

Autores:

Gerson Renato Gabriel Ochaeta Constanza
Marvin Roberto Salguero Barahona
Cele Anaité Méndez García

David Mauricio Guzmán Mejía
Juan Alberto Herrera Ardón
Eleoth Samuel Fuentes Paz
Astrid Victoria Cristina Hernández Archila

Pedro Celestino Cabrera Rodríguez

Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez



tikalía



Aportes Científico-Tecnológicos en Sistemas de Producción
Agrícola y Recursos Naturales Renovables

CONTENIDO

- 7 PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE SAN BENITO Y FLORES, PETÉN, GUATEMALA
Gerson Renato Gabriel Ochaeta Constanza
Marvin Roberto Salguero Barahona
Cele Anaité Méndez García
- 23 EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES UTILIZANDO RESTOS DE COSECHA EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA
David Mauricio Guzmán Mejía
Juan Alberto Herrera Ardón
Eleoth Samuel Fuentes Paz
Astrid Victoria Cristina Hernández Archila
- 41 ALCANCES DE LA REFORMA AGRARIA IMPLEMENTADA POR EL GOBIERNO DE JACOBO ÁRBENZ GUZMÁN EN LA FINCA LA LUZ O LAS PITAS DEL MUNICIPIO DE SAN RAIMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
Pedro Celestino Cabrera Rodríguez
- 57 CATEGORIZACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN EN GUATEMALA
Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez
- 87 RESÚMENES DE TESIS
- 95 Instrucciones para los autores

Publicación catalogada en:



www.latindex.unam.mx

EDICIÓN:
Dennis Escobar Galicia

DISEÑO:
Hernán Guerra Sandoval



Volumen XXXVII No. 1
Enero - Junio 2019

tikalía

ISSN 2221-5964

Vol. XXXVII No. 1 - 2019

Tikalía

Facultad de Agronomía, USAC



EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES UTILIZANDO RESTOS DE COSECHA EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA



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



Revista TIKALIA (Volumen XXXVII, No. 1-2019, Enero-Junio) publicación científica semestral de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, catalogada en Latindex (www.latindex.unam.mx) contiene los artículos siguientes:

- PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE SAN BENITO Y FLORES, PETÉN, GUATEMALA, de Gerson Renato Gabriel Ochaeta Constanza, Marvin Roberto Salguero Barahona, Cele Anaité Méndez García.. En el estudio se presenta un plan de gestión que incluye la reducción de la contaminación del Lago Petén Itzá a través de la remoción de nutrientes al afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la zona de estudio. Se recomienda que el plan sea implementado por las instituciones que forman parte de la mesa de infraestructura del programa «Todos juntos por el Lago Petén Itzá», liderado por las municipalidades de San Benito y Flores.

- EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *PLEUROTUS OSTREATUS* BAJO CONDICIONES ARTESANALES UTILIZANDO RESTOS DE COSECHA EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, de David Mauricio Guzmán Mejía, Juan Alberto Herrera Ardón, Eleoth Samuel Fuentes Paz, Astrid Victoria Cristina Hernández Archila. El objetivo general fue generar información técnica de relevancia sobre la producción de *Pleurotus ostreatus* usando como base sustratos orgánicos procedentes de desechos agrícolas, principalmente de cosecha de maíz y frijol.

- ALCANCES DE LA REFORMA AGRARIA IMPLEMENTADA POR EL GOBIERNO DE JACOBO ÁRBENZ GUZMÁN EN LA FINCA LA LUZ O LAS PITAS DEL MUNICIPIO DE SAN RAIMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, de Pedro Celestino Cabrera Rodríguez. En este estudio se abordó el tema agrario desde el método histórico crítico y fenomenológico porque ambos permiten analizar y comprender la histórica problemática agraria de Guatemala. Se concluye, entre otras cosas, que la Finca La Luz, después del derrocamiento de Arbenz, se fraccionó y con ella la población interesada en su posesión, los propietarios originales, desaparecieron del área de conflicto al dejar este inmueble en manos de su administrador local sin el debido traspaso legal.

- CATEGORIZACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN EN GUATEMALA, de Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez. El objetivo de la investigación fue generar información hidrogeológica del acuífero para determinar las áreas de recarga hídrica y el potencial de extracción de las aguas subterráneas, mediante el análisis de la geomorfología, uso actual de la tierra y el clima. Se concluye, entre otras cosas, que en la cuenca existe una recarga hídrica de 52 millones metros cúbicos por año. Lo cual indica que la extracción de agua con el desarrollo de pozos es factible, pero siempre y cuando se implementen programas locales de extracción y protección de aguas subterráneas.

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

Los editores.



**APORTES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

La Revista Tikalia es el órgano oficial de divulgación científica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Su propósito es contribuir al desarrollo de las Ciencias Agrícolas mediante la publicación de artículos científicos y técnicos que reflejan los resultados de las investigaciones que realizan profesores y estudiantes de la Facultad; así como la publicación de artículos teóricos elaborados por científicos y técnicos de otras universidades e instituciones de investigación agrícola que se adecúen a las necesidades del desarrollo académico de la Facultad.

Los autores son responsables del contenido de sus artículos.

¿Por qué el nombre tikalia ?

El nombre de esta revista dedicada a la ciencia y la tecnología agrícola se debe a que Tikal fue un centro clásico de la antigua cultura maya, establecida otrora sobre una base constituida por la producción agrícola.

Las evidencias obtenidas por diversos mayistas muestran que en los asentamientos iniciales de aquel pueblo, las tierras bajas de lo que ahora es Petén, se desarrollaron sistemas de producción agrícola basados en el maíz (*zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), piloy (*Phaseolus coccineus*), y otras especies cultivadas y forestales.

Se ha estimado que en el período clásico Tikal llegó a tener una población de 50 mil a 70 mil habitantes, dentro de un radio de seis kilómetros al derredor de la ciudad, o sea una área aproximada de 120 kms². Una densidad poblacional de tal magnitud requería sustentarse en sistemas de producción agrícola sumamente intensivos, los cuales incluyeron una infraestructura especializada, constituida por terrazas, riego y drenajes. Como consecuencia de lo anterior, se dice que la agricultura y el manejo de los Recursos Naturales Renovables de aquella zona alcanzaron un alto grado de desarrollo.

Por haber sido Tikal un sitio histórico-geográfico privilegiado durante el florecimiento maya, y por estar actualmente la Facultad de Agronomía orientada al estudio y manejo de los Sistemas de Producción Agrícola y de los Recursos Naturales Renovables —actividades primigeniamente conocidas por los mayas— es que esta revista, dedicada a difundir la ciencia y la tecnología, ha sido denominada con el nombre de Tikalia.



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



Vol. XXXVII, No. 1



Guatemala,
Enero - Junio 2019

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

Junta Directiva de la FAUSAC 2019

Decano

Ing. Agr. Mario Godínez López

Secretario Académico

Ing. Agr. Juan Herrera Ardón

Vocal I

Dr. Tomás Padilla Cámara

Vocal II

Dra. Gricelda Lily Gutiérrez

Vocal III

Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid

Vocal IV

P. Agr. Marlon Estuardo González Alvarez

Vocal V

P. Agr. Marvin Sicajau Pec

Consejo Editorial

Ing. Agr. Mario Godínez López (Presidente)

Pdsta. Dennis Escobar Galicia (Secretario)

Dr. Hugo Cardona Castillo

Dr. Exequiel López

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes

Br. Marco Yordano Hernández

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

Editor:

Dennis Orlando Escobar Galicia

PRESENTACIÓN

Revista TIKALIA (Volumen XXXVII, No. 1-2019. Enero-Junio) publicación científica semestral de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, catalogada en Latindex (www.latindex.unam.mx) contiene los artículos siguientes:

PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE SAN BENITO Y FLORES, PETÉN, GUATEMALA, de Gerson Renato Gabriel Ochaeta Constanza, Marvin Roberto Salguero Barahona y Cele Anaitté Méndez García. En el estudio se presenta un plan de gestión que incluye la reducción de la contaminación del Lago Petén Itzá a través de la remoción de nutrientes al afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la zona de estudio. Se recomienda que el plan sea implementado por las instituciones que forman parte de la mesa de infraestructura del programa «Todos juntos por el Lago Petén Itzá», liderado por las municipalidades de San Benito y Flores.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRÁ *PLEUROTUS OSTREATUS* BAJO CONDICIONES ARTESANALES UTILIZANDO RESTOS DE COSECHA EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, de David Mauricio Guzmán Mejía, Juan Alberto Herrera Ardón, Eleoth Samuel Fuentes Paz, Astrid Victoria Cristina Hernández Archila. El objetivo general fue generar información técnica de relevancia sobre la producción de *Pleurotus ostreatus* usando como base sustratos orgánicos procedentes de desechos agrícolas, principalmente de cosecha de maíz y frijol.

ALCANCES DE LA REFORMA AGRARIA IMPLEMENTADA POR EL GOBIERNO DE JACOBO ÁRBENZ GUZMÁN EN LA FINCA LA LUZ O LAS PITAS DEL MUNICIPIO DE SAN RAIMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, de Pedro Celestino Cabrera Rodríguez. En este estudio se abordó el tema agrario desde el método histórico crítico y fenomenológico porque ambos permiten analizar y comprender la histórica problemática agraria de Guatemala. Se concluye, entre otras cosas, que la Finca La Luz, después del derrocamiento de Árbenz, se fraccionó y con ella la población interesada en su posesión, los propietarios originales, desaparecieron del área de conflicto al dejar este inmueble en manos de su administrador local sin el debido traspaso legal.

CATEGORIZACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN EN GUATEMALA, de Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez. El objetivo de la investigación fue generar información hidrogeológica del acuífero para determinar las áreas de recarga hídrica y el potencial de extracción de las aguas subterráneas, mediante el análisis de la geomorfología, uso actual de la tierra y el clima. Se concluye, entre otras cosas, que en la cuenca existe una recarga hídrica de 52 millones metros cúbicos por año. Lo cual indica que la extracción de agua con el desarrollo de pozos es factible, pero siempre y cuando se implementen programas locales de extracción y protección de aguas subterráneas.

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

Los editores.

CONTENIDO

- 7 **PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE SAN BENITO Y FLORES, PETÉN, GUATEMALA**

Autores:

Gerson Renato Gabriel Ochaeta Constanza
Marvin Roberto Salguero Barahona
Cele Anaitté Méndez García

- 23 **EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES UTILIZANDO RESTOS DE COSECHA EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA**

Autores:

David Mauricio Guzmán Mejía
Juan Alberto Herrera Ardón
Eleoth Samuel Fuentes Paz
Astrid Victoria Cristina Hernández Archila

- 41 **ALCANCES DE LA REFORMA AGRARIA IMPLEMENTADA POR EL GOBIERNO DE JACOBO ÁRBENZ GUZMÁN EN LA FINCA LA LUZ O LAS PITAS DEL MUNICIPIO DE SAN RAIMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Autor:

Pedro Celestino Cabrera Rodríguez

- 57 **CATEGORIZACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN EN GUATEMALA**

Autor:

Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez

- 87 **RESÚMENES DE TESIS**
-

- 95 **Instrucciones para los autores**



PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE SAN BENITO Y FLORES, PETÉN, GUATEMALA

Autores:

Gerson Renato Gabriel Ochaeta Constanza¹

Marvin Roberto Salguero Barahona²

Cele Anaité Méndez García³

Recibido el 14 de agosto de 2018.

Aprobado el 28 de enero de 2019.

¹Lic. Coordinador Laboratorio Calidad de Agua, Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Petén Itzá AMPI-MARN.

²PdD. Profesor Titular, Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala.

³MsC. Profesor Titular, Centro Universitario de Petén Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN

Se presenta un plan para la gestión de las aguas residuales en la zona urbana de los Municipios de San Benito y Flores en el Departamento de Petén. Los principales actores involucrados en la gestión de aguas residuales son: EMAPET, AMPI, las municipalidades de San Benito y Flores y la sociedad civil. El sistema que actualmente funciona en la zona es un sistema de tratamiento de 12 lagunas de oxidación, el cual tiene una capacidad de tratamiento para 7,500 m³ por día. Para el año 2028 se estima que en el área se requiera una demanda de 13,278 m³ por día. La implementación del plan para la gestión de las aguas residuales en el área de estudio es de Q134,162,000.00, inversión que debe realizarse en el transcurso de 10 años. Adicionalmente para la reducción de la contaminación al Lago Petén Itzá, se debe implementar un sistema de humedales artificiales que permitan la remoción de nutrientes al efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales que funciona actualmente. El plan para la gestión de aguas residuales de la zona de estudio debe ser implementado por las instituciones que forman parte en la mesa de infraestructura del programa “Todos juntos por el Lago Petén Itzá”, liderados por AMPI, EMAPET y las municipalidades de San Benito y Flores Petén.

Palabras claves: Plan de aguas residuales, EMAPET, contaminación, lagunas de oxidación, municipalidades

ABSTRACT

A plan for the management of wastewater in the urban area of the municipalities of San Benito and Flores in the department of Petén is presented. The main stakeholders involved in wastewater management are: EMAPET, AMPI, the municipalities of San Benito and Flores and the civil society. The system that currently operates in the area is a 12 oxidation lagoons system, which has a treatment capacity of 7,500 m³ per day is required in the area. The implementation of the wastewater management plan in the study area will be Q134,162,000.00, the investment that must be made over the course of 10 years. Additionally, for the reduction of contamination to Petén Itzá lake, a system of artificial wetlands must be implemented that allow the removal of nutrients to the effluent of the wastewater treatment plan that is currently operating. The wastewater management plan of the study area should be implemented by the institutions that are part of the support group named “Mesa de infraestructura” part of the program “Todos juntos por el Lago” led by AMPI, EMAPET and the municipalities of San Benito and Flores Petén.

Keywords: wastewater plan, EMAPET, contaminations, oxidation lagoons, municipalities.

INTRODUCCIÓN

El agua como recurso natural es vital para la especie humana, debido a las implicaciones ambientales y socioeconómicas de su uso, es necesario que se maneje bajo un enfoque integral y sostenible, para una adecuada gestión del recurso.

Dentro del concepto de desarrollo sostenible, la gestión ambiental busca generar la participación ciudadana y la responsabilidad ética ante el ambiente y los elementos de la naturaleza. Orienta la protección, preservación, precautoriedad, mitigación, uso, regulación, control, monitoreo y evaluación de las acciones relacionadas con el ambiente y los recursos de la naturaleza (URL *et al.* 2009).

Los componentes esenciales de la gestión ambiental son; la política, el derecho y la administración ambientales. La política ambiental es el conjunto de las acciones que se diseñan para lograr un ordenamiento racional del ambiente (Weitzenfeld, 1996).

La gestión del recurso hídrico es de suma importancia cuando se habla de procesos sostenibles ambientalmente, debido a que en su gran mayoría todas las actividades del hombre dependen de la disponibilidad del recurso agua. La gestión integrada del recurso hídrico es un concepto empírico que nace de la propia experiencia de campo de los profesionales (UNESCO y WWAP, 2009).

Una de las características de la GIRH es la conservación y resguardo de los humedales, los humedales en general, son sistemas cuyas características están determinadas por la presencia de agua, sea esta dulce, salobre o salada. Es decir, los ríos, lagos, lagunas, pantanos, sistemas costeros, cuevas (sistemas hídricos subterráneos), arrecifes coralinos, estuarios, arroyos, turberas y manantiales (Dix y Fernández, 2001).

En Guatemala para el año 2004 se estimó necesaria una inversión de 979.4 millones de quetzales al año para el tratamiento de las aguas residuales (Martínez, 2003), como un aporte a la mejora ambiental del país. En este mismo año se estimaba que en los 331 municipios, solamente se encontraban registradas 49 plantas de tratamiento de aguas residuales (URL, 2006).

Un plan de gestión de aguas residuales (PGAR) aglomera varios conceptos y acciones a realizar, la guía para la elaboración de planes de manejo de aguas residuales de la provincia de Manitoba (2012), Canadá menciona que un plan de gestión de agua residual como mínimo debe de contar con 5 aspectos importantes.

Debe de esbozar la gestión de aguas residuales (tratamiento e infraestructura asociada y servicios) dentro de un área planificada (un municipio o una zona de planificación), identificar los planes para el desarrollo futuro, ampliación o mejora de los sistemas de aguas residuales que se acomoden y adecuen para las necesidades de crecimiento a futuro, proporcionar una estimación de los costos y la financiación de mecanismos asociados a los sistemas existentes (Manitoba, 2012).

El plan de gestión de aguas residuales al ser un proceso integral, incorpora elementos del plan de desarrollo, plan financiero municipal y plan de capital para asegurar que los nuevos desarrollos se puede acomodar sin ser una carga financiera para la comunidad existente (lo ideal sería que el nuevo desarrollo paga por sí mismo sus necesidades) (Manitoba, 2012).

El plan de gestión de las aguas residuales es un activo que puede apoyar y fundamentar las decisiones sobre el uso del suelo, la financiación de infraestructuras y cualquier permiso y/o licencia para el desarrollo futuro (Manitoba, 2012).

Las aguas residuales tratadas parcialmente o no tratadas son fuente de grandes cantidades de materia orgánica, nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, contaminantes microbiológicos como los coliformes fecales, así como otro tipo de contaminantes para los cuerpos de agua como los lagos o ríos. Para el año 2017 en el área urbana de los municipios de Flores y San Benito en el departamento de Petén, no cuentan con un plan de manejo de las aguas residuales, provocando que estas aguas continuamente descarguen contaminantes en la cuenca del Lago Petén Itzá, generando un deterioro en la salud del ecosistema de este importante cuerpo de agua para la región.

