuentra en una capa de cenizas volcánicas con limo y arena fina de 1.5 metros de espesor ( $b'$ ), que funciona como un acuitardo (ver Figura 7) o capa que transmite agua muy lentamente de manera vertical, pero no lateralmente.

En los gráficos de Theis y Jacob, se puede observar que la distribución de los puntos de abatimiento se estabiliza entre los 190 a 310 minutos, como resultado de que el acuitardo, contiene cierta cantidad de agua que cede muy lentamente, y por presentarse pequeños niveles de descenso, se comporta como una recarga.

Por otra parte, en el gráfico de Jacob, la primera disposición de los puntos origina una recta con menor pendiente que define un menor abatimiento y por ende una mayor transmisividad ( $1,642 \text{ m}^2/\text{d}$ ). Seguidamente el descenso de nivel de agua subterránea, después de los 100 minutos intercepta un sistema de fracturas y se estabiliza hasta los 310 minutos, y posteriormente se presenta una disposición de puntos que origina una recta con mayor pendiente, mayor abatimiento y menor transmisividad ( $282 \text{ m}^2/\text{d}$ ), lo que confirma que es un medio fracturado y con sistemas de fracturas de diferente permeabilidad.

Cuando existe un acuífero semiconfinado, los métodos de Theis y Jacob no proporcionan valores de transmisividad confiables y, por lo tanto, se

recurre al método de Walton, que considera la existencia de al menos un acuitardo, calculándose valores más precisos de transmisividad de 542 m<sup>2</sup>/d y de coeficiente de almacenamiento de  $1.98 \times 10^{-2}$ .

La conductividad hidráulica (K) se obtuvo de acuerdo a la relación de la transmisividad y el espesor saturado ( $K = T/b$ ), siendo este último de 200 metros, obtenido de acuerdo a la profundidad total de los pozos más profundos de Kanajuyú Zona 16 (350 metros) y Hacienda Real Zona 17 (400 metros) y el nivel estático de 150 y 208 metros respectivamente.

El método de Walton, también permite determinar la resistencia hidráulica (C), la permeabilidad ( $k'$ ) y la transmisividad ( $T'$ ) del acuitardo, de acuerdo a la curva utilizada de  $r/L = 0.9$ , con lo que se obtuvieron los valores:  $W(u, r/L) = 1$ ,  $u = 1$ ,  $s = 0.08$  m,  $t = 0.013$  días.

La resistencia hidráulica ( $C = L^2/T$ ) del acuitardo es de 3.24 días, para que se infiltre una gota de agua. La permeabilidad ( $k' = b'/C$ ) del acuitardo es 0.46 m/d, lo que significa que el medio es poco permeable y drena mal. Mientras que la transmisividad ( $T' = k' \cdot b'$ ) del acuitardo es menor a 1 m<sup>2</sup>/d, que se clasifica como nula.

### **Vulnerabilidad intrínseca del acuífero**

El tipo de ocurrencia del agua subterránea (G), se clasifica con un valor índice de 0.4, que corresponde a un acuífero semiconfinado. La ocurrencia del sustrato suprayacente (O) o litología de la zona no saturada, es de piroclastos de pómez de arenas eólicas y capas de ceniza volcánica, que definen un índice de 0.6. Mientras que la distancia al nivel del agua subterránea (D), en las partes alta y media de la subcuenca es mayor de 50 metros bajo el terreno, siendo el índice de 0.6 y por lo tanto, la vulnerabilidad del acuífero es de 0.144, que corresponde a una vulnerabilidad baja. En la parte baja de la subcuenca la distancia al nivel estático, es de 8.33 a 9.14 metros y el índice es 0.8, definiéndose una vulnerabilidad de 0.192, que también se clasifica como baja.

La vulnerabilidad del acuífero esta definida principalmente por el grado de confinamiento hidráulico o tipo de acuífero, que en este caso para un acuífero semiconfinado es baja, siendo generalmente alta para acuíferos libres. La ocurrencia del sustrato suprayacente de piroclastos de pómez o litología de la zona no saturada, determina un índice medio, siendo alto para gravas, calizas y rocas fracturadas, mientras que para arcillas y rocas consolidadas el índice es bajo. La distancia al nivel del agua subterránea es variable de acuerdo a la posición topográfica, teniendo un índice medio.

#### 4. CONCLUSIONES

1. La caracterización hidrogeológica de la subcuenca del río Los Ocotes en la parte noreste del valle de Guatemala, identifica un acuífero volcánico en tobas fracturadas, cuyo espesor es superior a los 200 metros.
2. Los parámetros hidrogeológicos del acuífero son: coeficiente de almacenamiento de  $1.98 \times 10^{-2}$  que define un acuífero semiconfinado, una transmisividad media de 542 m<sup>2</sup>/día y una conductividad hidráulica media de 2.71 m/día.
3. La aplicación de diferentes métodos de la prueba de bombeo del pozo Los Ocotes, ubicado en la parte media de la subcuenca, permitió definir el tipo de acuífero como semiconfinado con un alto grado de precisión, que fue confirmado por la litoestratigrafía y la pequeña variación de niveles estáticos de pozos en tres años de medición.
4. El cálculo correcto del coeficiente de almacenamiento, es un aporte científico importante para la definición del tipo de acuífero en el valle de Guatemala y para la estimación del índice de vulnerabilidad intrínseca del acuífero.
5. El tipo de acuífero semiconfinado y la litología de la zona no saturada de piroclastos de pómez con capas de ceniza volcánica, evidencian una vulnerabilidad baja.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Custodio, E., & Llamas, R. Hidrología subterránea. Tomo I (2ª ed.). Omeqa Ediciones. Barcelona, España. 2001. 1157p.
- Escuder, R.; Fraile, J.; Jordana, S.; Ribera, F.; Sánchez-Vila, X. & Vázquez-Suñé, E. Hidrogeología, conceptos básicos de hidrología subterránea. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS). Barcelona, España. 2009. 768 p.
- Fetter, C.W. Applied Hydrogeology. (3ª ed.). New York. 1980. 654p.
- Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D'Elia, M. & Paris, M. Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Una contribución para hacer más visible al agua subterránea y así más manejable. Banco Mundial. Washington, D.C. 2003. 115 p.
- Herrera, I. R. Estudio hidrogeológico de la subcuenca del río Los Ocotes para determinar las áreas principales de recarga hídrica e identificación de las áreas vulnerables a deslizamientos e inundaciones para proponer alternativas de prevención de la parte noreste de la Ciudad de Guatemala. Informe Final proyecto FODECY 035-2009. Guatemala, Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología, 2012. 123 p.
- Herrera, I. I.; Orozco, E. O. y Padilla, T. A. Guía para el manejo de cuencas hidrográficas. Primera edición. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2007. 135 p.
- Herrera, I.R. & Orozco, E.O. Hidrogeología de Ojo de Agua, cuenca sur de la Ciudad de Guatemala. Rev. Geol. América Central., 42: 85-98, 2010.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). Encuesta nacional de condiciones de vida. Guatemala. 2016.

- Kruseman, G. & De Ridder, N. Analysis and evaluation of dumping test data. Second edition. International Institute for Land Reclamation and Improvement. The Netherlands. 1994. 377 p.
- Lamarre, A.; Lamarre, R.; Loucks, T. & Brown, R. The geology of the San José Pinula quadrangle, Guatemala. Dartmouth College Hanover, New Hampshire. 1971. 102 p.
- Orozco, E.O.; Herrera, I.R. & Mujica, A.C. Vulnerabilidad intrínseca del acuífero del valle de Chimaltenango, altiplano central de Guatemala. Impactos preliminares de su gestión integrada. Rev. Ciencias Técnicas Agropecuarias., 20(4): 42-47, 2011.



## **Determinación del Índice de Sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango**

Victor Leonel Mux Caná <sup>1</sup>  
Jerónimo Marvin Tomas López <sup>1</sup>  
Smaily Enrique Hernández Gil <sup>1</sup>

---

Recibido el 25 de noviembre de 2021.

Aprobado el 29 de noviembre de 2021.

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo, Ing. Forestal e Ing. Civil. Investigadores del Centro Universitario de Chimaltenango, Agronomía. [agroleonel@yahoo.com.mx](mailto:agroleonel@yahoo.com.mx), [catedra.cundechusac@gmail.com](mailto:catedra.cundechusac@gmail.com), [sh.fnw.94@gmail.com](mailto:sh.fnw.94@gmail.com).

## RESUMEN

El Enfoque de Presión-Estado-Respuesta –PER– es una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos, utilizada para cualificar los estándares de calidad del agua, así como cuantificar el volumen total de agua utilizada por los habitantes de una determinada cuenca auxiliándose para ello de instrumentos de política. Actualmente las cuencas Xayá y Pixcayá que abarcan municipios como Tecpán Guatemala, Comalapa, Zaragoza, Santa Cruz Balanya y Chimaltenango han sido sujetas a presiones de toda índole, desde el crecimiento poblacional *per se* hasta el uso desmedido y contaminación de recursos naturales como el agua, los bosques y la ausencia de medidas mitigadoras para la gestión ambiental. El objetivo de la investigación consistió en determinar los indicadores relacionados con las presiones recibidas por los ecosistemas, determinar los indicadores del estado actual de los territorios ante tales presiones y sobre todo evaluar los indicadores que corresponden a las respuestas que los conglomerados sociales le han dado a este tipo de presiones. En la presente investigación no se cumple la hipótesis, ya que el índice de sostenibilidad de cuencas obtenido para el territorio de las Cuencas Xayá y Pixcayá tiene un valor de 0.48 o el equivalente a 48%, es decir 22 puntos abajo del valor de 70 planteado en la hipótesis del presente estudio. El índice de sostenibilidad hídrica de las Cuencas Xayá y Pixcayá basada en la evaluación de los indicadores tiene un valor de 48 puntos apoyando débilmente el alcance de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

**Palabras clave:** Ecología, Sustentable, Agua y Saneamiento, Chimaltenango.

## ABSTRACT

The Pressure-State-Response Approach –PER– is a methodology for assessing the sustainability of water resources, used to qualify water quality standards, as well as quantify the total volume of water used by the inhabitants of a given basin using policy instruments to do so. Currently the Xayá and Pixcayá basins that encompass municipalities such as Tecpán Guatemala, Comalapa, Zaragoza, Santa Cruz Balanya and Chimaltenango have been subjected to pressures of all kinds, from population growth per se to the excessive use and contamination of natural resources such as water, forests and the absence of mitigating measures for environmental management. The objective of the research was to determine the indicators related to the pressures received by ecosystems, determine the indicators of the current state of the territories in the face of such pressures and, above all, evaluate the indicators that correspond to the responses that social conglomerates have given to this kind of pressure. In this research, the hypothesis is not fulfilled, since the basin sustainability index obtained for the territory of the Xayá and Pixcayá Basins has a value of 0.48 or the equivalent of 48%, that is, 22 points below the value of 70 raised. in the hypothesis of the present study. The water sustainability index of the Xayá and Pixcayá Basins based on the evaluation of the indicators has a value of 48 points, weakly supporting the scope of an Integrated Management of Water Resources.

**Key words:** Ecology, Sustainable, Water and Sanitation, Chimaltenango.

## 1. INTRODUCCIÓN

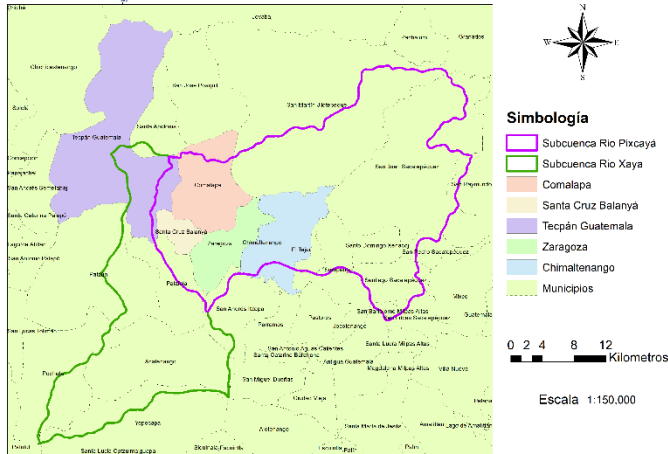
El Enfoque de Presión-Estado-Respuesta –PER– es una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos, utilizada para cualificar los estándares de calidad del agua, así como cuantificar el volumen total de agua utilizada por los habitantes de una determinada cuenca auxiliándose para ello de instrumentos de política. Para estimar el presente índice, se utilizan datos retrospectivos relacionados con la calidad y cantidad del recurso hídrico basado en poblaciones. Como resultado, se concluye si la región estudiada alcanza un valor aceptable de sostenibilidad tomando como punto de referencia de condiciones ideales de gobernabilidad o de gestión integrada de los recursos hídricos los valores cercanos a 1 o a 100 respectivamente.