En el presente trabajo se fijó como objetivo la identificación de los actores principales en el proceso de gestión de aguas residuales, describir las fortalezas y debilidades del actual sistema de tratamiento de las aguas residuales y presentar medidas complementarias al actual sistema, mediante una propuesta de plan de gestión ambiental para la zona urbana de los municipios de San Benito y Flores Petén, con el propósito de buscar los mecanismos y planes de mitigación que permitan lograr la reducción de estos contaminantes en la cuenca del Lago Petén Itzá.

METODOLOGÍA

Para la realización de la presente investigación se utilizó la guía para la elaboración de planes de gestión de aguas residuales de la provincia de Manitoba en Canadá. Se hizo una contextualización y adaptación de la guía mediante un análisis cualitativo de la información relacionada al tema de aguas residuales en la parte sur de la cuenca del Lago Petén Itzá, que corresponde a la zona urbana de los municipios de San Benito y Flores, Petén.

Se analizó el caso de la gestión de las aguas residuales en el casco urbano de los municipios de San Benito y Flores como un estudio de caso, para el cual se tuvo el apoyo de técnicas de investigación tales como: observación participante, entrevistas guiadas, visitas de campo y revisión bibliográfica documentada.

Observación participante: La observación participante es una herramienta que sirve sobre todo para obtener ideas e indicaciones nuevas sobre la marcha a seguir con el grupo objetivo a trabajar. Este método fue utilizado con el objetivo de investigar el punto de vista de los diferentes actores, así como sus reglas de organización, cuestiones de funcionamiento y operación para planificar y desarrollar el PGAR (Geilfus, 2005).

Para este trabajo el maestrante se involucró en los procesos de saneamiento (aguas residuales específicamente) de las municipalidades y de EMAPET, para obtener información necesaria para la elaboración del PGAR. Adicionalmente se convocó a mesas de trabajo a diferentes actores, del sector público, privado y sociedad civil, con el fin de obtener información en relación a las aguas residuales en el área de estudio, estas mesas de trabajo fueron moderadas por el maestrante con el soporte de la Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Petén Itzá (AMPI).

Entrevistas guiadas: Con el fin de obtener información más específica, posteriormente a las mesas de trabajo se realizaron entrevistas guiadas a cada uno de los actores principales (Geilfus, 2005). Las entrevistas fueron elaboradas de acuerdo a la información que se necesita obtener para la elaboración del plan de gestión de aguas residuales.

Revisión Bibliográfica: Se hizo un análisis completo de la información disponible en relación a los sistemas de saneamiento que están implementados, así como los que se encuentran en algún proceso de planificación. Por otro lado, se buscó información de sistemas de saneamiento que puedan ser implementados en el área de estudio que permitió analizar y presentar diferentes alternativas en el plan. La revisión se llevó a cabo en las bibliotecas de las diferentes instituciones involucradas, en medios digitales y en entrevistas a expertos en la materia vía correo electrónico.

RESULTADOS

A partir del análisis por las relaciones interinstitucionales se establece que EMAPET, AMPI, las municipalidades y la sociedad civil son los actores claves en el proceso de gestión de las aguas residuales, esto con base a las interacciones de doble vía (influencia directa de unos con otros) que tienen entre la mayoría de actores, las acciones que implementen o no estas instituciones impacta de forma directa la gestión de las aguas residuales

El rol que EMAPET tiene es principal debido a que es la institución a cargo de administrar el actual sistema, incluyendo la ampliación, mantenimiento y diseño de todas las obras que el sistema requiera, el rol de las municipalidades radica en que son miembros del concejo de administración de EMAPET, así como son entidades que pueden ejecutar proyectos de ampliación en la red actual. La AMPI funciona como un ente que agrupa a las diferentes instituciones involucradas y es el enlace directo con el Ministerio de Ambiente y Recursos naturales y la participación de la sociedad civil en su Concejo de Administración. El rol de la sociedad civil es de alta relevancia ya que es el apartado que audita el trabajo de las instituciones de gobierno y representa el sentir de los usuarios del actual sistema.

El rol del INFOM, SEGEPLAN y el MSPAS es secundario, este se limita a un asesoramiento técnico ingenieril y de parámetros de salud que el actual sistema debe de cumplir.

Para el año 2017 EMAPET tiene doce mil novecientos noventa y ocho (12,998) conexiones activas de servicio de agua entubada en el casco urbano de San Benito y Flores Petén. Se tienen 1,715 conexiones disponibles para el alcantarillado sanitario en el municipio de Flores, de las cuales 1,113 se encuentran conectadas, mientras que en el municipio de San Benito hay 2,771 conexiones disponibles, y se encuentran conectadas 1,782. En total

para el año 2017 se tiene una demanda de 12,998 conexiones para satisfacer la totalidad de la necesidad de la población del área en estudio al sistema de tratamiento de aguas residuales, la disponibilidad de conexiones al sistema de alcantarillado es de 4,486 conexiones equivalente a un 34% de la necesidad para el 2017.

El sistema actual de 12 lagunas de oxidación tiene una capacidad de tratar 7,500 m³/día de aguas residuales, en el año 2017 la planta trata en promedio 3,000 m³ diarios, es decir, que funciona a un 40% de su capacidad.

En promedio cada servicio produce de 0.7 a 0.8 m³/día, con estos volúmenes de producción diaria, se estima que el sistema para el año 2017 tiene la capacidad de tratar aguas residuales de 5,600 conexiones aproximadamente. Es decir que de los 12,998 servicios que EMAPET presta al año 2017 (agua potable) el 43% de las aguas producidas por estos usuarios pueden ser tratadas en el actual sistema, haciendo la salvedad que aún es necesaria la ampliación de la red de alcantarillado.

Se estima que para el año 2028 la demanda será de 16,598 servicios para el área de estudio, de acuerdo a mediciones de EMAPET diariamente ingresan en promedio 0.8 m³ de agua residual por cada conexión activa, equivalente a un volumen de 13,278 m³ de aguas residuales que se estarían generando para el año 2028. El incremento de la demanda sobrepasa en un 177% la capacidad de tratamiento del actual sistema, implicando que se deben iniciar con la construcción, planteamiento y nuevas alternativas para la depuración de las aguas residuales en el casco y urbano de los municipios de San Benito y Flores.

Para el manejo de la producción de aguas residuales al año 2017 y a futuro del área urbana de San Benito y Flores, se plantea tres opciones a seguir:

Primero, en los próximos 4 años los gobiernos municipales en conjunto con EMAPET centrarán esfuerzos en lograr el 100% de las conexiones disponibles al momento en el sistema. Para el año 2017 se tenían 1,591 conexiones disponibles para incorporarse al sistema. Mediante la mesa de infraestructura del programa “Todos juntos por el lago” se plantea realizar un trabajo en conjunto entre las municipalidades de Flores y San Benito y la empresa EMAPET, para que en conjunto puedan realizar las conexiones de estos servicios al actual sistema.

Bajo esta propuesta las municipalidades correrían con el costo de los materiales y EMAPET cubriría con su personal los costos de instalación de los sistemas al alcantarillado sanitario (conexión intradomiciliares). En conjunto por cada servicio conectado se estima en promedio que tendrá un costo de Q 2,000.00. Tomando en cuenta que se necesitan conectar 1,591 usuarios el valor global para alcanzar en su totalidad las conexiones asciende a Q 3,182,000.00.

Segundo, EMAPET con el apoyo de las municipalidades gestionará fondos de cooperación internacional y fondos estratégicos de Concejo de Desarrollo para la ampliación de la red actual, que permita la creación de alrededor de 3,000 nuevas conexiones para el actual sistema y con esto alcanzar el 100% de la capacidad de operación de la planta, a partir del presente año las municipalidades planificarán en su plan operativo anual, proyectos correspondientes a segmentos para la construcción de más redes de drenajes.

Tercero, por topografía y tamaño de la red algunas viviendas existentes no pueden ser conectadas al actual sistema, teniendo en cuenta el tipo de construcciones en la zona, y los altos costos que implica la construcción de un nuevo sistema de lagunas y red de drenaje para atender a los más de 9,000 usuarios que se proyectan para el año 2028, se propone la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo biodigestor.

El diseño de estos sistemas, permiten resolver necesidades de saneamiento de forma eficiente, y reduciendo los costos de mantenimiento a corto y mediano plazo, haciendo de estos una alternativa funcional. El sistema completo se compone de tanque séptico con fondo cónico, cámara de contención de lodos estabilizados, sistema de extracción de lodos y filtro de esperas que permiten la formación de una capa biótica para la depuración de las aguas.

El costo de un sistema de biodigestor para una casa de 5 a 6 habitantes, instalada y en completo funcionamiento es de Q 10,000.00 (costo promedio de una fosa séptica tradicional es de Q25,000.00, tomando en cuenta que para cubrir el 100% de la demanda para el año 2018 se deben de instalar un estimado de 9,098 biodigestores, tendría un costo de Q90,980,000.00 quetzales).

Para la conexión de los servicios que actualmente se encuentran disponibles se estima un costo de alrededor de Q 3, 182,000.00, personal de EMAPET calcula que para la creación de la red que permita la creación de 3,000 nuevas conexiones tendría un costo de Q 40,000.00, para la instalación de los biodigestores se evalúa un costo de Q 90,980.00. Para cubrir el 100% de la demanda estimada para el año 2028 se debe erogar un costo total de Q 134, 162,000.00.

Se plantea que el mecanismo a seguir para la implementación de este plan de gestión de aguas residuales para las zonas urbanas de San Benito y Flores, sea la mesa de infraestructura del Programa Todos Juntos por el Lago Petén Itzá, esta mesa de trabajo interinstitucional ha venido funcionando por lo menos en los últimos 5 años, en ella se agrupan expertos en temas de saneamiento ambiental de instituciones de gobierno como EMAPET, INFOM, AMPI-MARN, representantes de las Direcciones Municipales de Planificación DMP de las municipalidades de Flores y San

Benito, SEGEPLAN, Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, así como representantes de la sociedad civil.

De acuerdo a lo consultado durante la elaboración del plan a expertos, recomendaron la implementación de un sistema complementario para el tratamiento terciario de las aguas residuales. Este tratamiento consiste principalmente en la remoción de nutrientes de las aguas residuales, el sistema actual de tratamiento administrado por EMAPET no está diseñado ni construido para la remoción de nutrientes del efluente de agua. Para reducir la contaminación al ambiente por el efluente de la planta de tratamiento es importante la implementación de un tratamiento terciario.

CONCLUSIONES

Los principales actores involucrados en la gestión de aguas residuales de las zonas urbanas de los municipios de Flores y San Benito son las municipalidades, EMAPET, AMPI y la sociedad civil, el rol de estos actores es relevante debido a que las acciones que se tomen o se dejen de ejecutar por estas impacta de forma directa al sistema de gestión de las aguas residuales en el área de estudio.

La mayor fortaleza del sistema de tratamiento de las aguas residuales en el área es, que todo el proceso es administrado y regulado por la empresa municipal mancomunada EMAPET. El sistema actual para el año 2017 es financieramente autosostenible ya que los costos de funcionamiento y operación son obtenidos por el cobro del servicio que EMAPET presta. La principal debilidad actual al año 2017 del sistema de tratamiento de las aguas residuales en el área, es la poca inversión de fondos municipales para la ampliación de la red de drenajes del sistema.

Para el año 2028 se estima que en el área de estudio tenga una demanda de 16,598 servicios, equivalente a una producción de 13,278 m³ por día. El costo de implementación del plan para la gestión de las aguas residuales en el área de estudio es de Q134, 162,000.00, en un plazo de 10 años. Para la implementación del plan es necesaria la implementación en EMAPET del departamento de Gestión Ambiental, el cual le permitirá gestionar fondos con entes nacionales e internacionales para la ampliación de la red. Se requiere que entre el año 2017 y 2020 se alcance la meta propuesta de conectar los servicios que la red al año 2017 tiene capacidad de tratar y aun no se encuentran conectados. Se plantea implementar un sistema de humedales artificiales que permita la remoción de nutrientes al efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales que funciona actualmente. El plan para la gestión de aguas residuales de la zona de estudio pudiera implementado por las diferentes instituciones que participan en la mesa de infraestructura del Programa “Todos juntos por el Lago Petén Itzá”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dix, M; Fernández, J. 2001. Inventario nacional de los humedales de Guatemala. San José, Costa Rica. 176 p.
- Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. San José, Costa Rica. 217 p.
- Martínez M. 2003. Diagnóstico de la inversión que el Estado hace en ambiente y recursos naturales. Ciudad de Guatemala, Guatemala. s.p.
- Province of Manitoba. 2012. Planning Resource Guide: Guide to Developing a Wastewater Management Plan. Guía de planificación. Manitoba, Canadá. 18 p.
- UNESCO (United nations educational, scientific, and cultural organization); WWAP (World water assesment programme). 2009. Integrated Water Resources Management in Action. Turquía. 22 p.
- URL (Universidad Rafael Landívar, Guatemala) 2006. Perfil ambiental de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 110p.
- URL (Universidad Rafael Landívar, Guatemala); IARNA (Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente); INGEP (Instituto de investigaciones y gerencia política). 2009. Gestión ambiental y gobernabilidad. Guatemala. 186 p.
- Weitzenfeld, H. 1996. Manual básico de evaluación de impacto en el ambiente y la salud, de acciones proyectadas. Centro Panamericano de ecología humana y salud. Montepéc, México. 330 p.



EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* BAJO CONDICIONES ARTESANALES UTILIZANDO RESTOS DE COSECHA EN EL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA

Autores:

David Mauricio Guzmán Mejía¹

Juan Alberto Herrera Ardón²

Eleoth Samuel Fuentes Paz³

Astrid Victoria Cristina Hernández Archila⁴

Recibido el 21 de noviembre de 2018.

Aprobado el 28 de enero de 2019

¹Profesor - Investigador del Instituto de Investigaciones del Centro Universitario de Santa Rosa, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC.

²Profesor de la Subárea de Ciencias Biológicas de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

³Profesor de la sección de Agronomía del Centro Universitario de Santa Rosa, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC.

⁴Profesora de la sección de Agronomía del Centro Universitario de Santa Rosa, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC.

RESUMEN

El potencial guatemalteco para la producción rural de hongos comestibles es significativo. Existen en distintas regiones comunidades, sociedades y organizaciones campesinas con posibilidades para desarrollarla. La producción rural de hongos comestibles es una alternativa nutricional, económica y ecológica que permite aprovechar subproductos de los sistemas agrícolas tradicionales.

El objetivo general de la evaluación fue generar información técnica de relevancia sobre la producción potencial de *Pleurotus ostreatus* (Hongo ostra) usando como base a sustratos orgánicos procedentes de desechos agrícolas. El proyecto se ejecutó en distintos caseríos de la aldea Shupá del municipio de Camotán, Chiquimula. Se elaboraron módulos de producción artesanales. Se brindó capacitación y asesoría técnica en el desarrollo de las habilidades de producción de hongos de los participantes.

Se evaluaron, restos de cosecha de maíz y frijol como sustratos para la producción del hongo ostra, las pruebas clasificaron a los restos del cultivo de frijol (2.59 libras/m² de peso fresco, EB=64%) y al olote de maíz (2.63 libras/m² de peso fresco, EB=62%) como los sustratos en los que mejor se adapta el crecimiento de *P. ostreatus*.

Se espera que este trabajo sea el punto de inicio para realizar más investigaciones a nivel local principalmente enfocadas a la utilización de los recursos de bajo costo para la producción comercial de hongos comestibles en Guatemala.

Palabras claves: hongos comestibles, eficiencia biológica, seta, colonización, seguridad alimentaria.

EVALUATION OF GROWTH AND PRODUCTION OF THE MUSHROOM *Pleurotus ostreatus* ON RURAL CONDITIONS, USING THE REMAINS OF HARVEST IN CAMOTÁN, CHIQUIMULA'S TOWNSHIP

ABSTRACT

The potential of Guatemala for the rural production of edible fungi is significant. There are in different regions, communities, societies and organizations of farmers with possibilities to develop it. The rural production of edible fungi is a nutritional, economic and ecological alternative that allows to take advantage of products derived from traditional agricultural systems.

The general objective of the evaluation was to generate relevant technical information about the potential production of *Pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom) using organic substrates from agricultural waste as a base. The project was executed in different places in the Shupá village of the municipality of Camotán, Chiquimula. Also, small-scale craft production modules were built. The research was also lessons and advice in the development of mushroom production skills of the participants.

Corn and bean crop residues were evaluated as substrates for the production of the oyster mushroom, the tests classified the remains of the bean crop (2.59 pounds/m² of fresh weight, EB = 64%) and the corn cob (2.63 pounds/m² of fresh weight, EB = 62%) as the substrates in which the growth of *P. ostreatus* best adapts.

It is expected that this work will be the starting point for more local research mainly focused on the use of cheaper resources for the commercial production of edible fungi in Guatemala.

Keywords: edible fungus, biological efficiency, mushroom, colonization, food security.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Camotán se encuentra ubicado en el departamento de Chiquimula, pertenece a la región denominada Ch'orti' (Catalán, 2016; Méndez & Jesúa, 2018; SEGEPLAN, 2010). Desde hace varias décadas esta región ha experimentado una serie de cambios en el ambiente generados por la destrucción de los recursos naturales, en especial la pérdida de la cobertura forestal, la degradación del recurso suelo por la erosión y la escasez del agua por el desfase del ciclo hidrológico producto del cambio climático (Arnés, Hernández & Astier, 2015; Arnés & Maríaz-Ambrona, 2014; Calvo, Quesada, León, Hugo & Gotlieb, 2018; Martínez, Zambrano, Nieto, Hernández & Costa, 2017).