Actualmente las cuencas Xayá y Pixcayá que abarcan municipios como Tecpán Guatemala, Comalapa, Zaragoza, Santa Cruz Balanyá y Chimaltenango están sujetas a presiones de toda índole, desde el crecimiento poblacional per se hasta el uso desmedido y contaminación de recursos naturales como el agua, los bosques y la ausencia de medidas mitigadoras para la gestión ambiental. El objetivo de la investigación consistió en determinar los indicadores relacionados con las presiones recibidas por los ecosistemas, determinar los indicadores del estado actual de los territorios ante tales presiones y sobre todo evaluar los indicadores que corresponden a las respuestas que los conglomerados sociales le dan a este tipo de presiones ya sea formulando participativamente instrumentos normativos y/o aplicando medidas específicas para resolver la presión en el agua, en el suelo y el bosque.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron expedientes de series de datos históricos de precipitación pluvial, registros de cobertura forestal, datos de población, estadísticas socioeconómicas, así como de provisión y disposición de servicios de agua y saneamiento de las comunidades priorizadas. Todo lo anterior contrastado con datos de censos poblacionales e información socioeconómica. Se desarrollaron jornadas participativas de consulta, entrevistas, medición en campo y revisión de datos de fuentes secundarias, se estructuraron cuadros analíticos que posteriormente se emplearon en la aplicación de las ecuaciones correspondientes.

**Figura 1**  
 Mapa de cuenca Xayá y Pixcayá



Fuente: Hernández Gil, E. 2020.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Presión

##### 3.1.1 Hidrología - Indicador De Cantidad De Agua (H 1)

Utilizando los datos tabulados, se obtuvo la lluvia diaria para diferentes años, al sumar la lluvia proveniente de un año se tiene la tabla de datos de lluvia acumulados la cual nos ayuda a poder calcular la variación de la disponibilidad de agua per cápita en las cuencas de Xayá y Pixcayá para un periodo analizado (2008 a 2018), con relación al registro de lluvias anual a largo plazo (1980 a 2018). A continuación, se muestra la fórmula:

$$\Delta = \frac{Q_{2008-2018} - Q_{1980-2018}}{Q_{1980-2018}} * 100$$

Donde:

$\Delta$  es la variación de la disponibilidad de agua per cápita en el período

Q es el promedio del caudal disponible en los años indicados

Para el caso de la cuenca Xayá se utilizarán el 100% de los datos de la Estación Santa Cruz Balanyá:

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} &= \frac{1022.04mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 \\ &= 365,224,256.5 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} &= \frac{971.86mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 \\ &= 347,292,518.8 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\Delta = 5.16\%$$

La puntuación en la variación de la disponibilidad de agua *per cápita* en la cuenca Xayá es de 0.75, indicando que la capacidad anual es mayor en los últimos años (entre 2008 a 2018) aumentando, consecuentemente, la capacidad de abastecer de agua a la población.

Para el caso de la cuenca Pixcayá se utilizará el 50% de los datos de la Estación Santa Cruz Balanyá y 50% de la Estación San Martín Jilotepeque: Estación Santa Cruz Balanyá:

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} &= \frac{1022.04mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 182,612,118.2 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} &= \frac{971.86mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 173,646,259.4 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

Estación San Martín Jilotepeque:

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} &= \frac{1282.34mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 229,121,009.5 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} &= \frac{1325.29mm}{1000mm} m * 357348300 m^2 * 0.5 \\ &= 236,795,064.2 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

Cálculo

$$\begin{aligned} Q_{2008-2018} \text{ Total} &= 182,612,118.2 + 229,121,009.5 \\ &= 411,733,127.7 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{1980-2018} \text{ Total} &= 173,646,259.4 + 236,795,064.2 \\ &= 410441,323.6 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

$$\Delta = 0.3147\%$$

La puntuación en la variación de la disponibilidad de agua *per cápita* en la cuenca Pixcayá es de 0.75, indicando que la capacidad anual es mayor en los últimos años (entre 2008 a 2018) aumentando, consecuentemente, la capacidad de abastecer de agua a la población.

Los datos de lluvia fueron utilizados para este análisis debido a que se carece de datos de caudales registrados en diferentes puntos en la subcuenca y datos de dotación a los habitantes de las diferentes áreas de los municipios analizados.

3.1.2 Hidrología -Indicador de Calidad de Agua (H2)

Se carecen de datos de esta naturaleza en los cinco municipios. Actualmente las Plantas de Tratamiento de aguas residuales están operando con débil administración, operación y mantenimiento. Por el criterio experto se le asigna un valor de 0.5

### 3.1.3 Ambiente -E-

Describe la presión ejercida sobre el ambiente por las actividades humanas. El 32.27 % del total de hectáreas cuentan con un “USO APROPIADO” y el restante está siendo "sobre utilizadas". En función de lo anterior, la puntuación es de 0.25.

### 3.1.4 Indicador de Vida -L-

Emplea como indicador, la variación del índice del ingreso *per cápita* en el período de estudio para las poblaciones seleccionadas. Para calcular el indicador se utilizó la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (0.589 - 0.609) / 0.609 \right\} * 100 = -3.28$$

Ii1 = Índice de Ingresos período anterior<sup>2</sup>

Ii2 = Índice de Ingresos período bajo evaluación

$\Delta$  = Porcentaje de Cambio.

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado -3.28 %, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 0.5, equivalente a un avance medio en el período estudiado.

### 3.1.5 Indicador de Políticas -P-

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (0.472 - 0.432) / 0.432 \right\} * 100 = 9.25$$

IC1 = Índice de Conocimiento período anterior

IC2 = Índice de Conocimiento período bajo evaluación

$\Delta$  = Porcentaje de Cambio.

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado 9.25 %, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 0.75, equivalente a excelente.

---

<sup>2</sup> Como parte de la comparación de IDH de dos períodos.

### 3.2 Estado

#### 3.2.1 Hidrología - Indicador De Cantidad De Agua (H 1)

La disponibilidad de agua ( $W_a$ ) corresponde a la división entre el promedio histórico del agua disponible o escorrentía neta y la población existente de las cuencas.

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente formula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (347,292,518.8 + 410,441,323.6) / 89,052 \right\}$$
$$\Delta = \left\{ (757,733,842.4) / 89,052 \right\} = 8,508.9 \text{ m}^3/\text{Habitante}$$

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado 8,508.9, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 1.00, equivalente a un avance excelente en el período estudiado.

#### 3.2.2 Hidrología -Indicador de Calidad de Agua (H2)

El parámetro utilizado como indicador para calidad de agua fue la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Los registros para el periodo de análisis (10 años) debieran corresponder al promedio de las estaciones sin embargo es escasa dicha información para las áreas de las cuencas. Por el criterio experto se le asigna un valor de 0.25 dada la disfuncionalidad de las PTAR.

#### 3.2.3 Ambiente -E-

Se refieren a la calidad del ambiente, así como a la cantidad y estado de los recursos naturales existentes dentro de la cuenca. Este parámetro hace referencia al porcentaje de vegetación natural remanente en la cuenca ( $A_v$ ).

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (194.91 \text{ Km}^2 / 491.17 \text{ Km}^2) \right\} * 100$$
$$\Delta = \left\{ (0.316 * 100) \right\} = 39.68\%$$

Al introducir las variables en la fórmula dio como resultado 39.68%, lo que de acuerdo con la tabla de aplicación del WSI, significa que el puntaje es de 0.75, equivalente a “bueno”.

### 3.2.4 Indicador de Vida -L-

El parámetro utilizado es el IDH ponderado por la población asentada en los territorios para cada comunidad en el período anterior. Del cálculo efectuado resultó un valor de 0.473 (Promedio entre IDH 2,011 y 2,014  $0.487+0.459$ ); De acuerdo con la tabla de puntaje corresponde a un valor de 0.00 que se clasifica como un valor bajo de calidad de vida.

### 3.2.5 Indicador de Políticas -P-

Refleja la efectividad de la capacidad legal e institucional, en el manejo de los recursos del agua, a través de la evaluación de la existencia del marco legal, de la existencia del marco institucional, y del manejo de la participación.

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$CI = \left\{ (L + I + P / 3) \right\}$$

Donde:

CI = Capacidad Institucional

L = Nivel de efectividad del marco legal

I = Nivel de efectividad del marco institucional

P = Nivel del involucramiento de la comunidad en los temas relacionados con el manejo de los recursos hídricos.

Con el criterio experto y en base a los parámetros siguientes: Marco Legal (L), Marco Institucional (I) y Manejo de la participación (P) en base a consulta multidisciplinaria se asignaron las siguientes valoraciones: a) Marco Legal: Media: 0.50. b) Marco Institucional: Media, 0.5 y c) Manejo de la participación: Media, 0.5. Promedio: 0.5.

### 3.3 Respuesta

#### 3.3.1 Hidrología - Indicador De Cantidad De Agua (H 1)

Mide la optimización en la gestión del agua para consumo humano, riego y otros usos. La evolución o mejoras en el período ha sido “Regular”, ya que entre los indicadores de bajo alcance está el estado actual sobre la capacidad de uso del suelo que es bajo y que por ende contribuye al deterioro de la calidad de las zonas de recarga hídrica. El puntaje correspondiente a un nivel o valor de “Regular” es 0.5.

#### 3.3.2 Hidrología -Indicador de Calidad de Agua (H2)

El indicador de respuesta (acciones que se han estado realizando en las cuencas en materia de tratamiento y disposición de aguas servidas en los últimos 5 años, relativo al periodo de largo plazo) se estimó sobre la base de una revisión de la normativa y cumplimiento de la misma en las cuencas respectivas, cuatro de cinco municipios están implementando obras de infraestructura relacionados con evitar la contaminación ambiental sin embargo a pesar de estar construida no tiene la correcta administración, operación y mantenimiento. El valor es de 0.25, correspondiente a “Pobre”.

#### 1.3.3 Ambiente –E-

Los cinco municipios cuentan, a nivel municipal, con Direcciones Municipales de Planificación en apoyo a proyectos relacionados con agua y saneamiento sin embargo de manera incipiente únicamente Tecpán Guatemala ha creado recientemente su Oficina de Agua, basado en la tabla de Instrumentos para la GIRH en cuencas estratégicas el valor asignado a la respuesta de la sociedad en el tema ambiente es de “Media” con una puntuación de 0.5.

#### 3.3.4 Indicador de Vida -L-

El valor obtenido del indicador de respuesta para este subíndice fue de 0.028 y está dentro del rango de 0 a 10 cuya puntuación es de 0.5. Se refiere básicamente a la variación positiva en el IDH en la cuenca en el período de estudio.

#### 3.3.5 Indicador de Políticas -P-

Este indicador se refiere a la evolución en la inversión en el manejo integrado de los recursos del agua, a través del cual se refleja la respuesta

de los actores y de los tomadores de decisiones para tomar acción en los problemas de los recursos hídricos.

Para calcular el indicador se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$\Delta = \left\{ (G2 - G1 / G1) * 100 \right\}$$

$\Delta$  = Porcentaje de Cambio

G1 = Inversión monetaria en la cuenca en el periodo anterior

G2 = Inversión monetaria en la cuenca en el periodo actual.

Para afirmar que se invierte en gestión integrada de recursos hídricos implica invertir en educación ambiental, en normativa, en difusión e institucionalización de los diversos usos del agua, así como el saneamiento incluyendo la gestión integral de residuos y desechos sólidos. El valor asignado con base a la tabla es de 0.25.

#### 3.4. El índice de sostenibilidad hídrica de las Cuencas Xayá y Pixcayá

El índice de sostenibilidad hídrica de las Cuencas Xayá y Pixcayá basada en la evaluación de los indicadores tiene un valor de 48 puntos (0.48) apoyando débilmente el alcance de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos, como puede observarse en el Cuadro 1.

**Cuadro 1:** Aplicación del WSI<sup>3</sup> en las cuencas Xayá y Pixcayá.

Indicador	Presión <i>Puntaje</i>	Estado <i>Puntaje</i>	Respuesta <i>Puntaje</i>	WSI
Hidro - Q	0.75	1.00	0.50	0.75
Hidro - C	0.50	0.25	0.25	0.33
Ambiente	0.25	0.75	0.50	0.50
Vida	0.50	0.00	0.50	0.33
Políticas	0.75	0.5	0.25	0.50
Resultado	0.53	0.47	0.41	0.48

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>3</sup> WSI: Índice de Sostenibilidad de Cuenca

#### 4. CONCLUSIONES

Para cuencas con mayor desarrollo, regularmente se dispone de información y dada la importancia estratégica de las mismas se planifican actividades en respaldo de su conservación, usos integrados del recurso hídrico y la correcta y sólida administración, operación y mantenimiento de los sistemas multifinalitarios del agua. Para la presente investigación no se disponen de datos de calidad de agua por varias razones, el Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006, que mandata el tratamiento y vigilancia de las aguas residuales se ha venido posponiendo en más de tres ocasiones de parte de las autoridades municipales con el respaldo del gobierno central y del ministerio de ambiente y recursos naturales.

Los valores menores obtenidos en la construcción del índice de sostenibilidad de la cuenca están justamente vinculados con temas de calidad de agua, así como con temas relacionados con la evolución del índice de desarrollo humano, sin embargo, la parte de organización social, así como la construcción de normativas propias para la gestión de los territorios también favorecieron la baja consecución de resultados que pudieran incrementar el valor del índice.

El valor del indicador ambiental que ejerce mayor presión en la cuenca es el referido a uso apropiado del suelo correspondiente a 0.25, en escala distinta se encuentra el indicador de variación en la disponibilidad de agua 0.75; en segunda instancia está el indicador social relacionado con los ingresos per cápita (0.5), dichos indicadores se correlacionan ya que al no contar con recursos la población hace mayor presión en los recursos naturales.

El valor de indicadores clave que abonan a la integridad ecológica y el alcance de las aspiraciones humanas en la cuenca de los ríos Xayá y Pixcayá son los referidos a indicadores de cantidad de agua (1.00), cobertura forestal (0.75) e indicadores relacionados con el marco legal, institucional y manejo de la participación (0.5), tales indicadores son el soporte de la sostenibilidad en la cuenca.

El valor de los indicadores de RESPUESTA menos valorados se refiere a la calidad del agua, así como a las inversiones para la Gestión Integrada de recursos hídricos, ambos tienen (0.25) catalogándose como pobres.

## 5. REFERENCIAS

1. UNESCO, 2008. Evaluación preliminar de la aplicación y cálculo del índice de sostenibilidad de cuencas en la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. Documentos técnicos del PHI LAC.
2. “Agua y medio Ambiente, hidrología, Modelación” Año 2009. Curso del 12 al 15 de mayo, Conferencia iberoamericana de directores de Agua, CODIA.
3. Metodología para la determinación de caudales en América Latina, Año 2017. Red Latinoamericana de Centros de Conocimiento de Gestión de Recursos hídricos –RALCEA- 52 p.
4. Chávez, E. 2008 Evaluación Preliminar de la aplicación y cálculo del índice de sostenibilidad de Cuenca -PHI – UNESCO.
5. Mux Caná, V. L.; Tomás López, J. M; Hernández Gil, S. E. 2020. Determinación del índice de sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/cultura/INF-2020-10.pdf>

## 6. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación -DIGI- de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria **4.8.54.0.10** durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación de Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca. Investigación realizada con el respaldo de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Chimaltenango -CUNDECH- USAC.



## **Evaluación de la adaptabilidad de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*), en el departamento de Jalapa, Guatemala**

Gesly Anibal Bonilla Landaverri<sup>1</sup>  
Enma Yolanda Turcios Martínez<sup>2</sup>  
Oscar Alfredo Sánchez Barrientos<sup>3</sup>

---

Recibido el 03 de febrero de 2022.  
Aprobado el 11 de febrero de 2022.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental, Doctor en Ciencias Políticas y Sociología. Profesor Titular CUNUSORI. [gesly77@hotmail.com](mailto:gesly77@hotmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniera en Alimentos, Maestra en Docencia e Investigación Científica. Profesora Investigadora CUNUSORI. [eyturcios@yahoo.com.mx](mailto:eyturcios@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, Maestro en Docencia Universitaria. Profesor Investigador CUNUSORI. [oscarito3795@hotmail.com](mailto:oscarito3795@hotmail.com)

## RESUMEN

Se realizó un estudio sobre la adaptabilidad de *Chenopodium quinoa*, en tres localidades a diferentes altitudes con dos variedades. En Guatemala existe el problema de la inseguridad alimentaria, por lo que, con esta especie comestible en el departamento de Jalapa, se podría contribuir en mejorar la dieta de las personas. Se decidió utilizar un arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a las variedades y la parcela pequeña fueron las localidades. De acuerdo con los resultados, existieron diferencias significativas entre los tratamientos en donde la variedad Pasankalla en la localidad de Jalapa, que se encuentra a 1,361 msnm con ubicación geográfica: 14° 37'44'' Latitud Norte y 89° 59'17'' Longitud Oeste presentó los mejores rendimientos con una producción promedio de 1,649.50 gr /parcela 3.64 m<sup>2</sup> que equivale a 4.53 t/ha, y está por encima de las 3.5 t/ha que producen los agricultores. Sin embargo, no existió diferencia significativa en la interacción entre variedades y localidades, por lo que se concluye que la variedad Pasankalla produce mejores rendimientos que la variedad Collana independientemente de la localidad.

**Palabras clave:** Quinoa, adaptabilidad, seguridad alimentaria, nutrición.

## ABSTRACT

A study on the adaptability of *Chenopodium quinoa* was carried out in three locations at different altitudes with two varieties. In Guatemala, there is a problem of food insecurity; therefore, this edible species in the department of Jalapa, it could contribute to improving people's diet. It was decided to use an arrangement in divided plots, where the large plot corresponded to the varieties and the small plot were the localities. According to the results, there were significant differences between the treatments where the Pasankalla variety in the town of Jalapa, which is located at 1,361 me above sea level with geographic location: 14 ° 37'44 "" North Latitude and 89 ° 59'17 "" West Longitude presented the best yields with an average production of 1,649.50 g / 3.64 m<sup>2</sup> plot, which is equivalent to 4.53 t/h, and it is above the 3.5 t/ha produced by farmers. However, there were no significant differences in the interaction between varieties and localities, which is why it is concluded that the Pasankalla variety produces better yields than the Collana variety regardless of the location.

**Key Word:** Quinoa, adaptability, food security, nutrition

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) en 2011, tanto en Guatemala como los otros países del istmo centroamericano, las fuentes de proteína son casi exclusivamente provenientes del maíz y del frijol, que son de 10 y 28 g/100 g respectivamente. Sin embargo, es necesario encontrar cultivos con alto potencial proteínico y que produzcan alimentos de calidad, se considera que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd. 1798) se presenta con un alto potencial tanto desde sus bondades nutritivas (Chito et al., 2017), que presenta un nivel de 16.5 g/100 g, tiene una versatilidad agronómica para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta, especialmente en aquellos países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína, o donde tienen limitaciones en la producción de alimentos, así también es bajo su costo de producción, ya que es un cultivo poco exigente en insumos y mano de obra. En los últimos años también se han realizado estudios de esta especie como alternativa alimenticia de personas diabéticas (Hernández, 2015) y prediabéticas (Abellán et al., 2017), y principalmente se ha experimentado sobre la producción de variedades rendidoras que tengan buen rendimiento para satisfacer las necesidades alimenticias de la región andina (Dirección de Investigación Agraria del Perú, 2006)

Según la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS por sus siglas en inglés), en 2009, Guatemala es un país vulnerable a la desnutrición y el departamento de Jalapa se encuentra incluido entre los más afectados en este aspecto por pertenecer al corredor seco, se pretendió con esta investigación evaluar la adaptabilidad del cultivo de quinua en tres localidades, porque no existen muchos estudios en Guatemala y aunque en otros países se investiga mucho este cultivo (García & Plazas, 2019). Se considera que en el futuro pueda convertirse para Guatemala en un nuevo cultivo complementario a los tradicionales, pero con un valor proteico superior a los ya existentes y consumidos por la población, ya que según FAO (2011) la quinua contiene todos los aminoácidos esenciales por lo que se considera un alimento con proteína completa (Veloza et al., 2016), además contiene vitaminas esenciales, minerales y casi dos veces más fibra que la mayoría de los granos, la cual ayuda a regular el sistema digestivo, así también tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes climas desde el desértico hasta

climas cálidos y secos (Bilalis et al., 2019), es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo.

Se consideró investigar la adaptabilidad de quinua en el departamento de Jalapa para incluirlo en la dieta diaria de las personas, ya que existe diversidad de formas de utilización para el consumo humano y con esto se contribuiría a mejorar la nutrición y seguridad alimentaria de la población. Por tal motivo, se decidió realizar un experimento que consistió en evaluar dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) en tres localidades con distintas altitudes con el objeto de determinar si las condiciones climáticas influyen en el desarrollo y rendimiento del cultivo. Las localidades se encontraban a 1361 msnm, San Pedro Pinula 1116 msnm, y Aldea El Refugio, Mataquesuintla a 2201 msnm. Se obtuvo semillas de dos variedades Collana y Pasankalla. Se decidió utilizar un diseño experimental factorial con arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a las variedades y la parcela pequeña fueron las localidades.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El departamento de Jalapa se ubica en el oriente de Guatemala. La temperatura promedio es de 24 °C y la precipitación promedio anual es de 1,398 mm. Las localidades donde se realizó el experimento se ubican en las siguientes coordenadas:

- Jalapa a 1361 msnm con ubicación geográfica: 14° 37'44'' Latitud Norte y 89° 59'17'' Longitud Oeste.
- San Pedro Pinula a 1116 msnm con ubicación geográfica: 14° 40'39.8'' Latitud Norte y 89° 52' 53.2'' Longitud Oeste.
- Aldea El Refugio, Mataquesuintla a 2201 msnm con ubicación geográfica: 14° 33'41.4'' Latitud Norte y 90° 08' 38.5'' Longitud Oeste.

### Método

El método empleado fue un diseño experimental factorial con parcelas divididas como se describe a continuación (López & González, 2013):

#### a) Tratamientos

El experimento consistió en evaluar dos variedades de *C. quinoa* en tres localidades con distintas altitudes en el departamento de Jalapa en el Sur Oriente de Guatemala. En ese sentido, se establecieron dos factores que consistieron en variedades y localidades que se describen a continuación:

#### Variedades de quinua

Existen muchos estudios experimentales sobre las propiedades agroecológicas de quinua, se ha investigado sobre su coloración (Palao et al., 2019) y otras características importantes de este cultivo. A continuación, se detallan los rasgos más importantes de las dos variedades que se emplearon en esta investigación.

##### Collana

Según la Dirección de Investigación Agraria del Perú (2013), la variedad Collana, es de amplia base genética, ya que es un compuesto formado por 13 accesiones. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3 815 a 3 900 msnm, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4°C a 15°C.