La producción agropecuaria rural en Guatemala tiene números preocupantes, para asegurar al menos el 60 % de la ingesta calórica con maíz, una persona debería poseer al menos 8400 metros cuadrados disponibles para cultivar al año (Corzo & Schwartz, 2017). La situación nutricional actual de la aldea Shupá y otras comunidades del denominado corredor seco se convierte en una problemática nacional a la cual debe prestársele toda la atención necesaria para mitigar y contrarrestar sus efectos (Bouroncle et al., 2017; Bouroncle, Imbach, Läderach, Rodríguez & Donatti, 2015; Guerra-Gutiérrez, 2017; Najarro, 2018; SEGEPLAN, 2010).

A través de la historia, los guatemaltecos, han basado su agricultura de subsistencia en dos cultivos tradicionales el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus spp.*) (Bouroncle et al., 2015; Castellanos, 2015; Ford, Martorell, Ramirez-Zea & Stein, 2017; Méndez & Jesúa, 2018; Smith, 2015). La producción de hongos actualmente es asequible a pequeños agricultores a partir de cualquier residuo de cosecha que se pueda utilizar como sustrato para el crecimiento de los hongos comestibles.

P. ostreatus es uno de los hongos comestibles más populares en todo el mundo, debido a que su producción es simple y de bajo costo (Baysal, Peker, Yalinkiliç & Temiz, 2003; Bonatti, Karnopp, Soares & Furlan, 2004; Das & Mukherjee, 2007; Fanadzo, Zireva, Dube & Mashingaidze, 2010; Mandeel, Al-Laith & Mohamed, 2005; Obodai, Cleland-Okine & Vowotor, 2003). Es una fuente de proteína, minerales como Hierro, Sodio Fosforo, Potasio y Calcio, además de vitamina C y vitaminas del complejo B, con la capacidad de bioconvertir varios materiales lignocelulósicos (Çaðlarýrmak, 2007; Dundar, Acay & Yildiz, 2009; Maftoun et al., 2015; Manzi, Gambelli, Marconi, Vivanti & Pizzoferrato, 1999; Patil, Ahmed, Telang & Baig, 2010; Rangunathan & Swaminathan, 2003; Reis, Barros, Martins & Ferreira, 2012; Wang, Sakoda & Suzuki, 2001; Yildiz, A., Karakaplan & Aydin, 1998).

La producción de hongos comestibles constituye una alternativa en la producción de alimentos en el medio guatemalteco porque no afecta los valores, ni las actividades centrales de la vida campesina y tampoco daña su entorno ecológico. Los hongos producidos mediante técnicas sencillas y de fácil establecimiento permiten la integración de la producción comunal y la participación de la mujer en el proceso productivo. Sobre la base de investigaciones realizadas y considerando los resultados se espera que los sustratos de restos de cosechas colectadas en los caseríos de la aldea Shupá le provean al *P. ostreatus* las condiciones necesarias para su desarrollo productivo.

En este estudio se evaluó el crecimiento y producción del hongo Ostra *P. ostreatus* bajo condiciones artesanales controladas utilizando restos de cosecha en el municipio de Camotán, Chiquimula.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El ensayo se llevó a cabo en la región II del municipio de Camotán del departamento de Chiquimula, Guatemala, en la región Chortí (SEGEPLAN, 2010). Tiene una extensión de 231,19 km², la cabecera departamental se encuentra a 457 msnm a una latitud norte 14°49'13" y longitud oeste 89°22'24" (Catalán, 2016; Méndez & Jesúa, 2018).

En esta zona las condiciones climáticas varían entre 26.9° y 18.3° grados centígrados y se incrementan en los meses de marzo a mayo hasta los 38° grados centígrados, mientras que la precipitación pluvial anual media de 1135.2 milímetros anuales (Aristondo, 2015; Méndez & Jesúa, 2018), distribuidos en los meses de mayo a octubre.

Se ubicaron módulos de trabajo, en los caseríos Shupá Centro, El Zarzal, El Plan de Murul y La Rebalsa (SEGEPLAN, 2010), con no menos de 50 mts² cada uno. La ubicación final de las áreas en cada caserío se realizó en consenso con la población participante, quienes seleccionaron estas áreas como las de mayor influencia para que los comunitarios se involucraran en el trabajo de investigación y producción.

Instalaciones artesanales

Se construyeron módulos de producción artesanales, con dos áreas de trabajo, una destinada a la incubación y otra destinada a la fructificación. Para la construcción de los módulos se utilizó madera propia de la comunidad además de lámina de zinc y plástico.

Dentro de los módulos se colocaron estantes metálicos reciclados de 1x1x2 metros. (previamente limpiados y desinfectados con alcohol), para la fase de incubación los estantes fueron cubiertos con plástico negro para evitar la presencia de luz. Los estantes estaban separados por 0.50 metros entre sí.

Sustratos

Los materiales seleccionados para evaluación como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, fueron: Caña de maíz: (Tallo y hojas). Olote de maíz: (residuo del desgranado) Tusa de maíz: (capa protectora en la mazorca). Rastrojo de frijol (residuo de cosecha) Todos son restos de cosecha de variedades criollas cultivadas tradicionalmente en la región de trabajo, que en condiciones normales son desechadas, finalmente se utilizó Pulpa de Café (como parámetro de referencia).

El picado de los materiales se hizo tratando de obtener secciones de los materiales de aproximadamente 5 centímetros. La desinfección consistió en sumergir los sustratos en una mezcla de agua caliente e hidróxido de calcio a una temperatura aproximada de 70-80°C por 30 minutos. Finalmente, los sustratos fueron drenados y enfriados antes de realizar la siembra del hongo.

Los sustratos previamente desinfectados fueron colocados en bolsas de polietileno transparente, calibre 3 mm, con capacidad de 25 Lb. El llenado de bolsas se realizó manualmente utilizando equipo de protección para evitar la contaminación utilizando guantes de polietileno, mascarilla, redcilla y lentes plásticos, así mismo todos los utensilios utilizados fueron desinfectados con alcohol al 15%. De la cantidad de bolsas puestas en producción se tomó una muestra consistente en 5 bolsas por cada sustrato en cada uno

de los módulos de trabajo, siendo sobre esta base que se realizaron las evaluaciones estadísticas para evaluar los resultados.

Siembra e incubación

La semilla madre fue colocada en las bolsas de polietileno con el sustrato, alternando las capas del sustrato. Las bolsas se cerraron con un nudo sencillo, eliminando el aire del interior de la bolsa. Las bolsas inoculadas se colocaron en anaqueles y a los cinco días fueron perforadas en toda la superficie, para permitir un adecuado intercambio gaseoso y un mejor crecimiento micelial.

Las bolsas inoculadas se consideraban listas para pasar al área de fructificación, cuando se observaba una cobertura total del micelio sobre el sustrato, formando una superficie blanco-algodonosa, después de la incubación.

Las condiciones naturales de la región le proporcionaron al hongo las condiciones de temperatura adecuadas para la incubación. Para mantener los niveles de humedad se realizaron riegos constantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizó un diseño completamente al azar, las variables a medir fueron: Días para la colonización del sustrato, Peso fresco total durante 30 días y finalmente Eficiencia Biológica (EB) expresada en porcentaje.

Días para la colonización del sustrato:

Los días para la colonización de sustrato se tomaron desde el momento en que se realizó la inoculación inicial hasta que se observó una total colonización del sustrato, indicado por un color blanco característico del micelio sobre su superficie. No se encontró diferencia entre los resultados obtenidos. Estadísticamente ($P > 0.01$) la variable días para la colonización no está influenciada por el sustrato utilizado, ni por la localidad. Se registro una media de 15 días para la colonización de los sustratos en evaluación.

Las condiciones ambientales del área de trabajo favorecieron el desarrollo y colonización del hongo en las unidades de trabajo. Los datos obtenidos son alentadores para el uso de sustratos nativos en la producción de *P. ostreatus* en el área. En otras latitudes los resultados que han reportados con la inclusión de restos de maíz indican una colonización que va de los 18 hasta los 30 días (Adjapong, Ansah, Angfaarabung & Sintim, 2015; de Ita et al., 2018; Fanadzo et al., 2010; Obodai et al., 2003). Para otros cereales como trigo, arroz, sorgo la colonización es reportada de desde los 22 a los 37 días (Adjapong et al., 2015; Das & Mukherjee, 2007; Fanadzo et al., 2010; Salmones, Mata & Waliszewski, 2005; Sharma, Yadav & Pokhrel, 2013; Tesfaw, Tadesse & Kiros, 2015). Estos resultados demuestran que las condiciones climáticas de la aldea Shupá se adaptan a los requerimientos de crecimiento para esta sepa. Tal como lo señalan Adjapong et al., (2015) en su estudio, el aumento en la temperatura aumenta la velocidad de colonización para sustratos inoculados con cepas de *Pleurotus spp.*

Peso fresco total

Se estableció como unidad de muestreo, la cantidad de carpóforos cosechados durante 30 días, en un metro cuadrado en cada repetición. Esta unidad de medida incluyo para cada tratamiento dos bolsas de producción. Los datos son presentados en libras por metro cuadrado, en función de cada uno de los sustratos en evaluación.

En 2007 Bermúdez, García e Murlot reportaron a la pulpa de café como uno de los sustratos ideales para la producción de *Pleurotus spp*, similares conclusiones resaltan Fan, Pandey, Mohan e Soccol (2000). Estas conclusiones se ven reflejadas en el cuadro 1, el cual muestra el resumen de los datos obtenidos de peso fresco. La Pulpa de café resulta el tratamiento con mejores resultados al mostrar una media de 2.87 libras de hongo por corte por metro cuadrado siendo el Olote el siguiente en importancia de producción con una media de 2.63 libras por corte, estos resultados contrastan por los obtenidos por Adjapong et al., (2015), ya que concluyo que la caña de maíz tiene mejores rendimientos que los de Olote de maíz y Tusa de maíz, esto debido probablemente a que este autor no utilizo materiales criollos en la evaluación mencionada. Sin embargo, los rendimientos son superiores a los reportados por Fanadzo et al. (2010), por lo que es importante la caracterización de materiales criollos con mayor potencial para su uso en la producción de *Pleurotus spp*. para la zona de Camotán, Chiquimula.

Cuadro 1. Medidas resumen de producción por metro cuadrado.
Table 1. Measures summary of production per square meter.

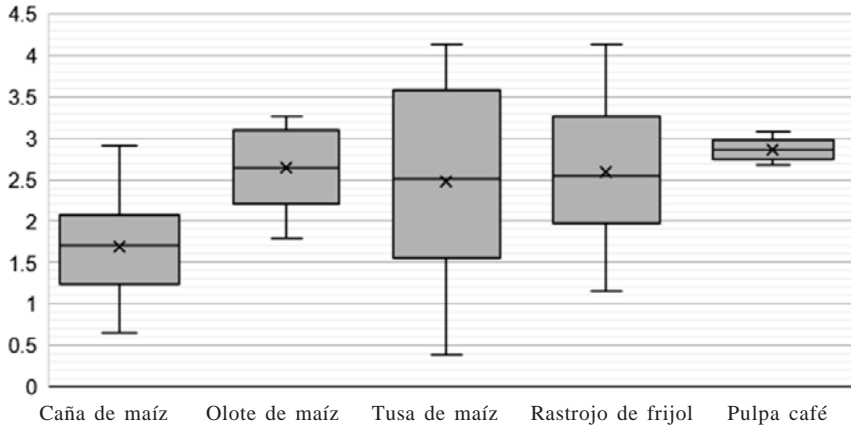
Medidas resumen libras por metro cuadrado

Sustrato	Media	Desviación estándar	Mín	Máx	Mediana	Suma
Caña de maíz	1.69	0.62	0.65	2.92	1.7	33.87
Olote de maíz	2.63	0.47	1.78	3.27	2.64	52.70
Tusa de maíz	2.48	1.08	0.39	4.13	2.51	49.56
Rastrojo de frijol	2.59	0.82	1.16	4.13	2.55	51.81
Pulpa café	2.87	0.13	2.68	3.08	2.87	57.37

Fuente: Guzmán, D.M.

La gráfica 1 muestra la forma de distribución de medias de producción de peso fresco de hongo *P. ostreatus*, la gráfica muestra como el tratamiento en el que se utilizó la Tusa de maíz no muestra diferencia significativa sobre el Rastrojo de frijol, un dato importante tomando en cuenta que la asociación de cultivo de maíz y frijol son comunes en el área de estudio, por lo cual son sustratos importantes para la producción artesanal de *P. ostreatus*.

Peso fresco de *Pleurotus ostreatus*, libras por metro cuadrado.



Fuente: Guzmán, D.M.

Figura 1. Producción de hongos ostra por metro cuadrado
Figure 1. Oyster mushroom production per square meter

Eficiencia biológica

La eficiencia biológica (EB) es una de las variables más importante para caracterizar la productividad potencial de hongos comestibles. La Pulpa de café ha sido caracterizada como uno de los sustratos que brindan el mejor desempeño para la producción de *Pleurotus spp.*, superando incluso el 200 % de eficiencia (Bermúdez et al., 2007; Fan et al., 2000; Oduardo, Nora García, Margarita Hernández, 2006; Salmones et al., 2005). En contraste otros cereales como trigo, arroz y sorgo presentan eficiencias biológicas más conservadoras menores al 86% (Das & Mukherjee, 2007; Fanadzo et al., 2010; Obodai et al., 2003; Salmones et al., 2005; Sharma et al., 2013). Utilizando restos de cosecha de la zona rural que comprende la aldea Shu-

pá, se obtuvo que Caserío Shupá Centro ($P=0.0018$), Caserío El Zarzal ($P=0.00005$), Caserío El Plan de Murul ($P=0.002$) y Caserío La Rebalsa ($P=0.0172$), muestran diferencias significativas estadísticamente entre tratamientos

El Cuadro 2 muestra los resultados del análisis múltiple de medias utilizando el criterio de Tukey, la comparativa muestra como el mejor tratamiento al sustrato de referencia: Pulpa de Café. La prueba de Tukey clasifica los tratamientos en base a su media, En consecución el uso de Olote de maíz (EB media de 62%) y Rastrojo de frijol (EB media de 64%) se perfilan como una buena opción para su uso en explotaciones rurales de producción de hongos comestibles en el municipio de Camotán.

Cuadro 2. Prueba múltiple de medias para la eficiencia biológica.
Table 2. Multiple means test for biological efficiency

SUSTRATO	Media	Localidad			
		Shupá Centro	El Zarzal	El Plan de Murul	La Rebalsa
Caña de maíz	0.48	0.45 b	0.49 b	0.42 b	0.54 b
Olote de maíz	0.62	0.67 ab	0.54 b	0.65 b	0.61 ab
Tusa de maíz	0.51	0.56 b	0.47 b	0.45 b	0.57 b
Rastrojo de frijol	0.64	0.60 b	0.62 b	0.67 ab	0.68 ab
Pulpa café	0.96	0.96 a	0.96 a	0.94 a	0.97 a

Fuente: Guzmán, D.M.

CONCLUSIONES

El tiempo de colonización del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre los diferentes residuos de cosecha evaluados en el municipio de Camotán, Chiquimula tuvo una media general de 15 días y no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Se evaluó la producción obtenida en los diferentes sustratos del hongo *P. ostreatus* determinando la eficiencia biológica de cada uno de ellos, siendo el Rastrojo de frijol y el Olote de maíz quienes presentaron los mejores resultados con un rendimiento de 2.63 y 2.59 libras por metro cuadrado respectivamente, la eficiencia biológica para ambos sustratos no fue significativamente diferente, ya que únicamente se diferenciaban en un 2% entre ellos.

Los restos de cosecha obtenidos de materiales criollos sembrados en las áreas de la aldea Shupá, mostraron resultados prometedores, aunque no alcanzaron los valores obtenidos con la pulpa de café, los parámetros de velocidad de colonización, eficiencia biológica y rendimiento son superiores a los obtenidos en otros cereales.

Las condiciones climáticas de la zona del corredor seco favorecen la adaptación y velocidad de colonización y producción de cepas de *P. ostreatus*. Estas condiciones climáticas y la variabilidad de cepas pueden favorecer las diferencias encontradas con los resultados de otros investigadores en diferentes latitudes.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología -FONACYT-, otorgado por la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT-, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-.

Se hace un especial agradecimiento a la población de los caseríos que conforman la aldea Shupá, en el municipio de Camotán, Chiquimula, en especial a su líder comunitario Ángel Gutiérrez.