##### Pasankalla

Según la Dirección de Investigación Agraria del Perú (2006), la variedad Pasankalla tiene su mejor desarrollo, entre los 3,815 y 3,900 msnm, con

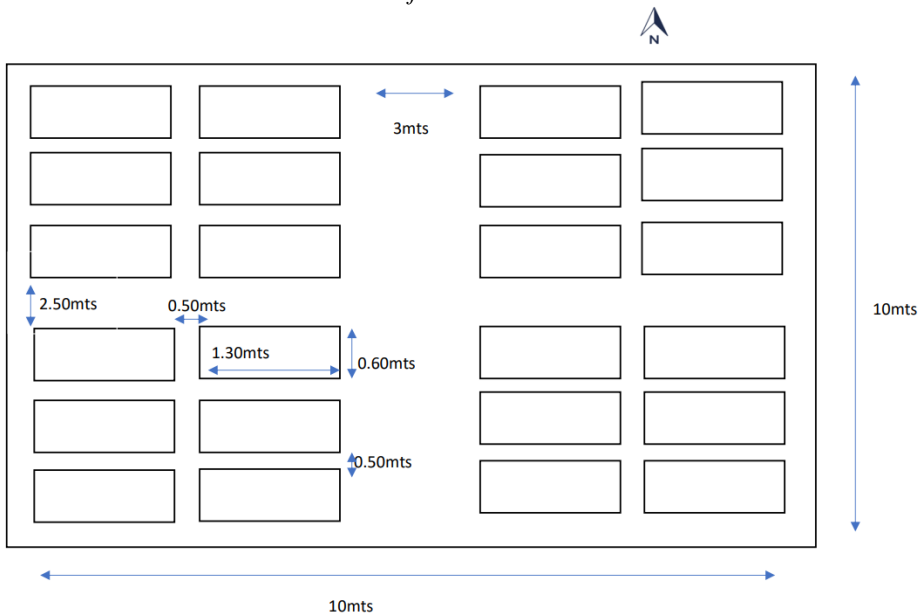
clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, y temperatura de 4°C a 15°C. Su rendimiento potencial es de 4.5 t/ha y en campo de agricultores de 3.5 t/ha.

### b) Área experimental

En cada localidad se establecieron parcelas con 8 unidades experimentales. El área experimental fue de 100 m<sup>2</sup> con dimensiones de 10 m de ancho por 10 m de largo, como se muestra en la Figura 1.

### Figura 1

*Área experimental en cada localidad y su respectiva unidad experimental consistente en 3 camellones con su forma de siembra*



*Nota:* El área experimental consistió en parcelas con 8 unidades experimentales por cada localidad.

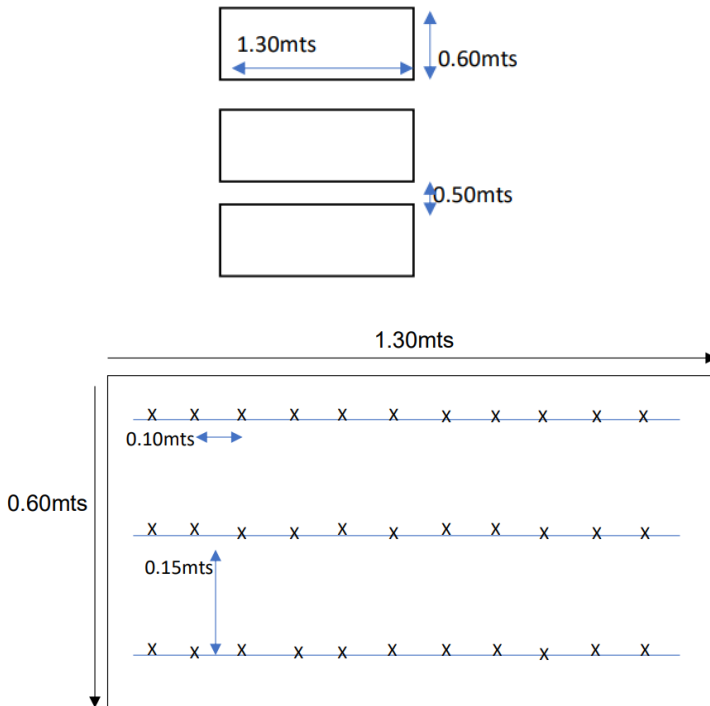
### c) Unidad experimental

Cada unidad experimental consistió tres camellones de 1.30 m de largo por 0.60 m de ancho. Entre cada camellón se dejó 0.5 m. El total de unidades

experimentales fue de 8 por cada localidad. El esquema de cada unidad experimental se muestra en la Figura 1.

La siembra de la semilla de cada variedad se realizó a un distanciamiento de 0.10 m entre planta, 3 semillas por postura utilizando siembra directa, a una profundidad de 0.025 m y una distancia de 0.15 m entre cada surco sembrado, esto se realizó en cada localidad en estudio. Se trazaron en cada camellón tres surcos, utilizando una varilla de hierro marcada. Se hicieron 11 agujeros en los cuales se depositó tres semillas para un total de 99 semillas en cada camellón como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**  
*Representación de Unidad Experimental*



*Nota:* Cada unidad experimental consistió en 3 camellones de 1.3 metros de largo con 60 centímetros de ancho. Se dejó una calle de 50 centímetros entre cada camellón para tener un mejor manejo agronómico. El largo del

camellón fue de 1.30 m y el ancho de 0.6 m. La siembra entre planta fue de 10 centímetros.

#### d) Número de repeticiones del experimento

Los tratamientos se distribuyeron mediante un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. En cada localidad se establecieron 8 parcelas, por lo que al contabilizar las tres localidades se registraron un total de 24 unidades experimentales.

#### e) Procedimiento para asignar los tratamientos a las unidades experimentales

Debido a que se contó con una superficie en condiciones homogéneas se procedió a asignar los tratamientos en cada unidad experimental de forma aleatoria con un distanciamiento de 3 y 2.5 metros en las calles para tener un mejor acceso y manejo agronómico.

#### f) Variables de respuesta

La variable de respuesta fue gramos /parcela 3.64 m<sup>2</sup>.

#### g) Análisis y procesamiento de datos

Se utilizó un arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a las variedades y la parcela pequeña fueron las tres localidades. Con los datos obtenidos en campo se elaboró la Tabla 1, que muestra la producción en gramos/parcela de 3.64 m<sup>2</sup> de dos variedades de quinua en tres las localidades de Jalapa, San Pedro Pinula y Mataquesuintla.

**Tabla 1**

<i>Producción en gramos /parcela 3.64 m<sup>2</sup> de dos variedades de quinua en tres localidades</i>					
Variedad	Localidad	BLOQUES			
		I	II	III	IV
Collana (1)	Jalapa (1)	1405	1308	1454	1398
	S. P. Pinula (2)	426	450	480	515
	Mataquesuintla (3)	1124	1047	1163	1118
Pasankalla (2)	Jalapa (1)	1425	1692	1695	1786
	S. P. Pinula (2)	853	796	740	850
	Mataquesuintla(3)	1141	1354	1356	1429

*Nota:* En cuanto a la localidad se asignó a Jalapa (1), San Pedro Pinula (2) y Mataquesuintla (3).

Seguidamente, se procesaron los datos a través del programa Infostat © en su versión libre y se realizó un análisis de varianza como se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Análisis de varianza*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3748670.29	11	340879.12	65.16	< .0001
Bloque	48456.46	3	16152.15	3.09	.0679
A	434435.04	1	434435.04	83.05	< .0001
A*Bloque	39141.13	3	13047.04	2.49	.1097
B	3209060.58	2	1604530.2	306.72	<.0001
			9		
A*B	18577.08	2	9288.54	1.78	.2111
Error	62775.67	12	5231.31		
Total	3812445.96	23			

*Nota:* FV= Fuente de Variación; SC= Sumatoria de Cuadrados; gl= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; F= Estadístico de prueba; p-valor= Probabilidad estadística

El nivel de significancia fue de .05 y debido a que existieron diferencias significativas en cuanto al rendimiento de los factores A y B se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Prueba de medias de Tukey*

A	B	Medias			
2	1	1649.50	A		
1	1	1391.25		B	
2	3	1320.00		B	
1	3	1113.00			C
2	2	809.75			D
1	2	467.75			E

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > .05$ )

### 3. RESULTADOS

De acuerdo con el análisis de varianza, existieron diferencias significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a realizar la respectiva prueba de medias en donde la variedad Pasankalla en la localidad de Jalapa, que se encuentran a 1,361 msnm presentó los mejores rendimientos con una producción promedio de 1,649.50 gr /parcela de 3.64 m<sup>2</sup> que equivale a 4.53 t/ha.

Los peores rendimientos se produjeron con la variedad Collana en la localidad de San Pedro Pinula, Jalapa que está a una altitud de 1,116 msnm y la producción fue de 467.75 gr/parcela de 3.64 m<sup>2</sup> lo que equivale a 1.28 t/ha.

Mientras tanto, estadísticamente los rendimientos de la variedad Collana en la localidad de Jalapa y Pasankalla en la localidad de Mataquesuintla fueron muy similares con producciones de 3.82 t/ha y 3.62 t/ha respectivamente.

No existió diferencia significativa en la interacción entre variedades y localidades, esto sugiere que la variedad Pasankalla produce mejores rendimientos que la variedad Collana independientemente de la localidad. El coeficiente de variación de 6.43 indica que hubo un adecuado manejo experimental.

### 4. DISCUSIÓN

Es posible adaptar *C. quinoa* en Jalapa a una altitud de 1,361 msnm debido a que se obtuvo su rendimiento máximo de producción de 1,649.50 gr por cada parcela de 3.64 m<sup>2</sup> equivalente a 4.53 t/ha que está por encima del rendimiento promedio de 1.16 t/ha en países sudamericanos con condiciones edáficas y climáticas apropiadas para ese cultivo (García y Plazas, 2019), además, se obtuvieron resultados que coinciden con la producción sugerida por la Dirección de Investigación Agraria del Perú (2006), pues indica que el rendimiento potencial de la variedad Pasankalla es de 4.5 t/ha y en campo de agricultores de 3.5 t/ha.

La variedad Collana en la localidad de Jalapa y Pasankalla en la localidad de Mataquesuintla también presentaron buenos rendimientos de 3.82 t/ha y 3.62 t/ha respectivamente, pues superan las producciones promedio de

los agricultores en los países andinos según la Dirección Agraria del Perú en sus estudios publicados en 2006 y 2013.

De acuerdo el análisis realizado y según el promedio general de producción obtenida de 1,125.21 gramos por parcela de 3.64 m<sup>2</sup> o su equivalente a 3.09 toneladas por hectárea de *C. quinoa* en las distintas localidades, se concluye que es posible la adaptación de quinua en las diferentes altitudes del departamento de Jalapa que se encuentran a 1361 msnm, San Pedro Pinula 1116 msnm, y Aldea El Refugio, Mataquesuintla a 2201 msnm, debido a que el rendimiento promedio es mayor a 1.16 toneladas por hectárea que presentan países como Perú y Bolivia.

## 5. REFERENCIAS

- Abellán, S. M., Barnuevo, M. D., García, C., Contreras, C. J., Aldeguer, M., Soto, F., Guillé, I., Luque, A. J., Quinde, F. J., Martínez, A., & López, F. J. (2017). Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. *Nutrición Hospitalaria*, 34(5), 1163-1169. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.843>
- Bilalis, D. J., Roussis, I., Kakabouki, I., Folina, A. (2019) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) crop under Mediterranean conditions: una revisión. *Ciencia e Investigación Agraria*. 46 (2), 51-68. <http://doi.10.7764/rcia.v46i2.2151>
- Chito, D. M., Ortega, R. A., Ahumada, A. F., López, B. R. (2017). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) versus soja (*Glycine max* [L.] Merr.) en la nutrición humana: revisión sobre las características agroecológicas, de composición y tecnológicas. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 21(2), 184 – 198.
- Dirección de Investigación Agraria (2013) *Quinoa inia 420 - negra collana, variedad para agroindustria, exportación y consumo nacional*. Lima (Perú): Subdirección de investigación de cultivos, Programa nacional de innovación agraria en cultivos andinos, Estación experimental agraria ILLPA – PUNO
- Dirección de Investigación Agraria (2006) *Quinoa inia 415 Pasankalla, variedad para agroindustria, exportación y consumo nacional*.

Lima (Perú): Subdirección de investigación de cultivos, Programa nacional de innovación agraria en cultivos andinos, Estación experimental agraria ILLPA – PUNO

García, M. A., & Plazas, N. Z. (2019). Análisis del ciclo de vida de las publicaciones sobre producción de quinua (*Chenopodium quinua* Willd), a través de curvas en S. Revista de investigación, desarrollo e innovación., 9 (2), 379-391. [https://doi: 10.19053/20278306.v9.n2.2019.9189](https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n2.2019.9189)

Hernández, J. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*. 26(3):304-312.

López, E., & González, B. (2013). Estadística, fundamentos y aplicaciones en agronomía y ciencias afines usando lenguaje R. Guatemala (Guatemala): FAUSAC/USAC

Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de Salud. (2009). *Conceptos de malnutrición por déficit y situación. Desnutrición en Guatemala*. Guatemala. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de Salud.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011). *La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Palao, L. A., Canaza, A. W., & Beltrán P. A. (2019). Producción agroecológica de ecotipos de quinua de colores (*Chenopodium quinoa* Willd.) con microorganismos eficaces. *Journal of High Andean Research*, 21(3), 173-181. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.475>

Veloza Ramírez, C., Romero Guerrero, G., & Gómez Piedras, J.J. (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Sabana norte de Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*. 19(2), 325-332.

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.4.41. durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente.



**RESÚMENES DE TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS SISTÉMICOS PARA EL MANEJO DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN EL MUNICIPIO DE ALOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C. A; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN DUWES GUATEMALA SOCIEDAD ANONIMA**

Alejandro Aguilar Reyes<sup>1</sup>

**RESUMEN**

La investigación se llevó a cabo en Alotenango, Sacatepéquez y consistió en evaluar seis fungicidas sistémicos para el control de roya de café, para ello se realizaron tres aplicaciones en el año, a intervalo de 60 días entre aplicación, se realizaron muestreos a cada 15 y 30 días después de cada aplicación. El fungicida con mejor eficacia para el manejo de la roya de café en comparación de los otros tratamientos fue el fungicida a base de (pyraclostrobin y epoxinazole), presentando los valores más bajos de incidencia a 68.25 % y 5.89 % la severidad, el tratamiento de aproach prima fue el segundo mejor con 77.50 % de incidencia y 6.12 % de severidad, el tercero que redujo la incidencia fue el fungicida a base de cyproconazol y azoxystrobin con 78 % y 6.65 % de severidad, el cuarto tratamiento con mejor manejo de la enfermedad fue el fungicida a base de cyproconazol y azoxystrobin con 79.50 % y 7.60 % de severidad, el quinto fungicida con mayor eficacia fue ciproconazol y trifloxystroin con 81 % y 9.02 % de severidad, el fungicida a base de triadimefon y ciproconazol presentó 82 % de incidencia y 12.01 % de severidad el testigo absoluto presentó 89 % de incidencia y 43.58 % de severidad.

---

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03731.pdf>

**ABSTRACT**

The research that was carried out in Alotenango, Sacatepéquez and consisted of evaluating six systemic fungicides for the control of coffee rust, for this, three applications were made in the year at an interval of 60 days between applications, samplings were carried out every 15 and 30 days after each application. The fungicide with the best efficacy for the management of coffee rust compared to the other treatments was the fungicide based on (pyraclostrobin and epoxinazole), presenting the lowest incidence values at 68.25% and 5.89% the severity, the treatment of approach prima was the second best with 77.50% incidence and 6.12% severity, the third best that reduced the incidence was the fungicide based on cyproconazole and azoxystrobin with 78% and 6.65% severity, the fourth treatment with better management of the The disease was the fungicide based on cyproconazole and azoxystrobin with 79.50% and 7.60% severity, the fifth fungicide with the highest efficacy was cyproconazole and trifloxystroin with 81% and 9.02% severity, xiv the fungicide based on triadimefon and cyproconazole presented 82% incidence and 12.01% severity the absolute control presented 89% incidence and 43.58% severity

**PLAN DE MANEJO DE LAS MICROCUENCAS DEL RÍO  
ZARCO Y RÍO PANSIGÜIS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS  
REALIZADOS EN LOS MUNICIPIOS DE SAN LUIS  
JILOTEPEQUE Y SAN PEDRO PINULA, JALAPA,  
GUATEMALA C.A**

Gustavo Adolfo Ramirez Rivera <sup>1</sup>

**RESUMEN**

La caracterización socioeconómica y biofísica de las microcuencas presenta los aspectos sociales como la demografía, los grupos étnicos, el nivel de ingreso de las familias, la organización a nivel comunitario, la tenencia de la tierra e infraestructura, los aspectos biofísicos enfocados a las condiciones climáticas, zonas de vida, el estado del recurso hídrico, condiciones del suelo y cobertura forestal. El diagnóstico presenta la problemática identificada dentro de las microcuencas, así como sus causas y efectos, este fue elaborado a través de un diagnóstico rural participativo con enfoque de género con los líderes comunitarios de las microcuencas, el mapeo de actores de las 22 instituciones presentes en el área, la matriz de problemas, causas y efectos con la cual se identificaron siete problemas principales. El plan de manejo de las microcuencas presenta el árbol de medios y fines donde se identifican 19 medios fundamentales, la matriz de proyectos la cual cuenta con 22 proyectos identificados y seis priorizados que buscan dar respuesta a la problemática identificada de manera sostenible y la matriz de marco lógico de los proyectos.

---

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03730.pdf>

**ABSTRACT**

The socioeconomic and biophysical characterization of the micro-watersheds presents social aspects such as demography, ethnic groups, family income level, organization at the community level, land tenure and infrastructure, biophysical aspects focused on climatic conditions, life zones, the state of the water resource, soil conditions and forest cover. The diagnosis presents the problems identified within the micro-watersheds, as well as their causes and effects, this was elaborated through a participatory rural diagnosis with a gender approach with community leaders of the micro-watersheds, the mapping of actors from the 22 institutions present in the area, the matrix of causes and effects problems with which seven main problems were identified. The micro-watershed management plan presents the tree of means and ends where 19 fundamental means are identified, the project matrix which has 22 identified and six prioritized projects that seek to respond to the problem identified in a sustainable way and the matrix of logical framework of the projects.

**BIODIVERSIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE COMUNIDADES DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN LAS FINCAS VERAPAZ, OBRAJE Y PLAYA GRANDE, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

Laura Patricia Pérez Siguantay<sup>1</sup>

**RESUMEN**

Para el 2017, Guatemala se posicionó como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial y el segundo en Latinoamérica. La información de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es limitada en Guatemala. Por ello, el objetivo fue caracterizar la estructura de comunidades de nemátodos fitoparásitos asociados a dicho cultivo y su biodiversidad. Este estudio se realizó en siete localidades ubicadas en las fincas Verapaz, Obraje y Playa Grande, en el departamento de Escuintla. Se realizaron muestreos y se obtuvo muestra compuesta de un kilogramo de suelo y 50 g de raíces de forma mensual en cada sitio de estudio permanente. Las muestras fueron, trasladadas al laboratorio de fitopatología para la extracción de los nemátodos por medio del método de tamizado-centrifugado. Se determinaron los nemátodos fitoparásitos: *Pratylenchus*, *Meloidogyne javanica*, *Criconemoides* (= *Mesocriconema*), *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*, *Trichodorus*, *Aphelenchus* y *Paratrichodorus* en suelo y asociadas a las raíces: *Pratylenchus*, *Meloidogyne javanica*, *Criconemoides*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*, *Trichodorus* y *Aphelenchus*. Las poblaciones de nemátodos incrementaron durante la etapa fenológica de macollamiento (EF-2) y disminuyeron en elongación I (EF-3). Los nemátodos fitoparásitos más abundantes en suelo fueron: *Criconemoides* (22.18 %), *Pratylenchus* (11.86 %) y *Meloidogyne javanica* (7.54 %), y en raíces *Pratylenchus* (36.19 %), *Meloidogyne javanica* (19.21 %). La mayor diversidad de géneros se determinó en la finca Verapaz, luego en Obraje y Playa Grande con índices de Simpson de 0.72, 0.68 y 0.48 en su orden. Los síntomas observados en plantas de caña de azúcar fueron: amarillamiento en follaje, crecimiento desuniforme de tallos y raíces, necrosis en raíces, formación de agallas en raíces con presencia de hembras adultas de *Meloidogyne javanica*.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03732.pdf>

## ABSTRACT

By 2017, Guatemala was positioned as the fifth sugar exporting country in the world and the second in Latin America. Information on phytoparasitic nematodes associated with the cultivation of sugar cane (*Saccharum* spp.) is limited in Guatemala. Therefore, the objective was to characterize the structure of communities of phytoparasitic nematodes associated with said crop and their biodiversity. This study was carried out in seven localities located in the Verapaz, Obraje and Playa Grande farms, in the department of Escuintla. Samples were carried out and a sample composed of one kilogram of soil and 50 g of roots was obtained on a monthly basis in each permanent study site. The samples were transferred to the phytopathology laboratory for the extraction of the nematodes by means of the sieving-centrifuge method. The phytoparasitic nematodes were determined: *Pratylenchus*, *Meloidogyne javanica*, *Criconemoides* (= *Mesocriconema*), *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*, *Trichodorus*, *Aphelenchus* and *Paratrichodorus* in the soil and associated with the roots: *Pratylenchus*, *Meloidogyne orlenchus*, *Hoploidushemoides*, *Cricotylenchus* and *Cricotimushelenchus*. Nematode populations increased during the phenological tillering stage (EF-2) and decreased in elongation I (EF-3). The most abundant phytoparasitic nematodes in the soil were: *Criconemoides* (22.18%), *Pratylenchus* (11.86%) and *Meloidogyne javanica* (7.54%), and in *Pratylenchus* roots (36.19%), *Meloidogyne javanica* (19.21%). The greatest diversity of genres was determined in the Verapaz farm, then in Obraje and Playa Grande with Simpson indexes of 0.72, 0.68 and 0.48 in their order. Symptoms observed in sugarcane plants were: foliage yellowing, uneven growth of stems and roots, root necrosis, root gall formation with the presence of adult *Meloidogyne javanica* females.

**DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN  
HÍDRICA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA  
FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN,  
EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

Gresia Dalal Ramos Solórzano<sup>1</sup>

**RESUMEN**

Análisis de pérdida de suelo por erosión hídrica dentro de la finca, en donde el 57.85% del área de la finca posee erosión laminar con cárcavas en grado leve, mientras que el resto del área presentó otros tipos y grados de erosión como lo es la erosión laminar grado moderado y leve. Además, se realizó el análisis de toposecuencias para determinar la variación del espesor del horizonte superficial en relación a las pendientes dentro de la finca. Con el objetivo de contribuir a la disminución de la degradación del suelo por erosión hídrica, se propone una serie de proyectos a implementar diseñados de acuerdo con la metodología del marco lógico

**ABSTRACT**

The research is carried out with the analysis of soil loss due to water erosion within the farm, where 57.85% of the farm area has laminar erosion with gullies to a slight degree, while the rest of the area presented other types and degrees of erosion as it is the laminar erosion moderate and slight degree. In addition, toposequence analysis was performed to determine the variation of the thickness of the surface horizon in relation to the slopes within the farm. In order to contribute to the reduction of soil degradation due to water erosion, a series of projects are proposed to be implemented designed according to the methodology of the logical framework

---

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03736.pdf>

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL  
CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum spp.*), EN LA ZONA  
CUATRO DEL INGENIO MADRE TIERRA, LA NUEVA  
CONCEPCIÓN ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

Jorge Ruben Zumeta Portillo<sup>1</sup>

## **RESUMEN**

El cultivo de la caña de azúcar es de mucha importancia en Guatemala, debido principalmente al incremento de área que ha tenido cultivo en los últimos años, por ello la calidad y cantidad de semilla a utilizar en el establecimiento del cultivo de caña de azúcar es de suma importancia ya que así se logrará evitar una cantidad alta de resiembra que es una de las labores más caras en el proceso de producción de caña de azúcar junto con el riego y se logrará el éxito técnico y económico en el cultivo de caña de azúcar. Actualmente el azúcar es el producto más exportado en Guatemala con exportaciones de 61.30 millones de toneladas de azúcar. Generando empleo a 350,000 personas. Por lo tanto, es una de las mayores fuentes de ingresos para los guatemaltecos.