BIBLIOGRAFÍA

- Adjapong, A. O., Ansah, K. D., Angfaarabung, F. & Sintim, H. O. (2015). Maize residue as a viable substrate for farm scale cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Advances in Agriculture*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/213251>
- Aristondo, W. (2015). Evaluación de la Tolerancia a Marchitez Bacteriana, Causada por *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, de Dos Porta Injertos Comerciales de Tomate (*Solanum lycopersicum* L), Bajo Condiciones Protegidas de Casa Malla, en el Municipio de Camotán, Chiquimula (Tesis). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Arnés, E., Hernández, C. G. & Astier, M. (2015). Percepción campesina ante la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de sus sistemas de montaña en Guatemala. In *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (La Plata, 2015)*. Disponible da http://oa.upm.es/37605/1/INVE_MEM_2014_198420.pdf
- Arnés, E. & Maríaz-Ambrona, C. G. (2014). Indicadores clave de sostenibilidad en sistemas de montaña. El caso del corredor seco guatemalteco.
- Baysal, E., Peker, H., Yalinkiliç, M. K. & Temiz, A. (2003). Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. *Bioresource Technology*, 89, 95–97. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00028-2)
- Bermúdez, R. C., García, N. & Mourlot, A. (2007). Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*, 27.
- Bonatti, M., Karnopp, P., Soares, H. M. & Furlan, S. A. (2004). Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. *Food chemistry*, 88, 425–428. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.050>
- Bouroncle, C., Girón, E., Imbach, P., Müller, A., Pérez, S., Portillo, F. & van Etten, J. (2017). Oferta y demanda de información para la gestión de las sequías en el Corredor Seco de Guatemala: ¿cuál es la percepción de los tomadores de decisiones?
- Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez & Donatti, C. I. (2015). La agricultura de Guatemala y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? Disponible da <https://hdl.handle.net/10568/45942>
- Çađlarýrmak, N. (2007). The nutrients of exotic mushrooms (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an estimated approach to the volatile compounds. *Food chemistry*, 105, 1188–1194. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.021>
- Calvo, O. D., Quesada, L. E., León, H., Hugo, G. & Gotlieb, Y. (2018). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. Publicazione anticipata on-line. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828>
- Castellanos, G. (2015). Agricultura y desarrollo local en Guatemala. *Revista Rupturas*, 5, 49–69.
- Catalán, E. N. (2016). Evaluación del sistema de telemedicina enfocado en la población rural Chort'i de los municipios de Camotán, Jocotán y San Juan Ermita del departamento de Chiquimula.

- Corzo, A. R. & Schwartz, N. B. (2017). Milpas y huertos de traspatio tradicionales en Petén, Guatemala y el problema de la seguridad alimentaria. *Ciencias Sociales y Humanidades*, 3, 7–24.
- Das, N. & Mukherjee, M. (2007). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. *Biore-source Technology*, 98, 2723–2726. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.061>
- de Ita, M. A., Aranda, D. P. B., Lezama, C. P., Reyes, J. R. T., Martínez, A. I. & Romero-Arenas, O. (2018). Evaluation of Substrates in the Elaboration of Secondary Inoculum for the Cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 12, 679–686. <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.2.26>
- Dundar, A., Acay, H. & Yildiz, A. (2009). Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. on mushroom yield, chemical composition and nutritional value. *African Journal of Biotechnology*, 8.
- Fan, L., Pandey, A., Mohan, R. & Socol, C. R. (2000). Use of various coffee industry residues for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in solid state fermentation. *Acta Biotechnologica*, 20, 41–52. <https://doi.org/10.1002/abio.370200108>
- Fanadzo, M., Zireva, D. T., Dube, E. & Mashingaidze, A. B. (2010). Evaluation of various substrates and supplements for biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus ostreatus*. *African Journal of Biotechnology*, 9, 2756–2761.
- Ford, N. D., Martorell, R., Ramirez-Zea, M. & Stein, A. D. (2017). The Nutrition Transition in Rural Guatemala: 12 Year Changes in Diet of Adults. *The FASEB Journal*, 31, 147 3.
- Guerra-Gutiérrez, A. S. (2017). Las plantas silvestres comestibles en un municipio del corredor seco de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 4, 250.
- Maftoun, P., Johari, H., Soltani, M., Malik, R., Othman, N. Z. & El Enshasy, H. A. (2015). The edible mushroom *Pleurotus* spp.: I. Biodiversity and nutritional values. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 4, 67–83.
- Mandel, Q. A., Al-Laith, A. A. & Mohamed, S. A. (2005). Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21, 601–607. <https://doi.org/10.1007/s11274-004-3494-4>
- Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S., Vivanti, V. & Pizzoferrato, L. (1999). Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study. *Food chemistry*, 65, 477–482. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00212-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00212-X)
- Martínez, R., Zambrano, E., Nieto, J. J., Hernández, J. & Costa, F. (2017). Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos y sociales de El Niño 2015-2016 en América Latina. *Investigaciones geográficas*, 65–78. <https://doi.org/10.14198/INGEO2017.68.04>
- Méndez, R. & Jesúa, R. (2018). Análisis beneficio-costo y co-beneficios de la implementación de medidas de adaptación de pequeños productores de maíz (*Zea mays*) en Camotán, Chiquimula, Guatemala.
- Najarro, J. A. M. (2018). Soberanía alimentaria en el desarrollo sostenible de las comunidades rurales del corredor seco de Guatemala. *Revista Científica SEP*, 1, 67–72.
- Obodai, M., Cleland-Okine, J. & Vowotor, K. A. (2003). Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30, 146–149. <https://doi.org/10.1007/s10295-002-0021-1>

- Oduardo, Nora García, Margarita Hernández. (2006). Cultivo de cepas de *Pleurotus* sp. sobre pulpa de café. *Scientia Fungorum*, 3, 99–101.
- Patil, S. S., Ahmed, S. A., Telang, S. M. & Baig, M. M. V. (2010). The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. *Innovative Romanian food biotechnology*.
- Ragunathan, R. & Swaminathan, K. (2003). Nutritional status of *Pleurotus* spp. grown on various agro-wastes. *Food chemistry*, 80, 371–375. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00275-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00275-3)
- Reis, F. S., Barros, L., Martins, A. & Ferreira, I. C. (2012). Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.10.056>
- Salmones, D., Mata, G. & Waliszewski, K. N. (2005). Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Biore-source Technology*, 96, 537–544. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.019>
- SEGEPLAN (Ed.). (2010). *PDM SEGEPLAN, CM 2005*. Plan de desarrollo Camotan Chiquimula. Guatemala.
- Sharma, S., Yadav, R. K. P. & Pokhrel, C. P. (2013). Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. *Journal on New Biological Reports*, 2, 3–8.
- Smith, M. (2015). Guatemala: the silent holocaust. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 15, 1–9.
- Tesfaw, A., Tadesse, A. & Kiros, G. (2015). Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 3, 15–20. <https://doi.org/10.7324/JABB.2015.3103>
- Wang, D., Sakoda, A. & Suzuki, M. (2001). Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. *Bioresource Technology*, 78, 293–300. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00002-5)
- Yildiz, A., Karakaplan, M. & Aydin, F. (1998). Studies on *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kum. var. *salignus* (Pers. ex Fr.) Konr. et Maubl.: cultivation, proximate composition, organic and mineral composition of carpophores. *Food chemistry*, 61, 127–130. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00066-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00066-6)



ALCANCES DE LA REFORMA AGRARIA IMPLEMENTADA POR EL GOBIERNO DE JACOBO ÁRBENZ GUZMÁN EN LA FINCA LA LUZ O LAS PITAS DEL MUNICIPIO DE SAN RAIMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Autor:

Pedro Celestino Cabrera Rodríguez¹

Recibido el 21 de febrero de 2019.

Aprobado el 5 de junio de 2019.

¹Maestro en Ciencias en Administración de Tierras para el Desarrollo Sostenible por la Facultad de Agronomía (USAC), Licenciado en Antropología por la Escuela de Historia, Arqueología y Antropología (USAC), Profesorado en Filosofía por la Universidad Francisco Marroquín (UFM) y Profesor Titular en la Facultad de Agronomía (USAC) adscrito a la Subárea de Ciencias Sociales y Desarrollo Rural.

RESUMEN

Tal como expresa el título del presente trabajo de investigación, por su medio se abordó el tema agrario desde el método histórico crítico y fenomenológico porque ambos permiten analizar y comprender la histórica problemática agraria de Guatemala, que para el caso particular se centró en el municipio de San Raimundo, departamento de Guatemala. El área de análisis se delimitó a la finca La Luz o Las Pitass, dos de los nombres con que históricamente se ha conocido este punto geográfico, la cual se ubica al Sureste del municipio y a poca distancia de su centro urbano. En esta finca se entamaron diferentes relaciones agrarias inequitativas que se reflejaron en la posesión, tenencia y uso del suelo. Pero también la finca La Luz o Las Pitass fue escenario de una nueva experiencia en el año de 1953, cuando el entonces gobernante de Guatemala Jacobo Arbenz Guzmán la entregó a un significativo número de mozos, colonos y arrendantes del lugar en el marco del Decreto 900 de Reforma Agraria, intentando por este medio, transformar las relaciones de producción en el agro con vistas a una modernización del Estado. Esta experiencia marcó la historia de un conflicto agrario en el lugar, el cual inició el año siguiente (1954) cuando este gobierno -y con él la nueva propuesta de Nación- fue derrocado por el sistema anterior, devolviendo esta finca a sus anteriores propietarios y causando malestar en los que habían sido beneficiados. Este conflicto agrario se prolongó por medio siglo, hasta que fue formalmente resuelto por la instancia estatal encargada del tema agrario.

Palabras claves: historia agraria, reforma agraria, conflictividad agraria, tenencia de la tierra, mozos, colonos, arrendatarios.

ABSTRACT

This thesis addresses Guatemalan agrarian history highlighting local events in San Raimundo, Guatemala by applying a critical and phenomenological historic method. In particular, the estate La Luz or Las Pitas, located in the southeast of San Raimundo, has been chosen as a field site. A number of contentious agrarian relations took place over the years in this location as can be seen in current tenure and land use dynamics. In 1953, president Jacobo Arbenz granted property rights over this estate to a number of settlers and tenants by adopting Decree 900, which was intended to transform social relations in the countryside. A year later, the counter-revolution that would eventually overthrow Arbenz's regime spawned a conflict that lasted for half a century in the aftermath of devolution policies in favor of previous landlords in the area.

Keywords: Agrarian history, agrarian reform, agrarian conflict, land tenure, farm laborers, settlers, tenants

INTRODUCCIÓN

Algunos dicen que en Guatemala no funciona eso de la reforma agraria², pues tal cosa es un dato del pasado que ya no cabe en el presente. El problema de fondo parece ser la visión unívoca de la realidad tierra por quienes así se expresan, ya que la percepción que de ella tienen es marcadamente utilitarista y cosística, al considerarla como un simple objeto manipulable a diestra y siniestra de sus intereses: algunas veces la toman como aliciente de desarrollo, otras como parte más o menos importante sujeta a las reglas del libre mercado. Esta actitud denota efectivamente la negación del otro en la participación equitativa de mejores condiciones de vida; se evade la heterogeneidad cultural de Guatemala, imponiéndose históricamente una subcultura que ha aculturado, bajo su visión excluyente, la diversidad cultural del país.

Mientras tanto, Guatemala sigue siendo un territorio en el que predominan relaciones agrarias de producción y donde los nuevos procesos históricos, con sus contradicciones e intereses no han logrado permear, mucho menos transformar, las petrificadas relaciones de producción que mantienen concentrado el recurso tierra, monopolizado el capital y copado el poder decisorio del Estado que controla una forma “*quo*” al servicio de una distribución inequitativa de la riqueza.

²Este tema ha sido abordado por diferentes científicos sociales y desde distintos posicionamientos teóricos, entre los que cabe mencionar: Julio Castellanos Cambranes, Alfonso Batres Valladares, Thomas Carrol, Carlos Camacho Nassar, Guillermo Paz Cárcamo, Karl Gunnar Myrdal, Jean Le Coz, Cristóbal Kay, así como por agentes institucionales y corporativos tales como: ONU, FAO, CEPAL, también el tema de *reforma agraria* ha estado presente en procesos de discusión y acuerdos entre partes con posicionamientos encontrados como es el caso de los Acuerdos de Paz en Guatemala.

En esta oportunidad se retoma el tema agrario con sus complejidades y contradicciones, delimitando geográficamente su estudio a un punto emblemático, que por su “significancia simbólica”³ (Jung, 1995) se le ha tomado desde la visión *geohermenéutica*⁴, tal es el caso de la finca La Luz o Las Pitas, dos de los nombres con que históricamente se le ha conocido y la cual se ubica al Sureste del municipio de San Raimundo, departamento de Guatemala, y a poca distancia de su centro urbano. En esta finca se entraron diferentes relaciones agrarias inequitativas que se reflejaron en la posesión, tenencia y uso del suelo.

Pero también, La Luz o Las Pitas fue escenario de una nueva experiencia en el año de 1953, cuando el entonces gobernante de Guatemala Jacobo Arbenz Guzmán hizo entrega de tierras a un significativo número de mozos, colonos y arrendantes de esta finca que trabajaban para los Hermanos Herrera Dorión (Casaus Arzú, 2018) en el marco del Decreto 900, por medio del cual se intentó transformar las relaciones de producción en el agro con vistas a una modernización del Estado.

Esta experiencia marcó la historia de un conflicto que surgió, o, mejor dicho, se hizo manifiesto, cuando la propiedad entregada a esos campe-

³Carlos G. Jung “muestra que todo puede asumir significancia simbólica: los objetos naturales (como piedras, plantas, animales, hombres, montañas y valles, sol y luna, viento, agua y fuego), o cosas hechas por el hombre (casas, barcos, coches, o, incluso, formas abstractas (números, o el triángulo cuadrado y el círculo).” En el libro, *El hombre y sus símbolos*; numeral 4 *El simbolismo en las artes visuales* (Aniela Jaffé), p. 232.

⁴Etimológicamente hace referencia a un punto geográfico sujeto a interpretación. En el caso presente, se parte de la comprensión etimológica del fenómeno historizado o desarrollado en un proceso histórico, se analiza o descompone en sus diferentes partes o elementos para reconstruir ese mismo proceso histórico en sus diferentes facetas y contradicciones a fin de comprenderlo desde su interioridad.

sinos el día 20 de abril de 1953 fue devuelta un año después a sus anteriores propietarios por el nuevo gobierno, resultado de un golpe de Estado, Carlos Castillo Armas. La entrega y el arrebato de esas mismas tierras, mostró la contradicción de Decretos y dejó una vez más al descubierto los antagonismos históricos existentes en una sociedad profundamente desigual.

La finca La Luz o Las Pitás se ha convertido en uno de esos casos referentes que exige buscar las consecuencias a un proyecto interceptado violentamente, y que por sus fines más equitativos en la tenencia, uso y aprovechamiento de la tierra hizo soñar a un significativo número de campesinos. A partir de esa situación, que no sólo frustró los ánimos de una buena parte de la población de San Raimundo sino que también desató una persecución sistemática contra la misma, se fraguó un conflicto que se prolongó por varias décadas y debilitó el frágil tejido social y cultural de los lugareños, hasta que la Entidad Estatal encargada del tema agrario le dio formalmente el veredicto de “caso cerrado” en la década de 1990.

De acuerdo a lo presentado, aquí se pretendió dar respuesta al siguiente entramado de preguntas, a las que se les buscó dar la debida atención, estas preguntas son las siguientes: ¿Cuál es la versión reconstruida e integrada de este proceso? ¿Qué dicen los documentos? ¿Qué dice la gente del lugar? ¿Los actores de las facciones fueron coherentes con sus demandas? ¿Hubo fracciones y traiciones? ¿Qué intereses predominaron? ¿Cuáles fueron los principales logros?, y ¿Cuáles fueron sus principales consecuencias inmediatas, a corto, mediano y largo tiempo?

Con el fin de dar el debido tratamiento –como se presentará en el tema siguiente en que se aborda la metodología empleada- se abordó desde el

análisis histórico-crítico, articulado con el método fenomenológico de E. Husserl⁵

Este estudio también consideró oportuna la línea de pensamiento de Cristóbal Kay en lo que respecta al concepto de reforma agraria, por tal razón se afirma que la reforma agraria impulsada por Jacobo Árbenz Guzmán no cumplió con los requisitos mínimos para ser considerada como tal, ya que no tuvo la fuerza inicial necesaria para afianzar los pasos siguientes de un proceso auténtico de reforma agraria; un año no da los elementos mínimos necesarios para afirmar que un proceso de reforma agraria en Guatemala no funciona, ya que con Justo Rufino Barrios sí funcionó su antítesis prolongada en un tiempo suficientemente largo para afincarse en las estructuras del Estado y operativizarse en los diferentes ámbitos de la sociedad guatemalteca.

La visión diacrónica⁶ (Braudel, 1970) de la historia guatemalteca proporciona los elementos sincrónicos para comprender que la historia actual es una historia sin sentido de desarrollo incluyente, desarrollo que incluye sólo a un reducido número de privilegiados por la *historia patria*, ¡su historia! De ahí que la finca, objeto de esta investigación, es uno de esos puntos del territorio patrio que refleja por casi medio siglo las secuelas de dos visiones

⁵Tal como lo expresa Bernhard Waldenfels en Fenomenología de la experiencia en Edmund Husserl, en ARETÉ, rev de Filosofía, vol. XXIX, No. 2, 2017, pp. 409-426: “¡volver a las cosas!” mantiene una evidencia cotidiana, cuando el estatus de las “cosas mismas” no se plantea. El “volver” anuncia un movimiento hacia atrás. Damos un paso atrás, como Heidegger también lo recomienda, cuando tomamos distancia en la observación de una imagen, de modo que se puede desplegar un punto de vista.

⁶Fernand Braudel, en su obra La historia y las ciencias sociales, 2da edición, p. 60. Braudel simplificó los fenómenos en el tiempo, clasificándolos en *de larga duración*, *de duración media* y *de corta duración*.

de Nación. Del mismo modo esto demuestra que frente a “*lo dado*”, a lo impuesto, al *orden establecido*, cualquier atisbo de idea novedosa es considerada una *amenaza*, una fuerza en contra, un enemigo, que por el simple hecho de plantear otra visión, en otro contexto histórico, es preciso eliminar del tapete sin más justificación que el de *atentar contra el marco jurídico establecido*. Lo cual pone en evidencia una vez más la profunda carga ideológica⁷ existente en quienes ostentan la paternidad del desarrollo nacional.

⁷Si sólo la palabra ideología causa *desconfianza* y *desasosiego*, con mayor razón sus implicaciones. Esta carga racional y emotiva se da precisamente porque como humanos somos seres constitutivamente ideologizados (homo ideologicus). Al nuevo ser desde sus primeros años se le dota de esquemas mentales, patrones, modelos,...que definen una visión del mundo y de sus cosas y que al posicionarse en él tiende a limitar dicha visión personal al marco construido socialmente. Por lo tanto, ideología aquí se entiende como la absolutización de ese posicionamiento individual articulado o no con el de otros afines o similares en su visión, frente a la de *otros* con las que entra en conflicto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Antes de empezar con este esfuerzo se identificó la situación en su marco geográfico, realizando desde un inicio visitas al lugar. Por medio de un profesional del agro, oriundo de este municipio, se obtuvo información preliminar del caso, suficiente para iniciar los primeros pasos de la acción investigativa.

Este conflicto exigió consecuentemente una metodología interactiva entre investigador, pobladores, fuentes documentales e instituciones del Estado cuya naturaleza se relaciona con este tipo de situaciones.

Por las características de la problemática bajo estudio se decidió abordarla desde un enfoque histórico-interpretativo, analizado desde la dialéctica e interpretado hermenéuticamente. Para ello se definieron las técnicas e instrumentos que se consideraron suficientemente adecuadas para la obtención de la información necesaria y que a la vez permitiera la calidad de la misma, todo ello con el propósito de realizar un análisis crítico del fenómeno.

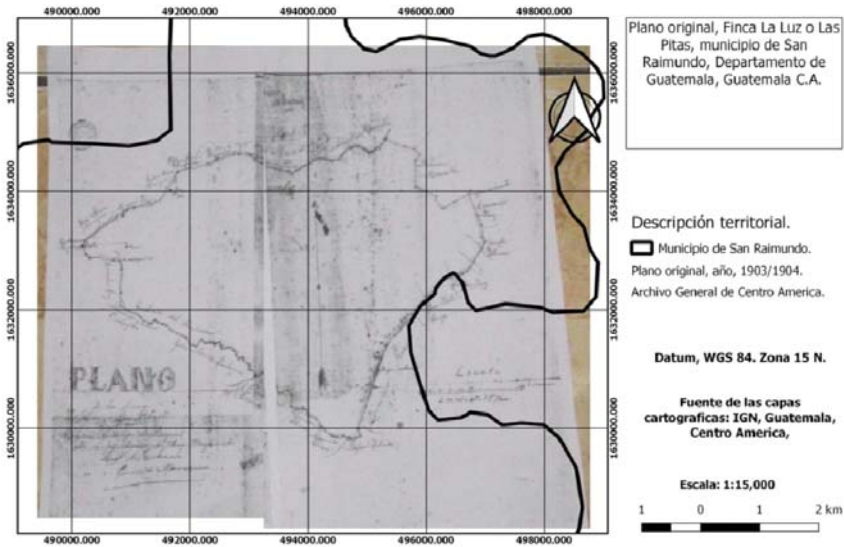
Estas técnicas fueron esencialmente de dos tipos: las documentales y las de campo. Las documentales a su vez se focalizaron en los expedientes administrados por la Oficina del Área Técnica de Regularización de Tierras del Fondo de Tierras⁸, el Registro General de la Propiedad, el Archivo General de Centroamérica, la copia del Acta No. 14 que registra la entrega de esta finca a sus mozos, colonos y arrendantes, y la información sobre este caso publicada en matutinos. En cuanto a las segundas, se exploró inicialmente el área por medio de la observación directa, se reconstruyó el

⁸Es preciso tener en consideración que en este archivo fueron incluidos los expedientes generados por otrora Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA).

polígono de la finca matriz, se visitó a actores primarios y secundarios con el fin de obtener su versión de los hechos a través de entrevistas focalizadas, abiertas y en profundidad, rasgos de historias de vida sirvieron para comparar y triangular la información documental, de campo y de los actores entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

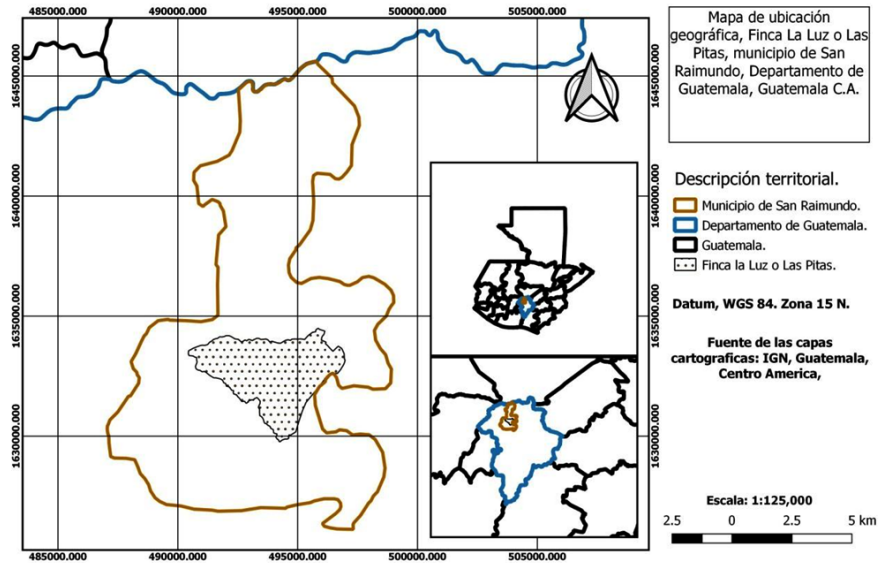
A continuación se presenta la síntesis de resultados, los cuales a su vez se discuten.



Elaboración con base en la cartografía básica de límites no autoritativos del IGN, Guatemala, C.A., 2002.

Figura 1. Plano Original Finca La Luz o Las Pitas, georreferenciado.

La finca La Luz o Las Pitás por medio de la remeida que se solicitó a principios de 1900 por Dolores Hidalgo von Bogen, delimitó formalmente su área verdadera la que fue registrada así por el Registro General de la Propiedad. A partir de esta época se disuadieron ciertas inconformidades entre vecinos y colindantes del lugar.

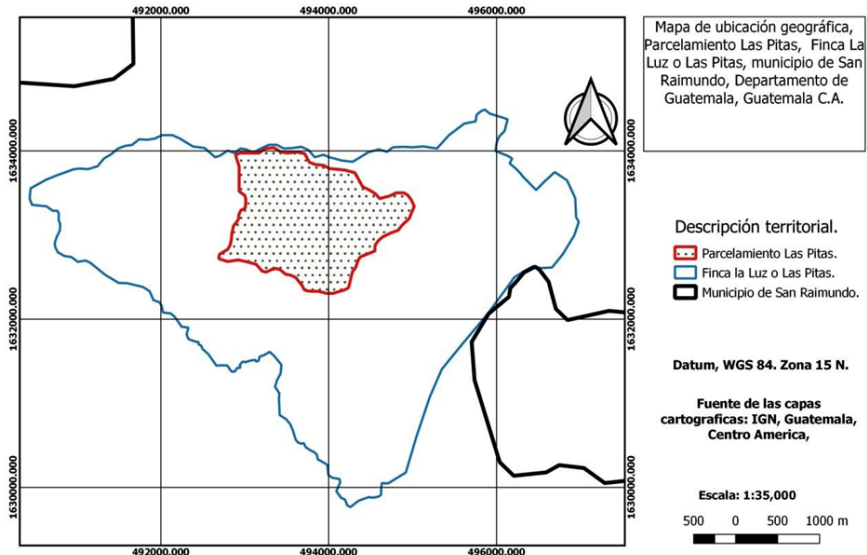


Elaboración con base en la cartografía básica de límites no autoritativos del IGN, Guatemala, C.A., 2002

Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de la Finca La Luz o Las Pitás

Este mapa es resultado del trabajo de campo y elaborado a través de recorridos en el lugar, auxiliados por tecnología de GPS, lo que permitió confrontar información de campo con información escrita ya generada de la finca La Luz o Las Pitás. Aquí la finca 884, folio 201 del libro 53, tal como

aparece en el Registro General de la Propiedad contaba con 13 caballerías y fracción. Esta fue la finca matriz expropiada en el marco del Decreto 900 y entregada bajo el gobierno de Arbenz a campesinos, mozos, colonos y arrendantes.

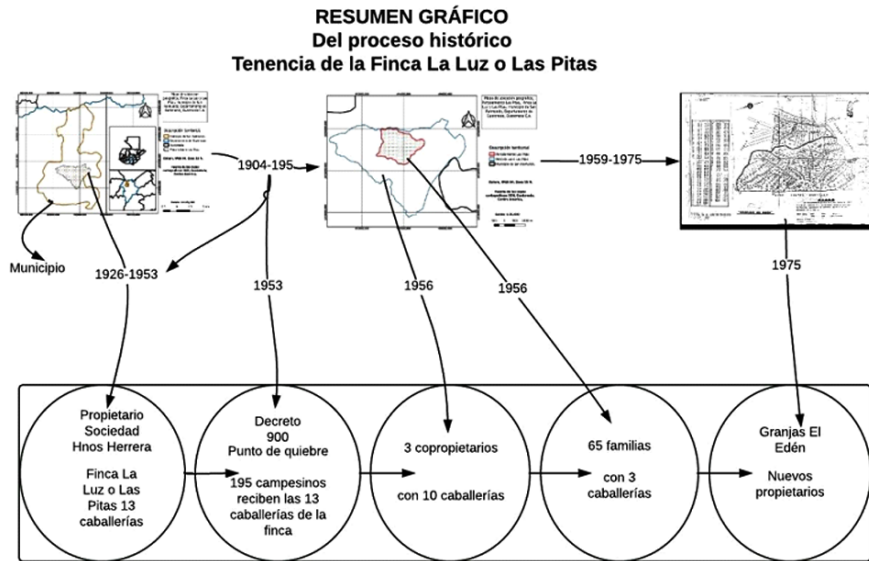


Elaboración con base en la cartografía básica de límites no autoritativos del IGN, Guatemala, C.A., 2002

Figura 3. Finca La Luz y Parcelamiento Las Pitas-Tres caballerías desmembradas y entregadas a 65 campesinos del lugar.

En la figura 3 aparece la finca matriz con un área de 10 caballerías debido a que había sufrido su primera desmembración: la entrega de 3 caballerías por el gerente administrador de la Sociedad Herrera Hermanos a 65 campesinos. El área que hasta ese momento seguía conformando la finca ma-

triz, se constituyó en el punto geohermenéutico de la conflictividad agraria del lugar.



Elaboración propia del investigador, 2019

Figura 4. Resumen gráfico del proceso histórico registral o tracto sucesivo de la Finca La Luz o Las Pitas de 1904 a 1975, San Raimundo, Guatemala.

La figura 4 ofrece un resumen gráfico del conflicto agrario del lugar con el fin de visualizar los grandes momentos vividos en la finca La Luz o Las Pitas por parte de comunitarios de San Raimundo y propietarios de la misma.

CONCLUSIONES

Al tratar de dar respuesta a las ocho preguntas iniciales de la investigación, las conclusiones a las que aquí se llegó se extienden por varias páginas, debido a eso en el presente artículo no se presentan en el orden ni amplitud del documento original (remito para ello a mi documento de Maestría) sino de manera sintética.

Las respuestas inferidas del material trabajado y expuestas en la presente investigación, son resultado del análisis, reflexión y triangulación de la información recabada, ordenada y comparada entre sí sin importar posiciones definidas por gustos, preferencias, facciones sociales, políticas, religiosas o económicas; lo que se buscó fue que el dato por sí mismo se manifestara y dijera lo que tiene que decir de la realidad a la que hace referencia.

El área de la finca La Luz o Las Pitas fue el escenario en donde diferentes grupos de personas con diferentes intereses definieron posiciones (propietarios, mozos, colonos, beneficiarios del Decreto 900 de Reforma Agraria, administrador y personas con algún cargo público o influencia en el municipio, grupo de campesinos que logró adjudicarse parte de ese bien inmueble) con fuerte tinte sectorial que transformó a estos grupos más bien en facciones, en donde cada uno de los mismos buscaba a como diese lugar alcanzar sus pretensiones. Esta situación llevó a una batalla legal con altibajos violentos, que se prolongó por varias décadas.

Después del derrocamiento de Jacobo Arbenz Guzmán la finca se fraccionó y con ella la población interesada en su posesión: los propietarios originales desaparecieron del área de conflicto al dejar este inmueble en manos de su administrador local sin el debido traspaso legal, con la salvedad que

tres de sus caballerías fuesen entregadas a sesenta y cinco campesinos del lugar. Las diez caballerías restantes fueron manejadas discrecionalmente por dicho administrador. Mientras tanto, los campesinos (mozos, colonos y arrendantes) que habían sido beneficiados por la Ley de Reforma Agraria mantenían la expectativa de recuperar esas tierras, deseo que se convirtió en frustración cuando las diez caballerías se transfirieron a tres personas particulares que la adquirieron en copropiedad, a través de un proceso de negociación “dudosa”.

A partir de ese momento el conflicto en torno a las diez caballerías de la finca La Luz o Las Pitass se manifestó de manera violenta, entablándose una permanente confrontación física, legal y política, unos por recuperar esas tierras, otros por mantener lo adquirido (los nuevos copropietarios) y los sesenta y cinco campesinos beneficiados tratando de fortalecer su organización de grupo.

El conflicto se mantuvo con sus altibajos hasta los años noventa del siglo recién pasado, hasta que la Oficina del Área Técnica de Regularización de Tierras del Fondo de Tierras lo declaró formalmente CERRADO.

En la actualidad la Finca La Luz o Las Pitass se ha convertido en un área heterogénea, utilizada para diversas actividades: recreativas, humanitarias, agrícolas, artesanales y comerciales (centro recreativo, centro italiano en Las Granadillas, agricultura familiar y artesanías tradicionales, coheterías entre otros); además, su suelo gradualmente ha cambiado de uso ya que su potencial continúa siendo atractivo para la inversión de algunos con capacidad económica (cultivos con fines de exportación).

Mientras tanto, los problemas que pretendieron encontrar una mejor alternativa en 1953, siguen latentes y bien presentes.

REFERENCIAS

- Archivo General de Centroamérica, Guatemala. 1903-1926. Escrituras públicas de la finca “La Luz” o “Las Pitas”, San Raymundo, Guatemala, de Dolores Hidalgo von Bogen. Guatemala, Archivo General de Centroamérica, Área de Tierras 01, página 14.
- Braudel, F. 1970. La historia y las ciencias sociales. España, Alianza Editorial, S. A. 217 p.
- Camacho Nassar, C. 2003. Guía para la investigación de los conflictos sobre la tierra y el territorio en Guatemala. Guatemala, FLACSO / MINUGUA / CONTIERRA. 125 p.
- Carroll, T.F. 1961. El problema de la reforma agraria en América Latina. Nueva York, Latin American Issues / The Twentieth Century. 146 p. Consultado 17 set. 2012. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/2494449.pdf>
- Casaús Arzú, M.E. 2018. Guatemala: linaje y racismo. Guatemala, F&G Editores. 349 p
- Castellanos Cambranes, J. 1992. 500 años de lucha por la tierra; Estudios sobre propiedad rural y reforma agraria en Guatemala. Guatemala, FLACSO. v. 1 y 2, 425 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, México). 2001. La estructura agraria y el campesinado en El Salvador, Guatemala y Honduras. México. 100 p.
- Congreso de la República de Guatemala. 1952. Decreto 900: Ley de reforma agraria. Diario de Centro América, Guatemala, junio 17:20.
- FAO, Italia. 2003. Tenencia de la tierra y desarrollo rural. Roma, Italia. 62 p. (Estudios sobre Tenencia de la Tierra).
- Fontierras (Fondo de Tierras, Área Técnica de Regularización, Guatemala). 2011. Expedientes del caso Finca La Luz o Las Pitas en San Raimundo, Guatemala; Expedientes muertos del Fondo de Tierras. Guatemala. tomo 4.
- Jung, C.G. 1995. El hombre y sus símbolos; numeral 4. El simbolismo en las artes visuales (Aniela Jaffé), p. 232. España, Paidós. 314 p.
- Kay, C. 1998. ¿El fin de la reforma agraria en América Latina?; El legado de la reforma agraria y el asunto no resuelto de la tierra. Revista Mexicana de Sociología 60(4): 63-98. Disponible en https://www.jstor.org/stable/3541332?seq=1#page_scan_tab_contents
- Le Coz, J. 1974. Las reformas agrarias. Barcelona, España, Ariel. 340 p.
- Myrdal, G. 1966. Discurso de apertura de la Conferencia Mundial sobre la Reforma Agraria (1966, Roma, Italia). Citado por Fraile, P. Las reformas agrarias y la modernización económica [reproducido de Geo Crítica, Cuadernos Críticos de Geografía Humana no. 93, mayo de 1991]. Scripta Vetera; Edición Electrónica de Trabajos Publicados sobre Geografía y Ciencias Sociales.
- Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:a6rZfD9i-gtJ:www.ub.edu/geocrit/sv-20.htm+&cd=10&hl=es&ct=clnk&gl=gt>
- Paz Cárcamo, G. 1997. Guatemala: reforma agraria. Guatemala, FLACSO. 245 p.
- Registro General de la Propiedad, Guatemala. 2011. Historial completo de la finca “La Luz” o “Las Pitas”, San Raimundo, Guatemala; Escrituras 138 y 223, Folios 138, Libro 8 Reforma Agraria, Departamento de Guatemala. Guatemala. s.p.
- Waldenfels, B. 2017. En Fenomenología de la experiencia en Edmund Husserl, ARETÉ, rev de Filosofía, vol. XXIX (2): 409-426.



CATEGORIZACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN EN GUATEMALA

Autor:

Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez¹

Recibido el 17 de enero de 2019.

Aprobado el 5 de junio de 2019.

¹ Profesor investigador de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN

El agua subterránea juega un papel importante para las comunidades dentro de la cuenca del Lago de Atitlán de Guatemala, donde se presentan dos subcuencas hidrográficas principales: la cuenca del río Quiscab y la cuenca del río Panajachel. Esta es una de las zonas económicas más relevantes del país por su desarrollo agropecuario y turístico, en donde el recurso hídrico es de vital importancia, haciéndose necesario determinar el potencial del recurso hídrico subterráneo para su aprovechamiento en la cuenca que cubre la mayor parte del departamento de Sololá. El objetivo de éste trabajo fue generar información hidrogeológica del acuífero para determinar las áreas de recarga hídrica y el potencial de extracción de las aguas subterráneas, mediante el análisis de la geomorfología, uso actual de la tierra y el clima. El estudio fue ejecutado en varias etapas: recopilación de la información existente, elaboración de mapas y perfiles geológicos e hidrogeológicos, y cálculo de la recarga por el balance hídrico de suelos. El cuerpo de agua del Lago de Atitlán, es una depresión geológica que corresponde a una caldera volcánica, donde el agua subterránea se encuentra en rocas volcánicas fracturadas y forma un acuífero local. Sin embargo, en la parte sur del área se presentan cuerpos intrusivos, que constituyen acuíferos o barreras negativas. En la cuenca existe una recarga hídrica de 52 millones $m^3/año$, esto indica que la extracción de agua con el desarrollo de pozos es factible, pero se recomienda la asistencia técnica a las municipalidades, para desarrollar e implementar programas locales de extracción y protección de aguas subterráneas.

Palabras claves: Agua subterránea, acuífero, caldera volcánica, potencial de extracción.

ABSTRACT

Groundwater plays an important role for communities of Guatemala within the Lake Atitlán's hydrographic basin, where two main sub-basins areas are presented: the Quiscab river and the Panajachel river.

This is one of the most important economic zones of the country due to its agriculture and tourism development, where the water resource is of vital importance, becoming necessary to determine the potential of underground water resource for its use in the basin, that covers most Solola's department extension.

The objective of this work was to generate hydrogeological information of the aquifer to determine the water recharge areas and the underground potential water extraction, through geomorphology analysis, current land use and climate conditions.

The study was executed in several stages: compilation of existing information, preparation of geological and hydrogeological maps and profiles, also calculation of recharge through the hydric balance of soils. The water body of Lake Atitlán is a geological depression that corresponds to a volcanic caldera, where the groundwater is found in fractured volcanic rocks and forms a local aquifer. Notwithstanding, in the southern part of the area, there are intrusive bodies which constitute aquifugos or negative barriers. In the basin there is an estimated water recharge of 52 million m³/year, this indicates that the extraction of water with the development of wells is feasible, but technical assistance to municipalities is recommended to develop and implement local programs for the extraction and protection of groundwater.

Keywords: Groundwater, aquifer, volcanic caldera, potential extraction.

INTRODUCCIÓN

El Lago de Atitlán presenta una singular belleza e importancia económica, biológica y científica por la diversidad de sus recursos. Este lago tiene un espejo de agua de 125.70 Km² y constituye el segundo cuerpo de agua grande en el país de Guatemala, después del Lago de Izabal con 590 Km² (Castañeda, 1995).

El área de estudio se ubica en el departamento de Sololá donde se encuentran asentados quince municipios y su origen es debido a una caldera volcánica, donde se presentan dos cuencas hidrográficas principales: la cuenca del río Quiscab al noroeste y la cuenca del río Panajachel al noreste. Esta es una de las zonas económicas más relevantes del país por su desarrollo agropecuario y turístico, en donde el recurso hídrico es de vital importancia (Padilla, 2012).

El área de la cuenca donde se localiza el Lago de Atitlán es de 528.21 Km² y sus coordenadas geográficas son de 14.582 a 14.888 grados de latitud norte y 91.0918 a 91.3096 grados de longitud oeste. Las coordenadas planas en GTM, son de 1,612,571 m a 1,646,349 m de latitud norte y 412,896 m a 436,245 m de longitud este.

Romero y Cardona (2010), consideran que en la cuenca del Lago de Atitlán se ha excedido la capacidad natural para amortiguar el impacto humano, ya que la zona es altamente vulnerable y susceptible a los cambios desde el punto de vista hidrológico debido a que es una cuenca cerrada o endorreica. Por otro lado, es un área susceptible a la degradación del bosque y el suelo por parte de las 313,968 personas que habitan en la cuenca (Herrera, Manzo y Hernández, 2016), dando como resultado una densidad poblacional de 595 personas/Km², que es mucho mayor a 45 personas/

Km² que es la densidad máxima atendible en términos de recursos naturales disponibles.

En el manejo integrado de una cuenca el agua tiene un papel preponderante, ya que está relacionada de una u otra manera con otros recursos como el suelo, la flora y la fauna. Un elemento clave para el manejo de cuencas hidrográficas, es tener una base real y sólida de conocimientos de la cuenca hidrográfica y las fuerzas socioeconómicas. Desafortunadamente existen vacíos de información en las aguas subterráneas, que es una limitante para la integración de políticas, decisiones y costos, así como, para la participación activa de todos los actores y la inversión adecuada por parte de los gobiernos.

El agua es un recurso escaso en muchos países del mundo y en Guatemala este recurso a tenido un gran deterioro y una reducción considerable, debido a varios factores: la variabilidad natural de las lluvias por el cambio climático, la degradación del medio (deforestación, erosión, pastoreo excesivo), y la contaminación del agua, provocada por la incorporación de lixiviados de desechos sólidos y de aguas servidas provenientes de los centros poblados y las industrias (Herrera & Brown, 2011).

El objetivo de éste trabajo fue generar información hidrogeológica del acuífero de la cuenca del Lago de Atitlán, para determinar las áreas de recarga hídrica y el potencial de extracción de las aguas subterráneas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron informes, mapas y perfiles geológicos e hidrogeológicos. El mapa geológico de Guatemala editado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:250,000 se utilizó como marco de referencia para delimitar las calderas volcánicas (IGN, 1993).

La metodología comprendió el levantamiento geológico, con la fotogeología donde se definieron los contactos geológicos entre las unidades superficiales y lineamientos de fallas (Herrera, Manzo y Hernández, 2016). El mapeo geológico se realizó con los mapas geológicos a escala 1: 50,000 del IGN, con el levantamiento de columnas litológicas en pozos perforados para su correlación estratigráfica y la elaboración de perfiles hidrogeológicos.

La caracterización hidrogeológica se realizó por el método de correlación entre la geología superficial y subterránea, que fue factible de utilizar en esta área donde afloran las diferentes formaciones litológicas de distintas edades.

Se definió el modelo conceptual de las aguas subterráneas del acuífero, utilizando principalmente modelos visuales (mapas, secciones y redes de flujo) y matemáticos (soluciones gráficas y numéricas). El método consistió en la determinación de las unidades hidrogeológicas, distinguiéndose los medios porosos y las rocas fisuradas para la definición de los límites del acuífero y el trazo de líneas isofreáticas de las aguas subterráneas por medio de sistemas de información geográfica.

Se realizaron pruebas de bombeo de pozos para determinar los parámetros hidrogeológicos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento por los

métodos de Jacob y de Theis, que son los más recomendables de utilizar según Kruseman y De Ridder (1994), Custodio y Llamas (2001) y Escuder y colaboradores (2009).

La conductividad hidráulica (K), se determinó con la relación: $K = T/b$. Donde b, es el espesor del acuífero.

La transmisividad en m²/d se clasificó como: alta (> 1,000), media (100 a 1,000), baja (10 a 100) y muy baja (1 a 10). La permeabilidad en m/d se agrupó como: alta mayor de 10³; media de 1 – 10³; baja de 10⁻² – 1; muy baja de 10⁻⁴ – 10⁻²; y prácticamente impermeable menor de 10⁻⁴.

El tipo de acuífero fue definido por el valor del coeficiente de almacenamiento, que en acuíferos libres varía de 0.01 a 0.4 (1 a 40 % de porosidad eficaz), mientras que, en acuíferos confinados, el intervalo más frecuente es de 10⁻⁵ a 10⁻³ y en los acuíferos semiconfinados se presentan valores de 10⁻² (Escuder et al, 2009).

El cálculo de recarga hídrica se realizó de acuerdo a la metodología desarrollada por Herrera & Brown (2011), que se divide en tres fases. La primera comprende la obtención del mapa de unidades de recarga hídrica para el muestreo de campo, de acuerdo al traslape de los mapas de geomorfología y de uso actual de la tierra. En una segunda fase se realiza el cálculo de la recarga hídrica de cada unidad obtenida, por medio de los datos de clima y de los parámetros físicos del suelo como constantes de humedad y densidad, de acuerdo a la ecuación del balance: entradas – salidas = cambio de almacenamiento. Las entradas (precipitación pluvial, aportes) y las salidas (evapotranspiración real, escorrentía, retención), se cuantifican utilizando el modelo matemático del balance hídrico de suelos (Schosinsky, 2006).

En la tercera fase las unidades cuantificadas se agrupan en un mapa final de recarga hídrica de acuerdo a los rangos de volumen de recarga específica anual, como muy altas con volúmenes mayores de $300,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$; altas entre $150,000$ a $300,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$; medias con recargas de $50,000$ a $150,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$; bajas de $10,000$ a $50,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$ y áreas con muy baja recarga con volúmenes menores de $10,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$ (Herrera y Brown, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caldera volcánica de Atitlán es una depresión circular de 18 kilómetros de diámetro y 250 km² de área, donde se han formado montañas altas con elevaciones mayores de 3,000 msnm en la Cumbre María Tecún al norte. En la parte central en los alrededores de Sololá, existen altiplanicies onduladas entre los 2,300 a los 2,500 msnm y seguidamente las laderas muy inclinadas (escarpes de fallas) y los taludes que finalizan en el lago, donde se forman las abanicos coluvio-aluviales, sobresaliendo los deltas de los ríos Quiscab y Panajachel a elevaciones entre los 1,564 a 1,640 msnm. El límite sur lo constituyen los tres volcanes recientes de San Pedro, Tolimán y Atitlán, los que originan relieves accidentados que marcan el borde sur del altiplano, alcanzando altitudes de más de 3,000 msnm

El cuerpo de agua del Lago de Atitlán, es una depresión geológica de 900 m de profundidad, de los cuales 300 m están ocupados por sedimentos lacustres y material eruptivo de los volcanes del área, el agua ocupa otros 300 m y los 300 m restantes constituyen la altura actualmente visible de la caldera. La superficie del espejo de agua es de 125.70 km², haciendo un volumen de 37,500 millones de m³ (37.71 km³).

Geología

En los períodos del Mioceno al Plioceno, ocurrieron grandes erupciones volcánicas en todas las partes al sur del altiplano del país. Las actividades volcánicas iniciales en el Mioceno, lanzaron grandes cantidades de tobas dacíticas, tobas soldadas y lavas. Un ejemplo es la Caldera de Atitlán (Figura 1), cuya edad se calcula entre 14 a 11 millones de años, formándose la “Caldera Atitlán I” más al norte, de forma elíptica con dimensiones de 15 Km por 25 Km, localizándose la mayor parte de los materiales que expulsó durante su formación en el área de María Tecún, justo en límite norte del

El volcanismo que inició el ciclo Atitlán III, empezó con la formación y desarrollo de los conos volcánicos: Volcán de San Marcos, Tecolote y Paquisís. Los dos primeros se hallaban sobre lo que hoy es la ribera norte del lago, en las proximidades de la actual población de San Marcos y el tercero se localizaba en el borde suroeste de la caldera, por el cerro Paquisís de Santiago Atitlán. Durante decenas de miles de años existieron los tres volcanes mencionados, sin embargo, debajo de esos edificios volcánicos se emplazó paulatinamente una cámara de magma de gigantescas proporciones que habría de culminar con la erupción pliniana de Los Chocoyos (volcanismo silícico explosivo) consistente de tephra (arenas y cenizas) con un volumen de 150 km^3 y entre 30 a 50 km de altura, seguido de una erupción de 120 km^3 adicionales de magma bajo la modalidad de flujos de cenizas que cubrieron vastas áreas del altiplano occidental.

Las unidades litológicas son el intrusivo granítico, las lavas compuestas principalmente por flujos riolíticos, que con los sedimentos y tobas constituyen el grupo volcánico terciario, y las tephras (piroclastos) que constituyen el grupo volcánico cuaternario, hasta finalizar con los depósitos aluviales.

Las rocas intrusivas de granito, se presentan al suroeste del área, en San Juan y San Pablo La Laguna, y en el río Nahualate, constituyendo el basamento de la Sierra Parraxquim. Esta unidad constituye una barrera impermeable para el agua subterránea, es decir un “acuífugo” que es un cuerpo que no transmite, ni almacena agua.

Las rocas volcánicas del Terciario están constituidas por flujos riolíticos, lavas andesíticas y dacíticas, y sedimentos y tobas. La unidad formada por riolitas y tobas, abarcan la parte alta y se encuentran aflorando en la divisoria de aguas norte, desde los Encuentros, la Cumbre María Tecún, Cerro Tzampual y Montaña Chuanimajuyub, en la parte alta de la cuenca. El foco de emisión de los flujos riolíticos, fue un complejo volcánico antiguo conoci-

do como Montaña o Cumbre María Tecún, que representa el punto más alto de la cuenca en la parte norte. Las rocas de esta unidad se conocen como “Tobas María Tecún” (Newhall, 1987). El espesor promedio es de 200 m, medido tanto en el afloramiento de la carretera del cruce de Sololá – Quiché (Los Encuentros) y el pozo de Santa Lucía Utatlán dentro de la cuenca.

En los centros de efusión puede llegar a tener alrededor de los 400 m como en la cumbre María Tecún, donde se pueden identificar intrusiones de granito.

La edad de la unidad del grupo volcánico terciario, abarca el Mioceno Superior y el Plioceno (Herrera, Manzo y Hernández, 2016).

La unidad de lavas andesíticas se localizan en los alrededores del lago y al norte de Concepción. Esta unidad se encuentra muy fracturada y es por donde circula el agua subterránea. El espesor es de 50 a 100 m y la edad es del Plioceno.

La unidad de sedimentos y tobas están muy consolidadas, constituyendo un relleno de la caldera de Atitlán, llamados “Sedimentos de relleno fase 1 (caldera I) y fase 2 (caldera II)”. Sobre estos sedimentos existen tobas riolíticas denominadas: Panajachel, San Jorge y La Catarata (Newhall, 1987), que afloran principalmente en los escarpes del norte del lago.

Los sedimentos de relleno fase I, son principalmente brechas volcánicas con fragmentos líticos de riolita, dacita y andesita. Los espesores varían de 20 a 70 m.

Los sedimentos de relleno fase II, son areniscas tobáceas de tipo riolíticas que a veces se presenta pseudoestratificada. Los espesores varían de 20 a 60 m.

Las rocas volcánicas cuaternarias, incluyen lavas y piroclastos.

Los flujos de lavas andesíticas y dacíticas son producto de erupciones de fisura y por conos compuestos y cineríticos extintos como los cerros de Chuichimuch y los volcanes cuaternarios de San Pedro, Tolimán y Atitlán al sur de la cuenca. Los espesores varían de 30 a 180 m y la edad es del Pleistoceno (Herrera, Manzo y Hernández, 2016).

Los piroclastos de pómez se encuentran cubriendo la mayor parte de la cuenca y alcanzan espesores hasta de más de 100 m. La edad es del Pleistoceno-Holoceno.

Los aluviones yacen principalmente al final de los deltas de los ríos Quiscab y Panajachel, así como en las riberas de los ríos Pampatín, Jaibalito y La Cañada, en Santa Cruz La Laguna. Así también en las quebradas de San Marcos y San Pablo La Laguna, Riachuelo Caníbal y Quebrada Seca en San Juan La Laguna.

Los espesores promedio encontrados son de 20 m, en las partes centrales de los ríos.

Hidrogeología

El acuífero está constituido por rocas volcánicas, caracterizándose las lavas por tener porosidad secundaria (por fracturas) y los piroclastos presentan porosidad primaria. El acuífero tiene una extensión aproximada al de las cuencas hidrográficas de los ríos Quiscab y Panajachel al norte y al sur el límite lo definen los volcanes de San Pedro y Tolimán.

El espesor máximo de los flujos lávicos, encontrado por medio de perforaciones, es de 50 m en la zona de Santa Lucía Uatatlán y el mínimo es de 13

m en el pozo Xolbe de Sololá. Esto indica que el espesor aumenta hacia la región montañosa, al oeste de la cuenca y disminuye hacia el este y nores-
te. Los sedimentos o relleno de caldera, generalmente se van engrosando
en profundidad hacia el lago.

Las unidades hidrogeológicas del área se presentan en las figuras 2, 3 y 4,
donde se incluyen a las rocas intrusivas, las rocas volcánicas fracturadas,
los piroclastos de pómez, sedimentos volcánicos y los aluviones.