Actualmente, el precio internacional del azúcar ha disminuido significativamente a \$. 0.13/ kg, esto obliga a buscar alternativas para lograr ser más eficientes en las labores y con ello buscar la reducción de los costos de producción y lograr una mayor rentabilidad. Una actividad importante en el presupuesto para la producción del cultivo de la caña es la siembra y el material vegetal que se utilizara para esta labor.

Se evaluó un sistema de siembra utilizando toletes tratados químicamente en comparación al sistema de siembra convencional en el cual se utilizan los esquejes que de manera tradicional son de 60 cm de longitud. Al evaluar los porcentajes de brotación, población y altura de las plantas de caña de azúcar obtenidos de los tratamientos, los porcentajes que mayor adecuación a las necesidades del Ingenio se adaptan es el sistema de siembra con toletes tratados químicamente, obteniendo así mismos costos de producción menores con rendimientos similares al sistema de siembra utilizado convencionalmente.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03733.pdf>

Se recomienda evaluar la implementación del sistema de siembra mediante el uso de toletes tratados químicamente y siembra convencional, enfocándose en que los rendimientos sean iguales o mayores, y que los costos de producción no sobrepasen el límite presupuestado, para conocer qué tipo de siembra es más viable técnica y económica.

## **ABSTRACT**

The cultivation of sugar cane has become very important in Guatemala, mainly due to the increase in area that the cultivation of sugar cane has had in recent years, therefore the quality and quantity of seed to be used in the establishment. The cultivation of sugar cane is of the utmost importance since this way it will be possible to avoid a high amount of replanting which is one of the most expensive tasks in the sugar cane production process together with irrigation and technical and economic success will be achieved. in the cultivation of sugar cane. Currently, sugar is the most exported product in Guatemala with exports of 61.30 million tons of sugar. Generating employment for 350,000 people. Therefore, it is one of the largest sources of income for Guatemalans.

Currently, the international price of sugar has significantly decreased to \$. 0.13 / kg, this forces us to look for alternatives to be more efficient in the work and thereby seek to reduce production costs and achieve greater profitability. An important activity in the budget for the production of the sugarcane crop is the sowing and the plant material that will be used for this work.

A planting system using chemically treated sticks was evaluated in comparison to the conventional planting system in which cuttings that are traditionally 60 cm long are used.

When evaluating the percentages of sprouting, population and height of the sugarcane plants obtained from the treatments, the percentages that are best adapted to the needs of the Sugar Mill is the sowing system with chemically treated rods, thus obtaining the same production costs lower yields similar to the conventionally used sowing system.

It is recommended to evaluate the implementation of the sowing system through the use of chemically treated rods and conventional sowing, focusing on that the yields are equal or higher, and that the production costs do not exceed the budgeted limit, to know what type of sowing is more technical and economical feasible.

## **EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

Homero Javier Castañón Morán<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

La producción de dobles haploides se ve afectada por la no sincronización de los gametos reproductivos, siendo un problema común, ya que dichas plantas han perdido su aptitud biológica por el proceso que implica la tecnología de dobles haploides. Por tanto, se consideraron los siguientes factores: climáticos (temperatura y humedad relativa), reproductivos (viabilidad de polen y receptividad de estigmas), manejo de polinización manual (horario, día de polinización y preparación de la inflorescencia femenina), para mejorar la producción de frutos por mazorca y número de mazorcas.

Se realizó la evaluación considerando: el horario de polinización (8:00 h–10:30 h; 10:31 h a 12:00 h; 13:00 h a 14:30 h y de 14:31 h a 16:00 h), el día de polinización después de la actividad de preparado de la inflorescencia femenina (3,4 y 5 días) y diferentes cultivares (6 cultivares). Para esto se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas, con tres repeticiones, utilizando 72 unidades experimentales, cada unidad experimental con 10 plantas. Las variables respuesta fueron: eficiencia de la polinización en la producción de mazorcas y número de frutos por mazorca.

Los horarios de polinización de 13:00 h a 14:30 h y 14:31 h a 16:00 h, presentaron 61 y 64 frutos por mazorca, respectivamente; los días 3 y 4 de polinización después del preparado de la flor femenina, con 67 y 54 frutos por mazorca. La producción de frutos por mazorca se encuentra relacionada con la temperatura. La polinización realizada 3 días después de preparada la flor femenina, reportó un 67.26 % de eficiencia en la producción de mazorcas por plantas polinizadas.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03737.pdf>

## **ABSTRACT**

The production of double haploids is affected by the non-synchronization of the reproductive gametes, being a common problem, since these plants have lost their biological aptitude due to the process that involves the technology of double haploids. Therefore, the following factors were considered: climatic (temperature and relative humidity), reproductive (pollen viability and stigma receptivity), manual pollination management (schedule, pollination day and preparation of the female inflorescence), to improve production of fruits per ear and number of ears.

The evaluation was carried out considering: the pollination schedule (8:00 a.m. - 10:30 a.m.; 10:31 a.m. to 12:00 p.m.; 1:00 p.m. to 2:30 p.m. and from 2:31 p.m. to 4:00 p.m.), the pollination day after the preparation activity of the female inflorescence (3,4 and 5 days) and different cultivars (6 cultivars). For this, a randomized block design with arrangement in subdivided plots was used, with three repetitions, using 72 experimental units, each experimental unit with 10 plants. The response variables were: pollination efficiency in pod production and number of fruits per ear.

The pollination hours from 1:00 p.m. to 2:30 p.m. and 2:31 p.m. to 4:00 p.m., presented 61 and 64 fruits per ear, respectively; on days 3 and 4 of pollination after the preparation of the female flower, with 67 and 54 fruits per ear. Fruit production per ear is related to temperature. Pollination carried out 3 days after preparing the female flower, reported a 67.26% efficiency in the production of ears by pollinated plants.

**COMPARACIÓN DE DOS FUNGICIDAS QUÍMICOS  
(CYPROCONAZOLE Y TRIADIMENOL) CON DOS  
FUNGICIDAS BIOLÓGICOS (TRICHODERMA SP., Y  
LECANICILLIUM SP.) PARA EL MANEJO DE ROYA  
(HEMILEIA VASTATRIX) DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA).  
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EJECUTADOS EN ALDEA VISTA  
HERMOSA, UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO,  
GUATEMALA, C.A.**

Evelyn Andrea Morales Ramírez<sup>1</sup>

**RESUMEN**

En esta investigación se hizo un análisis comparativo de dos fungicidas químicos y biológicos para el control de la roya anaranjada del café y se concluyó que el porcentaje de incidencia no tiene mucha variación entre Cyproconazole y Triadimenol, siendo 11.37 % y 13.31 % respectivamente, sin embargo, debido a la eficacia del producto se considera que Cyproconazole es un mejor ingrediente activo en comparación de Triadimenol. Por otro lado, en la comparación de los fungicidas biológicos se obtuvo similitud en la incidencia, pero, debido a la eficacia del ingrediente activo, funcionó de mejor manera Trichoderma que Lecanicillium.

Según la eficacia accionó como en los fungicidas químicos y biológicos debido al porcentaje de incidencia que combatieron, en cuanto a eficacia funcionaron de mejor manera los fungicidas biológicos debidos que en la utilización de estos no se necesitó de una segunda aplicación sino bastó con una sola.

En cuanto a términos estadísticos se obtiene que los fungicidas biológicos realizaron mejor trabajo para combatir la roya anaranjada del café, que los fungicidas químicos, dando prioridad al fungicida biológico a base de Trichoderma.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03734.pdf>

## **ABSTRACT**

In this research it was concluded that in the comparison of chemical fungicides the incidence percentage does not have much variation between Cyproconazole and Triadimenol, being 11.37% and 13.31% respectively, however, due to the efficacy of the product Cyproconazole is considered to be a better active ingredient compared to Triadimenol. In the comparison of biological fungicides, similarity in incidence was obtained, but, due to the effectiveness of the active ingredient, it worked better Trichoderma than Lecanicillium.

According to the efficacy, the chemical and biological fungicides acted with similarity due to the percentage of incidence that they fought, in terms of efficacy the biological fungicides worked better due to the fact that in the use of these, a second application was not needed but only one was enough.

In terms of statistical terms, it is obtained that biological fungicides did a better job to combat orange coffee rust than chemical fungicides, giving priority to the biological fungicide based on Trichoderma.

## **CARACTERIZACIÓN ETNOBOTÁNICA DE PLANTAS MEDICINALES Y ALIMENTICIAS DE LOS HUERTOS FAMILIARES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN ALDEA SAN RAFAEL CHILASCÓ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

Claudia Lucrecia Alvarado García<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

En el desarrollo de la metodología se trabajó con la participación de la comunidad, ya que el objetivo de la misma es conocer la relación de los habitantes respecto a las plantas medicinales y alimenticias, mediante identificación de los usos que se le dan a las mismas, en el huerto familiar, para generar propuestas para la conservación de los usos ancestrales. Los resultados obtenidos permitieron conocer los usos ancestrales de plantas medicinales y alimenticias en relación al huerto y su importancia en el modo de vida de los habitantes. El uso de plantas como alimento y medicina es uno de los elementos más importantes en la mayoría de familias de la aldea, por lo tanto, de mayor interés por conservar; además se identificaron los usos, las formas de colecta, de preparación e importancia con enfoque "espiritual" de las mismas.

### **ABSTRACT**

In the development of the methodology, we worked with the participation of the community, since its objective is to know the relationship of the inhabitants with respect to medicinal and food plants, by identifying the uses that are given to them, in the family garden, to generate proposals for the conservation of ancestral uses. The results obtained allowed to know the ancestral uses of medicinal and food plants in relation to the garden and its importance in the way of life of the inhabitants, which the use of plants as food and medicine is one of the most important elements in most of families of the village, therefore, of greater interest to conserve; In addition, the uses, forms of collection, preparation and importance with a "spiritual" approach were identified.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03742.pdf>

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE TOMATE EN CONDICIONES CONTROLADAS, PARA CUATRO COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO PALOPÓ, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

Jorge Fernando Ramírez Morales<sup>1</sup>

**RESUMEN**

Rendimiento de cuatro híbridos de tomate para cuatro comunidades del municipio de San Antonio Palopó, Sololá, Guatemala, C.A. con el apoyo de la comunidad de Chuisajcap.

Los híbridos que se evaluaron fueron: Retana, Silverado, Tyral F1 y P52 F1, a partir de las siguientes variables: rendimiento en kilogramos por hectárea, precocidad de floración, madurez de fruto, cantidad de frutos por planta y peso de frutos. También, se realizó un análisis económico por medio de presupuestos parciales.

Para obtener los resultados y realizar un análisis confiable se realizó una distribución estadística de diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron estudiados de la misma manera y recibieron el mismo manejo desde que se adquirió el pilón hasta la última etapa de cosecha.

Los datos para su estudio, se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias, utilizando la prueba de Tukey. El análisis económico se realizó por medio de presupuestos parciales.

Los resultados obtenidos indican que los híbridos P52 F1 y Tyral F1, presentaron un alto potencial de rendimiento en comparación con los demás, con un total de 107,344.67 kg-ha-1 y 103,997.5 kg-ha-1, respectivamente. Así que, para producir tomate bajo condiciones controladas, en macrotúnel, para las comunidades de El Naranjo, Ojo de Agua, Chuiquistel y Chuisajcap, del municipio de San Antonio Palopó, departamento de Sololá, Guatemala, se recomienda utilizar el híbrido P52 F1 con alto rendimiento y aporte de beneficio neto.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Sistemas De Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03742.pdf>

## **ABSTRACT**

The yield of four tomato hybrids was evaluated for four communities in the municipality of San Antonio Palopó, Sololá, Guatemala, C.A. with the support of the Chuisajcap community.

The hybrids that were evaluated were: Retana, Silverado, Tyrál F1 and P52 F1, based on the following variables: yield in kilograms per hectare, early flowering, fruit maturity, number of fruits per plant and fruit weight. Also, an economic analysis was carried out through partial budgets.

To obtain the results and perform a reliable analysis, a statistical distribution of a completely randomized experimental design with four treatments and four repetitions was carried out. The evaluated treatments were studied in the same way and received the same management from the moment the pilon was acquired until the last harvest stage.

The data for their study were subjected to analysis of variance and comparison of means, using the Tukey test. The economic analysis was carried out through partial budgets and dominance analysis.

The results obtained indicate that the P52 F1 and Tyrál F1 hybrids presented a high yield potential compared to the others, with a total of 107,344.67 kg-ha<sup>-1</sup> and 103,997.5 kg-ha<sup>-1</sup>, respectively. So, to produce tomato under controlled conditions, in a macro-tunnel, for the communities of El Naranjo, Ojo de Agua, Chuiquistel and Chuisajcap, in the municipality of San Antonio Palopó, department of Sololá, Guatemala, it is recommended to use the P52 F1 hybrid with high performance and net profit contribution. However, due to the lower cost of seed acquisition, the Retana hybrid provides a net benefit and acceptable yield.

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN A TRAVÉS DE UN MODELO A ESCALA COMO PARTE DE UN PROCESO FÍSICO-QUÍMICO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO S.A. EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA, C.A.”**

Vera María Fión Ruíz<sup>1</sup>

**RESUMEN**

Amperaje óptimo en el sistema de electrocoagulación para el proceso físico-químico del tratamiento de aguas residuales de la industria textil a través de un modelo escala en el periodo mayo septiembre del año 2020. Para la ejecución del experimento se evaluaron cuatro tratamientos, correspondientes a cuatro diferentes amperajes: 4, 7, 13 y 15 A, además de un testigo absoluto. Los parámetros físico-químicos que se consideraron fueron pH, temperatura y turbidez; además se realizó un análisis económico con la finalidad de identificar el tratamiento más recomendable. Los resultados obtenidos demostraron que la muestra de agua residual con mejor parámetro de turbidez fue el tratamiento uno al aplicar una intensidad de carga de cuatro amperios respecto al testigo ya que en promedio la turbidez se redujo en un 67.79 % (278.6 UNT) respecto al respecto al testigo y la temperatura. no se observó cambios significativos al aplicar las diferentes intensidades de carga mientras que, para el parámetro de pH, se verificó que a medida que se aumentó la intensidad de carga, este fue disminuyendo. Es decir, todos aumentaron respecto al testigo, pero se mostró un crecimiento inversamente proporcional a los amperios aplicados en los tratamientos, mientras que, en el análisis económico realizado, se identificó que el tratamiento 1 (4 amperios), fue el que mostró el menor indicador financiero (CAUE) de todos, con un valor de – Q. 6,935.03.

---

<sup>1</sup> Ingeniera en Gestión Ambiental Local  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03739.pdf>

**ABSTRACT**

Evaluate the amperaje optimal in the electrocoagulation system for the physical-chemical process of the treatment of wastewater from the textile industry through a scale model in the period May-September of the year 2020. For the execution of the experiment, four x treatments, corresponding to four different amperages: 4, 7, 13 and 15 A, in addition to an absolute witness.

The physical-chemical parameters that were considered were pH, temperature and turbidity; In addition, an economic analysis was carried out in order to identify the most suitable treatment recommendable. The results obtained showed that the wastewater sample with the best parameter of turbidity was treatment one when applying a load intensity of four amps with respect to the control since on average the turbidity was reduced by 67.79% (278.6 UNT) about the witness and temperature, no significant changes were observed when applying the different intensities while, for the pH parameter, it was verified that as the pH was increased the load intensity, this was decreasing. That is, all increased with respect to control, but a growth inversely proportional to the applied amps was shown in the treatments, while, in the economic analysis carried out, it was identified that the treatment 1 (4 amps), was the one that showed the lowest financial indicator (CAUE) of all, with a value of – Q. 6,935.03.

**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DEL TIZÓN EN PLÁNTULAS DE CAFÉ (*COFFEA ARABICA*) EN ALMÁCIGOS REGISTRADOS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL ÁREA DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN DE LA ASOCIACIÓN DE CAFICULTORES DE UNIÓN CANTINIL (ASOCUC) EN EL CANTÓN CENTRAL, UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A**

Brandon Yenner Angel Lucero<sup>1</sup>

**RESUMEN**

Se realizó un diagnóstico preliminar del tizón en plántulas de café (*Coffea arabica*) en almácigos registrados, identificando cuatro agentes patógenos: *Cercospora* sp., *Phoma* sp., *Pestalotia* sp. y *Colletotrichum* sp, encontrado el complejo de hongos en las variedades: Pache Colís con 9.58 %, Anacafé 14 con 9.14 % y Catimor con 8.63 %. Durante el estudio se identificaron una serie de prácticas agrícolas que favorecen el desarrollo de determinados hongos, las cuales no se realizaron de forma correcta, detectándolas en semillero y almácigos: desinfestación del sustrato, control de riego, aplicaciones preventivas, poda de raíz de plántulas, fertilización, sombra, control de malezas, rotación de productos y dosis de agroquímicos.

**ABSTRACT**

Preliminary diagnosis of blight in coffee seedlings (*Coffea arabica*) in registered seedlings, identifying four pathogenic agents: *Cercospora* sp., *Phoma* sp., *Pestalotia* sp. and *Colletotrichum* sp, found the complex of fungi in the varieties: Pache Colís with 9.58%, Anacafé 14 with 9.14% and Catimor with 8.63%. During the study, a series of agricultural practices that favor the development of certain fungi were identified, which were not carried out correctly, detecting them in seedbeds and seedlings: disinfestation of the substrate, irrigation control, preventive applications, root pruning of seedlings, fertilization, shade, weed control, product rotation and dosage of agrochemicals.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03740.pdf>

## **DINÁMICA GEOESPACIAL DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) DURANTE EL PERIODO DE 1969 A 2018, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MUNICIPALIDAD DE VILLA CANALES, GUATEMALA, C.A.**

Juan José Blas Rossil<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Se realizó un estudio sobre la dinámica geoespacial de dicho cultivo en el periodo del año 1969 al 2018, utilizando distintas fuentes como mapas cartográficos, imágenes satelitales y ortofotos para su análisis, utilizando software de Sistemas de Información Geográfica (SIG); de la mano de este análisis se realizó una cartografía participativa dentro de la cual se tuvo el aporte de información de las comunidades aledañas a las áreas cultivadas con caña de azúcar.

Con base en los mapas realizados y por los sondeos realizados se determinó la tasa de cambio de uso de suelo establecida por la FAO, se observó la disminución continua que tiene el cultivo de caña de azúcar dentro del municipio, y que los cambios más grandes en cuanto al área cultivada de caña de azúcar fueron dentro del periodo que abarca el 2002 al 2006 ya que se obtiene una tasa de cambio de 3.21 % de reducción de área por año, la pérdida de más de 130 hectáreas que originalmente eran del cultivo se atribuyen a proyectos con desarrollo inmobiliario, por el aumento de viviendas en el sector de el Zapote, como lo son Villas La Merced y El Arenal quienes afectaron principalmente.

Entre otras empresas creadas por el ingenio también se pueden mencionar la inmobiliaria LAGOX y la distribuidora de agua potable AGUAS DEL VALLE, lo cual representa una transformación parcial de su giro de negocio y cambio de vocación del área territorial, además los dueños del ingenio han decidido promover y destinar la totalidad del área cultivada (498 hectáreas) en el municipio para el desarrollo inmobiliario, áreas de comercio y desarrollo industrial.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03743.pdf>

## **ABSTRACT**

Study on the geospatial dynamics of said crop and was based on the period from 1969 to 2018, using different sources such as cartographic maps, satellite images and orthophotos for analysis, using Geographic Information Systems (GIS) software; Hand in hand with this analysis, a participatory cartography was carried out within which the contribution of information from the communities surrounding the areas cultivated with sugar cane was taken.

Based on the maps made and the surveys carried out, the rate of change in land use established by the FAO was determined, the continuous decrease that sugarcane cultivation has within the municipality was observed, and that the greatest changes in Regarding the cultivated area of sugar cane, they were within the period from 2002 to 2006, since a rate of change of 3.21% of area reduction per year is obtained, the loss of more than 130 hectares that were originally from cultivation are attributed to projects with real estate development, due to the increase in housing in the Zapote sector, such as Villas La Merced and El Arenal, which were mainly affected.

Among other companies created by the Ingenio, the LAGOX real estate company and the drinking water distributor AGUAS DEL VALLE can also be mentioned, which represents a partial transformation of its line of business and change of vocation of the territorial area, in addition, the owners of the Ingenio have decided promote and allocate the entire cultivated area (498 hectares) in the municipality for real estate development, areas of commerce and industrial development.

## **PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MICROCUENCA “AGUA CALIENTE”, MUNICIPIO CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C. A.**

Andrea Surama Borrayo Pérez<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

En esta investigación se realizó la caracterización hidromorfológica y planificación sobre el uso y manejo del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente. Con estas actividades se obtuvo resultados morfométricos de aspectos lineales, superficie y relieve, así como los resultados de calidad del agua que se encuentra debajo de los límites máximos permisibles de la norma COGUANOR 29001 de agua para el consumo humano.

El caudal máximo durante el año 2017 fue de 0.92 m<sup>3</sup> /s, el cual abasteció desde la parte alta de la microcuenca, iniciándose en la comunidad Ocumbla hasta la parte baja, en el barrio Agua Caliente. Con los escenarios generados se pudo determinar que la oferta hídrica del área de estudio fue de 2.26 m<sup>3</sup> /año, dicha oferta fue calculada respecto al agua superficial disponible neta, la reducción de fuentes frágiles y el régimen de estiaje; en cuanto a la demanda se obtuvo que esta es de 0.94 m<sup>3</sup> /año. En la demanda del recurso hídrico el principal uso identificado es en el sector doméstico consumiendo un aproximado del 96%, el índice de escasez obtenido al hacer la relación oferta y demanda fue del 41.70%, evidenciando la fuerte presión que hay sobre el recurso hídrico.

El principal problema identificado es la obtención y distribución del recurso hídrico en una forma homogénea y equitativa, la cantidad de agua disponible también se ve reducida en cuanto a la calidad ya que no es apta para los principales usos; como solución a los problemas se realizó una propuesta de varios proyectos y programas recomendados para los usos actuales y potenciales, para ello fue necesario mejorar las condiciones de disponibilidad del recurso hídrico de una forma urgente para mitigar la escasez del mismo.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03746.pdf>

## **ABSTRACT**

Hydromorphological characterization and planning on the use and management of the water resource of the Agua Caliente micro-basin, with these activities morphometric results of linear, surface and relief aspects were obtained, as well as the results of water quality that is below the maximum permissible limits. of the COGUANOR 29001 standard for water for human consumption.

The maximum flow during 2017 was 0.92 m<sup>3</sup>/s, which supplied from the upper part of the micro-basin, starting in the Ocumbla community to the lower part in the Agua Caliente neighborhood. With the generated scenarios, it was possible to determine that the water supply of the study area was 2.26 m<sup>3</sup> /year, said supply was calculated with respect to the net available surface water, the reduction of fragile sources and the dry season regime; Regarding the demand, it was obtained that this is 0.94 m<sup>3</sup> / year. In the demand for water resources, the main use identified is in the domestic sector, consuming approximately 96%, the scarcity index obtained by making the supply and demand relationship was 41.70%, evidencing the strong pressure on water resources.