La captación de agua subterránea más común en la zona, es la de manan-
tales. La mayoría de manantiales existentes son de tipo puntual producto
de fallas y fracturas. Las producciones de los manantiales varían entre 0.5
a 25 L/s, siendo sus captaciones continuas, es decir de 24 horas por día.

Se tienen algunos pozos identificados al norte de Sololá (Xolbe), Santa
Lucía Uatlán, Panajachel y San Pedro, que presentan producciones de 10
L/s (158 gal/min). Los pozos son de 8 pulgadas de diámetro y con profun-
didades alrededor de los 170 m. Los bombeos no son continuos, por lo que
la explotación del agua subterránea, en la mayoría de casos, trabajan un
promedio 14 horas por día (100 horas semanales).

Los valores de transmisividad varían de 30 a 400 m²/día, de acuerdo a las
pruebas de bombeo realizadas en el centro de Sololá y Santa Lucía Uatlán
por (Herrera, Manzo y Hernández, 2016). Esta transmisividad se clasifica
como baja a media.

Es importante apuntar que por la falta de fuentes de agua como manantia-
les y pozos en algunos lugares, las demandas de agua potable se satisfacen
con el bombeo de agua del Lago de Atitlán. Estos lugares son: San Pedro
La Laguna, San Juan La Laguna, San Pablo La Laguna y Santa Cruz La
Laguna.

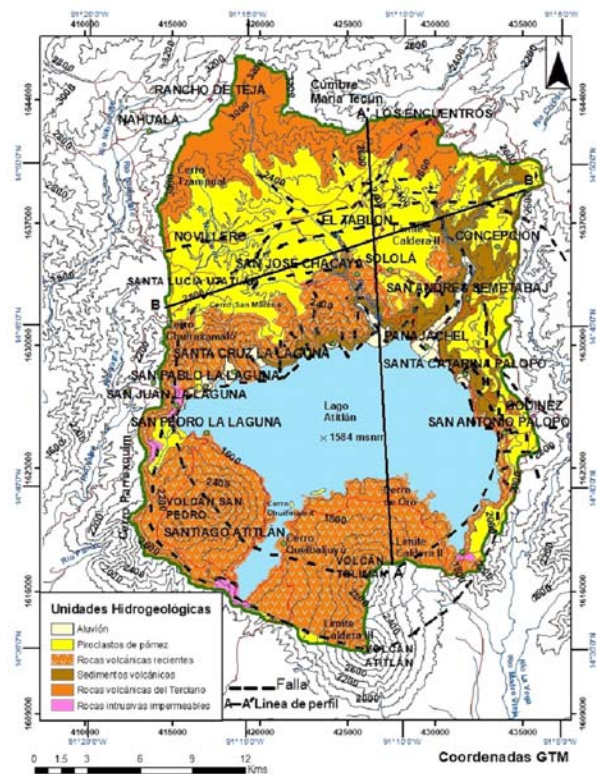


Figura 2. Geología de la cuenca del Lago de Atitlán

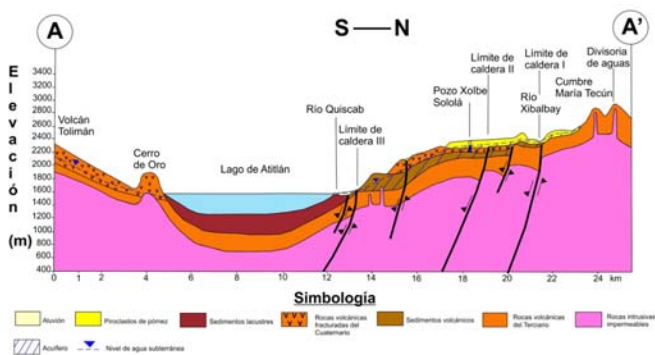


Figura 3. Perfil hidrogeológico A – A´

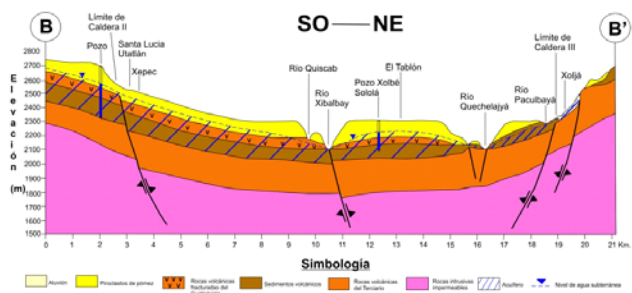


Figura 4. Perfil hidrogeológico B – B´

La conductividad hidráulica varía entre 0.2 a 2.5 m/día, clasificándose como baja a media. Esta permeabilidad es primaria en piroclastos y aluviones, mientras que en lavas es secundaria, alcanzando valores altos en los lugares que poseen fracturación intensa y profunda.

En el área el coeficiente de almacenamiento es de 1×10^{-2} a 7×10^{-2} , que define un acuífero semiconfinado con bajos descensos de niveles de agua subterránea.

El acuífero tiene condiciones de semiconfinamiento, por algunas capas de cenizas volcánicas y sedimentos finos, los cuales funcionan como acuitardos.

El Lago de Atitlán es una caldera volcánica, por lo que el flujo subterráneo presenta un control estructural desde las partes altas de las montañas a las partes bajas de la caldera del lago.

En la zona de estudio, se presentan profundidades del nivel estático bajo la superficie del terreno desde 18.5 m en Panajachel (en parte más baja) hasta 131.54 m al noroeste del poblado de Santa Lucía Utatlán (en la parte media). Es decir, los niveles se encuentran entre los 1,600 msnm en la parte baja de la cuenca y entre 2,200 a 2,300 msnm en la parte media de la misma.

La dirección del flujo del agua subterránea del acuífero (Figura 5), muestra una tendencia de norte a sur en Sololá y alrededores, con una recarga desde las partes altas y medias de la cuenca.

En el área de San Juan y San Pedro La Laguna, el flujo del agua subterránea muestra una tendencia de suroeste a noreste, principalmente en las faldas del volcán San Pedro. En el volcán Tolimán la dirección de flujo subterráneo es de sur a norte.

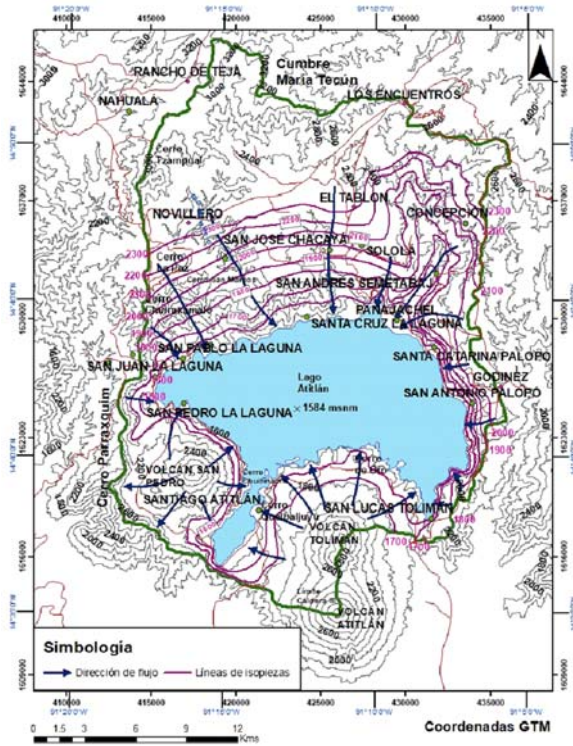


Figura 5. Red de flujo subterráneo de la cuenca del Lago de Atitlán.

Recarga hídrica

En la cuenca existen diferentes áreas de recarga como se presentan en la Figura 6. Estas se categorizan en recargas: muy alta, alta, media, baja, muy baja y sin recarga.

Áreas de muy alta recarga hídrica

Las áreas de los volcanes San Pedro y Tolimán al sur de la cuenca, tienen una extensión de 43.14 km² y 65.28 km² respectivamente. Los suelos corresponden a la serie Tolimán (Tn), desarrollados a partir de cenizas y arenas volcánicas sobre lavas recientes fracturadas, con textura arenosa franca (Simmons, Tárano y Pinto, 1959). La capacidad de campo es 32.14%, el punto de marchitez es 17.79%, y la densidad aparente es 1.05 gr/cm³. La vegetación predominante es bosque mixto con cultivo de café. El valor de lluvia anual es 1,641.5 mm de la estación meteorológica Santa Clara La Laguna a 2,100 msnm.

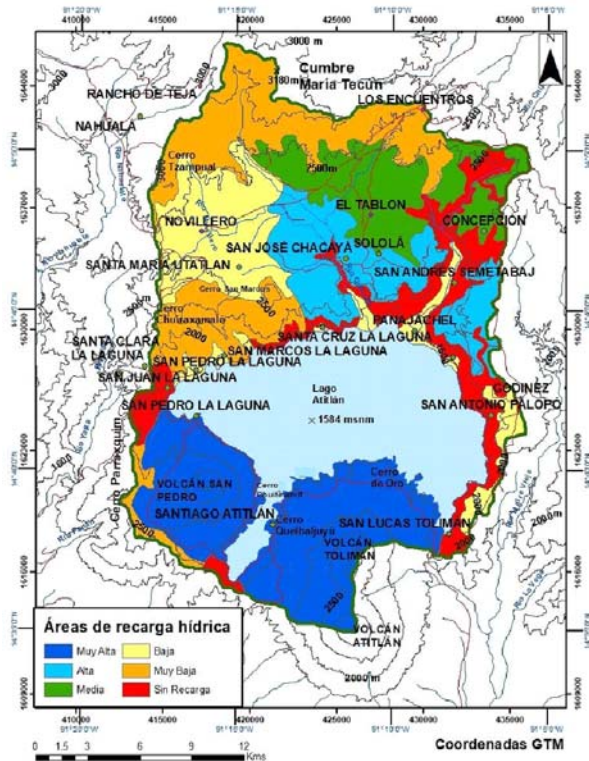
La capacidad de infiltración de los suelos es 1,440 mm/día. A pesar de las pendientes fuertes, la lámina de recarga es muy alta (355 mm/año), con una recarga hídrica de 15.3147 millones de m³/año en el volcán San Pedro y de 23.1744 millones de m³/año en el volcán Tolimán y una recarga específica total de 355,000 m³/km²/año. Aparentemente la recarga es profunda hacia el sur del lago Atitlán y los ríos que drenan hacia el río Nahualate, Chicacao y lugares aledaños de Suchitepéquez, situación que se comprueba por la ausencia de manantiales por flujo subsuperficial en el área.

Áreas de alta recarga hídrica

Esta área comprende la parte media de la cuenca, desde las cabeceras municipales de Sololá, San José Chacaya y San Andes Semetabaja hacia el borde norte del lago de Atitlán con un área de 47.98 km² y pendientes medias a altas de relieve ondulado e inclinado. Los suelos son de la serie Patzité (Pz), los cuales se han desarrollado a partir de piroclástos y lavas fracturadas (Simmons, Tárano y Pinto, 1959), con textura franco arenosa y valores de capacidad de campo de 22.88%, punto de marchitez de 13.24% y densidad aparente de 0.83 gr/cm³. La vegetación es de bosques mixtos y cultivos.

La precipitación anual es de 1,381.4 mm de acuerdo a la estación meteorológica El Tablón a una altitud de 2,310 msnm. La capacidad de infiltración es de 92 mm/día, la lámina de recarga de 168 mm/año y la recarga hídrica potencial calculada es de 8.0606 millones de m³/año, con una recarga hídrica específica de 167,999 m³/km²/año.

Figura 6. Áreas de recarga hídrica de la cuenca del Lago de Atitlán



Áreas de media recarga hídrica

Esta es la parte alta situada al noreste del límite de la cuenca y al sur de Los Encuentros hasta las aldeas de El Tablón y Argueta, con un área de 45.81 km², con pendientes bajas y relieve ondulado, en la cual después de la infiltración del agua proveniente de la precipitación pluvial, se produce cierta descarga natural a los ríos Xibalbay, Xajaxaj, Quechelajyá y Pacubalyá como flujo subsuperficial y posteriormente recarga el acuífero. Los suelos corresponden a las series Camanché (Cm) y Patzite (Pz), los cuales se desarrollaron a partir de piroclastos de caída (Simmons, Tárano y Pinto, 1959), con textura franco arenosa, capacidad de campo de 34.39%, punto de marchitez de 17.52% y densidad aparente de 0.952 gr/cm³.

La vegetación predominante son cultivos anuales y bosque disperso. La precipitación pluvial anual es de 1,381.4 mm de la estación climática El Tablón. La velocidad de infiltración básica es 60 mm/día, con una recarga hídrica potencial de 0.084 mm/año y la recarga calculada es de 3.848 millones de m³/año, con una recarga específica de 83,999 m³/km²/año.

Áreas de baja recarga hídrica

Estas áreas comprenden las partes de Santa Lucía Uatlán (47.96 km²), Godínez (7.48 km²) y los pequeños conos aluviales de las riberas de los ríos (10.48 km²), como el Quiscab y Panajachel que desembocan en la parte norte del lago de Atitlán.

En el área de Santa Lucía Uatlán la serie de suelos es Camanché y en el área de Godínez los suelos son de la serie Tolimán (Simmons, Tárano y Pinto, 1959). Las características físicas de los suelos son: textura franco arenosa, capacidad de campo de 30.1%, punto de marchitez de 18% y densidad aparente de 0.95 gr/cm³.

La vegetación predominante son cultivos de maíz, frijol y hortalizas. Los registros de precipitación pluvial anual de 1,323.3 mm, fueron tomados de la estación meteorológica El Novillero, a una altura de 2,440 msnm.

El área de los conos aluviales de las riberas de los ríos, están constituidos por materiales diversos, producto de la erosión y deposición de los ríos en su parte final. La lluvia anual es de 1,153.8 mm registrada en la estación meteorológica Panajachel, que se encuentra en las riberas del lago, a una elevación de 1,575 msnm.

El valor de velocidad de infiltración básica en esta unidad es 34 mm/día, una lámina de recarga de 84 mm/año, una recarga hídrica potencial de 940,300 m³/año y una recarga potencial específica de 14,200 m³/km²/año.

Muy baja recarga hídrica

Están definidas por la parte alta de la cuenca en los Cerros María Tecún y el sur de Santa Lucía Utatlán y norte de San Marcos La Laguna, es decir, alrededor de los cerros Churaxamola, Chuichumuch y Chuicohón, con un área de 85.33 Km² y suelos Totonicapán (Tp), desarrollados sobre riolitas (Simmons, Tárano y Pinto, 1959). La vegetación natural es bosque mixto y existen pequeñas áreas de cultivo de maíz, frijol y hortalizas. La precipitación pluvial anual es de 1,337.5 mm de la Estación Rancho de Teja, Totonicapán a una altitud de 2,920 msnm. Una considerable precipitación pluvial es de tipo horizontal, la cual es la responsable de la presencia del bosque nuboso presente en la Cumbre María Tecún a más de 3,000 m de altitud.

La velocidad de infiltración básica es de 0.035 cm/hr (8.4 mm/día). Las características físicas de los suelos son: textura franco arcillosa, con valores de capacidad de campo de 37.53%, punto de marchitez de 21.95% y densidad aparente de 0.91 gr/cm³. La lámina de recarga anual es de 6 mm,

la recarga potencial es de 512,000 m³/año, con una recarga hídrica específica de 6,000 m³/km²/año.

Esta área presenta pendientes altas, por lo que existe mucho escurrimiento superficial y la cantidad de recarga hídrica es de tipo subsuperficial, la cual alimenta pequeños manantiales y pozos excavados, por lo que esta pequeña capa de agua subterránea responde a cambios estacionales, de tal forma que en la época seca, estos se encuentran totalmente sin agua. Esto es el resultado de que las riolitas se encuentran masivas y poco fracturadas, por lo que la recarga hídrica potencial es muy baja o hasta despreciable, considerándose un área de recarga potencial muy baja. Además, en estos lugares no se forman acuíferos, ya que el basamento es de granito, constituyendo un acuífugo.

Áreas sin recarga hídrica

Se consideró como unidad aparte a los sedimentos consolidados y tobas compactas que se encuentran depositadas en las laderas escarpadas de muy fuerte pendiente que rodean a los deltas de los ríos Quiscab y Panajachel, así como, a los poblados de Santa Cruz La Laguna, Santa Catarina Palopó y San Antonio Palopó. También se incluyen las rocas graníticas que se presentan en las partes al sur, en el cerro Cristiano en San Juan La Laguna, San Lucas Tolimán y al sur del volcán San Pedro en San Antonio Chacayá. Estos materiales son impermeables y constituyen barreras negativas para las aguas subterráneas, por lo que, generan escurrimiento superficial durante los eventos pluviales. Esta unidad presenta poca vegetación y no tiene horizontes de suelo donde se infiltre el agua de lluvia.

En el cuadro 1, se resumen características de las categorías de las áreas de recarga hídrica. La recarga al acuífero de las categorías media, alta y muy alta varía de 84 a 355 mm/año, encontrándose entre el rango de valores de 30 a 370 mm/año cuantificados para regiones tropicales con considerables variaciones anuales de lluvia (Del Valle & Varni, 2009).

El volumen total de recarga anual en la cuenca del Lago de Atitlán (528.21 Km²) es de aproximadamente 52 millones de m³ en un área de 402.51 Km², que tiene salidas naturales al cuerpo de agua del lago de 125.70 Km² el cual representa una zona de descarga.

Cuadro 1. Áreas de recarga hídrica.

Categoría	Localización	Cobertura	Lámina de recarga (m)	Área (Km ²)	Volumen de recarga (x10 ⁶ m ³)	Recarga Específica (m ³ /Km ²)
1 Muy alta	Volcán San Pedro y Volcán Tolimán	Bosque y café	0.355	108.42	38.4891	355,000
2 Alta	Sololá, San José Chacayá y San Andres Semetabaj	Cultivos anuales	0.168	47.98	8.0606	167,999
3 Media	El Tablón y noreste de la cuenca	Cultivos y bosque disperso	0.084	45.81	3.8480	83,999
4 Baja	Santa Lucia Utatlán, Godínez y conos aluviales	Cultivos y matorral	0.0142	66.22	0.9403	14,200
5 Muy baja	Cerros María Tecún y San Marcos La Laguna	Bosque mixto	0.006	85.33	0.5120	6,000
6 Sin recarga	Laderas escarpadas y cuerpos intrusivos aflorantes	Matorral	0	48.75	0	0
			Total	402.51	51.8465	

Analizando la recarga total anual de las aguas subterráneas que se produce en la cuenca del Lago de Atitlán de 51.8465×10^6 m³/año y comparándola con las salidas naturales de manantiales y explotación actual de pozos de aproximadamente 4.65×10^6 m³/año, se tiene un balance positivo de 47.20×10^6 m³/año. Esto indica que existe un potencial hídrico subterráneo alto en la cuenca, donde la captación y explotación actual representa el 9% del recurso temporal, es decir, existe un 91% de excedente de agua subterránea.

De acuerdo a estas cifras, el recurso hídrico subterráneo se encuentra en un estado incipiente de desarrollo, donde las entradas naturales son mayores a las extracciones, por lo que, el manejo del recurso hídrico es deseable y posible por medio de la construcción de pozos de agua mecánicos y profundos, alrededor de 300 m en las partes altas y medias de la cuenca, y de alrededor de 150 m en las partes bajas a orilla del lago.

Es evidente que se tiene una sub-explotación del acuífero, del cual puede obtenerse mayor provecho en un futuro próximo, efectuando la extracción del recurso subterráneo temporal de una forma planificada y geográficamente bien distribuida.

CONCLUSIONES

En el área se han originado tres calderas volcánicas, la caldera “Atitlán I” al norte con edad de 14 a 11 millones de años, la segunda caldera al centro tiene una edad de 9 millones de años y la tercera caldera “Atitlán III” con 85,000 años.

En la cuenca del Lago de Atitlán se identifica un acuífero volcánico formado por lavas, piroclastos y sedimentos volcánicos.

Los valores de transmisividad varían de 30 a 400 m²/día, la conductividad hidráulica es de 0.2 a 2.5 m/día y el coeficiente de almacenamiento es 1×10^{-2} a 7×10^{-2} , que define un acuífero semiconfinado originado por algunas capas de cenizas volcánicas y sedimentos finos, los cuales funcionan como acuitardos.

La dirección del flujo del agua subterránea del acuífero, muestra una tendencia de norte a sur en Sololá, con una recarga desde las partes altas y medias de la cuenca. Sin embargo, en los volcanes San Pedro y Tolimán la dirección de flujo subterráneo es de sur a norte, porque los límites de la cuenca los define la caldera volcánica.

En la cuenca existen seis categorías de recarga hídrica específica en m³/año/Km²: muy alta con 355,000; alta con 167,999; media con 83,999; baja con 14,200; muy baja con 6,000 y se presentan áreas sin recarga hídrica que corresponden a sedimentos muy consolidados y tobas compactas en las laderas escarpadas y a los cuerpos intrusivos de granito.

La recarga total anual en la cuenca del Lago de Atitlán es 51.8465×10^6 m³/año y comparándola con la salida natural de manantiales y explotación actual de 4.65×10^6 m³/año, se tiene un balance positivo de 47.20×10^6 m³/

año. Esto indica que existe un potencial hídrico subterráneo alto, donde la explotación del recurso hídrico es deseable y posible por medio de la construcción de pozos de agua mecánicos.

El acuífero puede aprovecharse y manejarse en un futuro próximo, efectuando la extracción del recurso subterráneo temporal de una forma planificada y geográficamente bien distribuida.

LITERATURA CITADA

1. Castañeda, C. Sistemas lacustres de Guatemala recursos que mueren. 1. ed. Edición Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1995. 196 p.
2. Custodio, E., & Llamas, R. Hidrología subterránea. Tomo I, 2. ed. Barcelona, Omega Ediciones. 2001. 2350 p.
3. Del Valle, V., & Varni, M. De los métodos específicos para cuantificar la recarga de acuíferos. VI Congreso Nacional de Hidrogeología y IV Seminario hispanoamericano de Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, Santa Rosa, La Pampa. Argentina. 2009. Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Argentino. p. 43-52.
4. 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.
5. Herrera, I. Acuíferos de Guatemala. *Revista Tikalia*, 35 (2): 35-56, 2017.
6. Herrera, I. & Brown, O. Propuesta de una metodología para la estimación de áreas de recarga hídrica en Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(4), 48-52. 2011.
7. Herrera, I., Manzo, D., y Hernández, E. Estudio hidrogeológico de los acuíferos volcánicos de la República de Guatemala. Informe Final proyecto DIGI - FAUSAC. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2016. 120 p.
8. Instituto Geográfico Nacional. Mapa geológico de Guatemala (escala 1:250,000). Guatemala. 1993.
9. Padilla, T. Estrategia para mejorar la calidad del agua superficial en la subcuenca del río Quiscab, en el departamento de Sololá, Guatemala. Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciego de Ávila. Cuba. 2012. 103 p.
10. Romero, M., & Cardona, H. El área de captación de la cuenca y el lago de Atitlán. *Revista Tikalia*, 28 (1): 73-101, 2010.
11. 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.
12. Newhall, C. Geology of the lake Atitlán region, western Guatemala. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 33, 23-55. 1987.
13. Schosinsky, G. Cálculo de recarga hídrica de acuíferos mediante balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, 34, 13-30. 2006.
14. Simmons Ch., Tárano, J., y Pinto, J. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. 1959. 1000 p.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al apoyo de la sub-área de Manejo de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. También se le agradece y reconoce el apoyo brindado a Pedro Alejandro Soto Reyes en la digitalización y elaboración de mapas y figuras.



RESÚMENES DE TESIS

Caracterización del recurso forestal afectado por el gorgojo de pino (*Dendroctonus* sp.) y estrategias comunitarias para su control en la Parcialidad Baquix, municipio de Totonicapán, Totonicapán, Guatemala, C. A.

José Alejandro Ardón Guerra

Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables

RESUMEN

La investigación desarrollada de agosto 2017 a mayo 2018, en la Asociación de Forestería Comunitaria de Guatemala Utz Che', en la Parcialidad Baquix, cantón Juchanep, municipio y departamento de Totonicapán, en altitudes de 2,500 a 3,100 m s.n.m. Se caracterizó el recurso forestal de las zonas reportadas con ataque de gorgojo de pino (*Dendroctonus* sp.) de la Parcialidad Baquix. La metodología consistió en identificar y ubicar áreas afectadas; desarrollar talleres con grupos de comunitarios, verificar el levantamiento de datos y la elaboración de una base de datos, mapas y un plan de acción. En base a los lineamientos técnicos del INAB para planes de saneamiento/salvamento de bosques, la capacidad de acción que tiene la comunidad en el manejo y uso del bosque y en base a planes previos, se propuso, una actualización de la situación fitosanitaria del bosque y los planes de contingencia, incluyendo el caso hipotético de sanear el bosque (eliminar árboles en fases uno, dos y árboles muertos) las acciones de reforestación y actividades silviculturales a realizar por mes y año; tomando en cuenta, la protección del territorio, se incluyen las limitantes a la depredación de animales en el área. Además sistematizar información referente a la infestación de gorgojo de pino: situación actual, temporalidades de infestación, factores climáticos que puedan o no incidir en la prolifera-

ción del insecto. Información necesaria a la hora de elaborar nuevos planes de saneamiento, para mejor sustentación y conocer los factores que puedan ser indicadores de posteriores ataques de esta plaga.

Palabras claves: Gorgojo del pino, *Dendroctonus*; *Pinus*, Plagas y enfermedades, Planes de manejo

ABSTRACT

The research developed from August 2017 to May 2018, in the Community Forestry Association of Guatemala Utz Che ‘, in the Baquix Partiality, Juchanep canton, municipality and department of Totonicapán, at altitudes of 2,500 to 3,100 m s.n.m. The forest resource of the reported areas with attack of pine weevil (*Dendroctonus* sp.) of the Baquix Partiality was characterized. The methodology consisted of identifying and locating affected areas; develop workshops with community groups, verify the data collection and the preparation of a database, maps and an action plan. Based on INAB’s technical guidelines for forest sanitation / salvage plans, the community’s capacity for action in the management and use of the forest and based on previous plans, an update of the phytosanitary situation of the forest was proposed and the contingency plans, including the hypothetical case of cleaning up the forest (eliminating trees in phases one, two and dead trees), the reforestation actions and silvicultural activities to be carried out by month and year; taking into account, the protection of the territory, include the limitations to the depredation of animals in the area. In addition, systematize information regarding the infestation of pine weevil: current situation, infestation temporalities, climatic factors that may or may not affect the proliferation of the insect. Information necessary when preparing new sanitation plans, for better support and to know the factors that may be indicators of subsequent attacks of this plague.

Keywords: Pine Weevil, *Dendroctonus*, *Pinus*, Plagues and diseases, Management plans.

Efecto que produce la implementación de lixiviados orgánicos en el programa de fertilización química, para la aclimatación de meristemas de banano (*Mussa spp.*), diagnóstico y servicios realizados en finca bananera, Los Amates, Izabal, Guatemala, C. A.

Jaime Jordán Arriola Vielman

Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

En la empresa Bandegua, S.A., de febrero a noviembre de 2018, se evaluó el efecto de los lixiviados de raquis de banano y lombricompost, en la producción de meristemas de banano (*Mussa spp.*) en etapa de vivero. Se evaluaron tres tipos de fertilizantes: lixiviado de lombricompost (300 ml lixiviado / 6 semana), lixiviado del raquis o pinzote de banano (300 ml lixiviado / 6 semana) y fertilizante químico tradicional (14.48 gr 18-18-18 / 6 semana), así como sus combinaciones; la dosis de lixiviados (raquis de banano y lombricompost) fue de 50 ml/planta con una concentración del 50% agua y 50% lixiviado. La unidad experimental fue un meristemo de banano en bolsa de polietileno (8 x 7 pulgadas), se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluó altura de planta, circunferencia de pseudotallo, número de hojas y peso radicular, fertilizantes y análisis económico. La aplicación de 300 ml de lixiviado de lombricomposta + 1.39 gr/planta de 18-18-18, mostró diferencia significativa estadísticamente, para la variable altura de planta. El lixiviado de lombricompost, presentó la mayor concentración de potasio (5,500 ppm), Magnesio (500 ppm) y micronutrientes. Lo cual se reflejó considera-

blemente en la variable altura de planta. El menor costo de producción lo presentó el tratamiento 3, pero no hay diferencias significativas entre variables y tratamientos.

Palabras claves: Banano, *Musa*, Lombricompost, Lixiviados, Fertilizantes químicos, Dosis de aplicación, Rentabilidad

ABSTRACT

In the company Bandegua, S.A., from February to November 2018, the effect of the leachate of banana and vermicompost rachis was evaluated in the production of banana meristems (*Musa* spp.) In the nursery stage. Three types of fertilizers were evaluated: vermicomposting of vermicompost (300 ml leached / 6 weeks), leached from the rachis or banana pinzot (300 ml leached / 6 weeks) and traditional chemical fertilizer (14.48 gr 18-18-18 / 6 weeks) , as well as their combinations; the dose of leachates (banana rachis and vermicompost) was 50 ml / plant with a concentration of 50% water and 50% leached. The experimental unit was a banana meristem in a polyethylene bag (8 x 7 inches), a completely randomized design with five treatments and four repetitions was used. Plant height, pseudostem circumference, number of leaves and root weight, fertilizers and economic analysis were evaluated. The application of 300 ml of vermicompost of lombricomposta + 1.39 gr / plant of 18-18-18, showed statistically significant difference, for the variable plant height. The vermicompost leachate, presented the highest concentration of potassium (5,500 ppm), Magnesium (500 ppm) and micronutrients. Which was reflected considerably in the plant height variable. The lowest cost of production was presented by treatment 3, but there are no significant differences between variables and treatments.

Keywords: Banana, *Musa*, Lombricompost, Leachate, Chemical fertilizers, Application rate, Profitability

Evaluación de sustratos para la producción de acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.) mediante técnicas organopónicas urbanas en la Escuela Taller Municipal, ciudad de Guatemala, Guatemala, C. A.

Milvian Corina Betz Ordóñez

Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

De mayo 2016 a agosto 2017, en la Escuela Taller de la Municipalidad de Guatemala, se evaluaron cuatro sustratos para la producción de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *Cicla* L.) en condiciones organopónicas en la Escuela Taller Municipal. Se comparó mediante un análisis de varianza, los cuatro tratamientos: A) 50% suelo + 50% compost, B) 75% suelo + 25% compost, C) 90% suelo + 10% compost, D) 100% suelo. El mejor tratamiento fue el de 50% suelo y 50% compost, con una media de 136.54 g de peso y 55.40 cm de altura, por encima de los otros tres tratamientos (29.07, 67.36 y 70.13 g y 30.32, 45.32 y 46.32 cm).

Palabras claves: Acelga, *Beta vulgaris*, Sustratos, Compost, Dosis de aplicación, Rendimiento

ABSTRACT

From May 2016 to August 2017, at the Workshop School of the Municipality of Guatemala, four substrates were evaluated for the production of

chard (*Beta vulgaris* L. var. *Cicla* L.) under organoponic conditions at the Municipal Workshop School. The four treatments were compared by means of an analysis of variance: A) 50% soil + 50% compost, B) 75% soil + 25% compost, C) 90% soil + 10% compost, D) 100% soil. The best treatment was 50% soil and 50% compost, with an average of 136.54 g of weight and 55.40 cm of height, above the other three treatments (29.07, 67.36 and 70.13 g and 30.32, 45.32 and 46.32 cm).

Keywords: Chard, *Beta vulgaris*, Substrates, Compost, Application dose, Yield.

Determinación de la capacidad de resiliencia de las hojas de xate (*Chamaedorea elegans* Martius y *Chamaedorea oblongata* Martius), para el establecimiento de frecuencias de corte, en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala, C.A.

Adenz Alberto Esquivel Sandoval

Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables

RESUMEN

La investigación se desarrolló en tres áreas dentro de la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya (Uaxactún, Carmelita y Yaloch), el objetivo fue determinar la capacidad de resiliencia que las especies de xate (*Chamaedorea elegans* y *C. oblongata*) presentan al corte de sus hojas para lograr un aprovechamiento sostenible. Se establecieron cinco parcelas

de 10 x 10 m, una para cada tratamiento (Tradicional: corte de todas las hojas de tamaño comercial; Severo: se dejó solo una hoja y el meristemo apical; Medio: se dejaron dos hojas y el meristemo apical; Método CONAP: se dejó tres hojas y el meristemo apical; y sin aprovechamiento (testigo)). Se concluyó que el tiempo requerido para llegar a tamaño comercial, es de acuerdo a su capacidad de regeneración natural, es para *C. elegans* es de cuatro meses y para *C. oblongata* es de tres meses; en ambas especies el mejor tratamiento fue el número cuatro (dejar tres hojas y el meristemo apical). Se propuso tener un calendario de cortes sostenibles, siendo uno en enero y el segundo en julio. Coincidiendo con evitar los meses lluviosos, por la dificultad para movilizarse en las áreas de aprovechamiento.

Palabras claves: Xate, *Chamaedorea*, Corte, Tiempo a la cosecha, Planes de manejo.

ABSTRACT

The research was developed in three areas within the multiple use zone of the Maya Biosphere Reserve (Uaxactún, Carmelita and Yaloch), the objective was to determine the resilience capacity of the xate species (*Chamaedorea elegans* and *C. oblongata*) present the cut of its leaves to achieve sustainable use. Five plots of 10 x 10 m were established, one for each treatment (Traditional: cut of all leaves of commercial size; Severe: only one leaf was left and the apical meristem; Medium: two leaves were left and the apical meristem; CONAP: three leaves were left and the apical meristem, and no use (control)). It was concluded that the time required to reach commercial size, is according to its capacity of natural regeneration, is for *C. elegans* is four months and *C. oblongata* is three months; in both species the best treatment was number four (leave three leaves and the apical meristem). It was proposed to have a calendar of sustainable cuts, one in January and the second in July. Coinciding with avoiding the rainy months, due to the difficulty to mobilize in the areas of use.

Keywords: Xate, *Chamaedorea*, Cut, Time to harvest, Management plans.



REVISTA TIKALIA



INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

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

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

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

POLÍTICA EDITORIAL

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

PÚBLICO OBJETIVO

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

FORMA Y PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS

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

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

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

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

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

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

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

ENVÍO DE TRABAJOS (ARTÍCULOS Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)

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

Recomendaciones de edición:

Presentación

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

Título: Conciso e indicar el contenido del trabajo.

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

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

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

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

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

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

Conclusión: Con base en la información discutida.

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

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

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

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

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

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

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

Capítulo de libro:

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

Publicación en Memorias:

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

CD-ROM

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

Internet:

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

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

Revista **etikaria** se terminó de imprimir en el mes de julio de 2019, en los talleres de Editora Arizandieta, con una tirada de 500 ejemplares en papel bond beige de 80 gramos.