The main problem identified is obtaining and distributing water resources in a homogeneous and equitable manner. The amount of available water is also reduced in terms of quality since it is not suitable for the main uses; As a solution to the problems, a proposal was made for several projects and programs recommended for current and potential uses, for which it was necessary to urgently improve the availability of water resources to mitigate its scarcity.

**PLAN DE CONTINGENCIA Y SEGURIDAD OCUPACIONAL PARA EL VERTEDERO CONTROLADO DEL KM. 22 RUTA AL PACÍFICO, VILLA NUEVA, GUATEMALA; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESENTADOS EN LA AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y DEL LAGO DE AMATITLÁN (AMSA), GUATEMALA, GUATEMALA, C.A**

Yameli Yanel Chanchavac López<sup>1</sup>

**RESUMEN**

Se elaboró de un plan de contingencia y seguridad ocupacional para el vertedero controlado del km. 22 el cual considera aspectos generales en las que se encuentra expuesto el vertedero controlado, basándose en la prevención y mitigación de los diferentes eventos. El plan consiste en tomaren cuenta todas las amenazas identificadas y todos los aspectos referidos del vertedero, como de las personas que operan y desarrollan sus actividades en el mismo.

**ABSTRACT**

Preparation of a contingency and occupational safety plan for the controlled landfill of km. 22 which considers general aspects in which the controlled landfill is exposed, based on the prevention and mitigation of the different events, the plan consists of taking into account all the identified threats and all aspects of the landfill, as well as the people who operate and carry out their activities in the same.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Gestión Ambiental Local  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03747.pdf>

**EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE TRES MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE VOLUMEN DE ÁRBOLES INDIVIDUALES DE *Pinus oocarpa* Schiede EN BOSQUES NATURALES DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB – GUATEMALA, C.A.**

Rodrigo Antonio Molina Dacaret<sup>1</sup>

**RESUMEN**

Se identificó la necesidad del Instituto Nacional de Bosques -INAB- de evaluar los modelos matemáticos existentes para la estimación de volumen de árboles en pie. Se escogió una de las especies de coníferas de mayor importancia para el país. Durante la investigación se muestrearon árboles en distintos puntos dentro del área de distribución natural de la especie, específicamente en Chinique, Purulhá, Granados, Jalapa, San Raymundo y Chinautla. A partir de estas cubicaciones, se realizaron análisis de varianza para determinar el modelo más adecuado.

**ABSTRACT**

INAB's need to evaluate existing mathematical models for estimating the volume of standing trees. One of the most important coniferous species for the country was chosen: *Pinus oocarpa* Schiede. During the investigation, trees were sampled at different points within the natural distribution area of the species, specifically in Chinique, Purulhá, Granados, Jalapa, San Raymundo and Chinautla. From these volumes, analysis of variance was performed to determine the most appropriate model.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables  
<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03748.pdf>



**RESÚMENES DE TESIS DE POSTGRADO**

**Evaluación de variables climáticas locales y sus efectos sobre la población del corredor seco en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala.**

Alan Randolph Galvan Solis<sup>1</sup>

**RESUMEN**

La población rural que habita en la región del área Ch'orti', ha sido afectada por el cambio climático, que ha ocasionado sequías severas y prolongadas en los últimos 10 años en los que se ha enfocado el presente estudio, esto ha dado como resultado que se pierdan cultivos, específicamente de granos básicos como maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maicillo (*Sorghum bicolor*), que es la dieta base de las familias de esta región.

Se realizó una investigación para el fortalecimiento de la gestión ambiental, a partir de generar información de base y validarla, tuvo por objetivo recopilar y analizar información que promueva mecanismos para identificar fenómenos climáticos que impactan a la población del corredor seco Ch'orti'; mediante la utilización de encuestas y entrevistas a la población local.

Se encontró que los saberes se transmiten de generación en generación y la opinión basada en la experiencia de sus habitantes son los principales mecanismos de identificación de los cambios que han ocurrido en el clima local. Con el presente estudio se determinaron las relaciones pertinentes para analizar los impactos del cambio climático global que se acentúa por las condiciones de vulnerabilidad sobre la población Ch'orti' y establecer que son adversos, mediante las experiencias y relatos ancestrales, por parte de la población que vive en primera mano en el área; así como los índices de producción local, y empleando los datos meteorológicos proporcionados para los municipios del área Ch'orti'.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Zootecnia  
Maestría En Ciencias En Gestion Ambiental Local

**Evaluation of local climatic variables and their effects on the population of the dry corridor in the municipalities of Jocotán, Camotán and San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala.**

**ABSTRACT**

The rural population that lives in the region of the Ch'orti' area has been affected by climate change, which has caused severe and prolonged droughts in the last 10 years on which this study has focused, this has resulted in crops are lost, specifically basic grains such as corn (*Zea mays*), beans (*Phaseolus vulgaris*) and maicillo (*Sorghum bicolor*), which is the basic diet of families in this region.

An investigation was carried out to strengthen environmental management, based on generating basic information and validating it, its objective was to collect and analyze information that promotes mechanisms to identify climatic phenomena that impact the population of the Ch'orti' dry corridor; through the use of surveys and interviews with the local population.

It was found that knowledge is transmitted from generation to generation and the opinion based on the experience of its inhabitants are the main mechanisms for identifying the changes that have occurred in the local climate. With the present study, the pertinent relationships were determined to analyze the impacts of global climate change that is accentuated by the conditions of vulnerability on the Ch'orti' population and establish that they are adverse, through the experiences and ancestral stories, by part of the population that live firsthand in the area; as well as the local production indices, and using the meteorological data provided for the municipalities of the Ch'orti' area.

F A C U L T A D D E  
**AGRONOMÍA**  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**tikalía**

**INSTRUCCIONES PARA AUTORES Y GUÍA DE EVALUACIÓN  
PARA ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO**

## **INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES**

La **Revista Tikalía** es una publicación científica de edición semestralmente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC).

En la revista se publican trabajos originales de contribución técnico-científica (artículos) en el campo de las ciencias agrícolas, forestales, ambientales, agroindustriales, sociales, biológicas, ecológicas, etc.; 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 el Consejo Editorial de la Facultad de Agronomía, deberá invitar “referees” anónimos (Revisores y Calificadores Pares, plenamente identificados y fuera de la Facultad de Agronomía), dependiendo de la naturaleza del artículo presentado. Los trabajos pueden aprobarse sin correcciones, aprobarse 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, ambientales, agroindustriales y forestales.

## **FORMA Y PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS**

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

En la primera página deberá contener el título del trabajo no mayor a 20 palabras, el resumen de 250 palabras y las palabras clave (Con base en el AGROVOC de la FAO).

Los cuadros y figuras deberán ser numerados con números arábigos consecutivos y aparecer referidos en los textos. Deben ser legibles sobre todo en sus leyendas (no deben bajar de Arial 8).

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

En la figura, la fuente (sí es pertinente) debe de escribirse por arriba del título, sin punto final; en el Cuadro, en la parte inferior y con punto final. Las figuras deberán estar exclusivamente a colores, trabajarlas en Word o Excel para poder hacer cambios en leyendas en tamaño de letra o tipografía. A las fotografías se aplican los mismos criterios que para las figuras, deben estar en formato JPG o PNG. Para las figuras y fotografías no enviar capturas o recortes de las mismas.

Los trabajos deben presentarse de acuerdo con el siguiente esquema:

TÍTULO en Español,  
RESUMEN (seguido de Palabras clave tomadas de AGROVOC),  
TÍTULO DEL ARTÍCULO en inglés,  
ABSTRACT (seguido de Key words tomadas de AGROVOC);

1. INTRODUCCIÓN (incluye revisión de literatura);
2. MATERIAL Y MÉTODOS;
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN;
4. CONCLUSIONES;
5. LITERATURA CITADA, (Se acepta APA, IICA o ISO), alineadas a la izquierda; y
6. AGRADECIMENTOS (si es pertinente)

## **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: **tikalía@fausac.gt**. 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 completos del o los autores(es). En esa misma hoja, como pie de página, el grado académico, cargo, lugar de trabajo y correo del o los autor(es).

**Título:** Conciso e indicar el contenido del trabajo, no mayor a las 20 palabras.

**Resumen:** Presenta lugar, época, objetivo, métodos y resultados o conclusiones. Es seguido de las palabras clave tomadas del AGROVOC de la FAO, <http://aims.fao.org/es/standards/agrovoc/functionalities/search>.

**Abstract:** Consiste en la traducción del resumen al idioma inglés. Es seguido de key words. Tomadas del AGROVOC de la FAO, <http://aims.fao.org/es/standards/agrovoc/functionalities/search>

**Introducción:** Presentar el contexto, antecedentes, alcances, beneficiarios de los resultados y objetivos

INSTRUCCIONES PARA AUTORES Y GUÍA DE EVALUACIÓN PARA  
ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO

**Materiales y métodos:** reúne la información necesaria para la reproducción del trabajo por otros investigadores, los diferentes métodos deben referenciarse con base en la bibliografía. (insumos, herramientas, métodos y procedimientos plenamente identificados)

**Resultados y Discusión:** Presentación concisa de resultados, incluye cuadros, figuras y fotos. Análisis y discusión de los mismos, respaldados por 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 sólo las referencias citadas en el texto (IICA, APA o ISO).

## Lista de chequeo para que el artículo pueda ser admitido para su evaluación por el Consejo Editorial

Esta lista de chequeo detalla los elementos mínimos que debe presentar un artículo para ser para ser evaluado para su publicación en la Revista Tikalía, la misma va a ser cotejada por la **Secretaría del Consejo Editorial**. El propósito inicial de esta guía es que cada artículo llene los requisitos mínimos estipulados en las instrucciones para autores.

Para aquellos artículos que el Consejo Electoral apruebe para su publicación, sujeto a correcciones, la Secretaría del Consejo Editorial enviará una notificación al autor principal sobre los cambios esenciales que debe realizar a su artículo, especificando el lapso de **15 días** para la devolución del mismo y proceder con el siguiente paso.

Elementos mínimos para la aceptación del artículo	Si	No
¿El artículo cuenta con un máximo de 10 páginas incluyendo gráficas y cuadros?		
¿Cada autor presenta: nombre completo, grado académico, lugar donde labora y correo electrónico?		
¿El artículo cuenta con Resumen resaltando lugar, época, objetivo, metodología y principales resultados, conclusiones o recomendaciones (máximo 250 palabras)?		
¿Palabras clave obtenidas de AGROVOC FAO?		
¿El artículo cuenta con Abstract (máximo 250 palabras en inglés)?		
¿Key words obtenidas de AGROVOC FAO?		
¿El artículo cuenta con introducción, presentación, antecedentes, contexto, beneficiarios, alcances de la investigación y marco conceptual?		
¿El artículo tiene conclusiones y recomendaciones?		
¿El artículo cuenta con referencias en IICA, APA o ISO?		
¿Las gráficas, figuras o cuadros tienen la resolución mínima requerida?		
¿Las gráficas, figuras o cuadros cuentan título descriptivo?		
¿Las gráficas, figuras o cuadros cuentan con una tipografía legible, no menor a Arial 8?		
¿Si las figuras o cuadros no son del autor, estas tienen fuente de donde se tomó la información?		

# **Aportes Científicos-Tecnológicos en Sistemas de Producción Agrícola y Recursos Naturales Renovables, Gestión Ambiental Local e Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales**

## CONTENIDO

- 1** Evaluación de variables climáticas locales y sus efectos sobre la población del corredor seco en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala
- 11** Determinación del tipo de acuífero de ciudad Guatemala para la definición correcta de su vulnerabilidad intrínseca
- 28** Determinación del Índice de Sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango
- 42** Evaluación de la adaptabilidad de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*), en el departamento de Jalapa, Guatemala
- 55** Resúmenes de Tesis de Grado
- 81** Resúmenes de Tesis de Postgrado
- 84** Instrucciones para autores y guía de evaluación para aceptación de artículo

Publicación indexada en:



[www.latindex.unam.mx](http://www.latindex.unam.mx)