

Ciencia y Tecnología

Publicación semestral de la Dirección de Investigación Científica y Posgrado,
Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)

No. 21, diciembre 2017

ISSN: 1995 - 9613



**La política pública en investigación científica
y tecnológica de la UNAH**



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

Ciencia y Tecnología

Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Dirección de Investigación Científica y Posgrado

No. 21, diciembre 2017

ISSN: 1995-9613

Fotografía: Onán Gutierrez

Atardecer en el departamento de Intibucá

Rectora

Julieta Castellanos

Vicerrectora Académica

Rutilia Calderón

Directora de Investigación Científica y Posgrado

Leticia Salomón

Dirección Conjunta

Leticia Salomón

Nitzia Janine Vásquez

Lesbia Buitrago

Iving Zelaya

Consejo Editorial

Mirna Flores

Facultad de Ciencias Sociales

Javier Mejuto

Facultad de Ciencias Espaciales

Jackie Alger

Facultad de Ciencias Médicas

Edmundo Orellana

Facultad de Ciencias Jurídicas

Roberto Avalos

Facultad de Ingeniería

América Alvarado

Facultad de Odontología

Ana Arévalo

Facultad de Química y Farmacia

Lilian Ferrufino

Facultad de Ciencias

Manuel Flores

Facultad de Ciencias Económicas

Edición y diagramación:

Departamento de Documentación e Información

Nitzia Janine Vásquez

Dirección

Johann Juárez Gallardo

Diagramación

La Dirección de Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) es la instancia normativa del Sistema de Investigación Científica encargada de velar por la aplicación de políticas, planes, programas, proyectos y acciones destinados al desarrollo de la investigación científica con calidad.

Edificio Alma Máter, quinto piso, Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, Honduras.

001 Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Un38 Dirección de Investigación Científica y Posgrado.
C.H. Ciencia y Tecnología, No. 21, diciembre 2017 / Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Dirección de Investigación Científica y Posgrado.-- [Tegucigalpa]: [s. i], [2017] 264 p.: Ilustraciones, cuadros

ISBN: 978-99926-803-0-4

1.- INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.

Esta es una publicación bianual de la Dirección de la Investigación Científica y Posgrado.

El contenido de cada artículo es responsabilidad de su autor.

La suscripción de esta publicación es gratuita, solamente se cobrará el costo del envío.

Contenido

Tema central

El modelo secuencial en el análisis de políticas públicas: el caso de la política pública en investigación científica y tecnológica de la UNAH

Jorge Edgardo Amador

3

Dialógo abierto

La política pública en investigación científica y tecnológica de la UNAH

Lourdes Enríquez, Rafael Corrales

19

Diversidad temática

Área Ciencias Biológicas y de la Salud

Competencias de manipuladores de alimentos de Comayagua, Siguatepeque y La Paz, febrero a junio 2016

Arnold Houghton , Gustavo Suazo, Gustavo Pérez , Luis Obando

29

Variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia de cianobacterias del Lago de Yojoa (2014-2015)

Alba Isbela Hernández Oviedo, Mirna Marin

47

Flora del Parque Arqueológico de Copán, Honduras

Lilian Ferrufino Acosta, German Sandoval, Olvin Oyuela

71

Ausencia de infecciones asintomáticas de malaria en una región endémica de Honduras

Gustavo Fontecha, Lino Carmenate, Joel García, Brian Erazo, Juan Amador, Nestor Yanes
Isis Buezo, Fabiola Martel, Mariela Carrasco

90

Prácticas de higiene bucal en escolares del Municipio de “San Ignacio de Loyola”, Francisco Morazán

Carmen Gutiérrez Andrade, Miguel Flores Girón, Ernesto Jiménez Aguilar

101

Área Económico Administrativa

Percepciones de servicios y productos de la librería de la UNAH en Tegucigalpa, 2016

Reina Lovo, Fernando Flores, Lucy Gómez

117

Área Físico Matemático

Erosión hídrica en suelos de laderas cultivadas con café sin sombra, en Copán Honduras

Juan Manuel López Guevara

135

Efecto bactericida del clavo de olor, canela y benzoato de sodio en la conservación del mango haden y melón

Juan Alexander Torres Mejía, Elyn Antonieta Romero, Maribel Medina Barahona

152

Elaborar modelos hidrológicos al alcance de estudiantes universitarios

Roberto Fredy Avalos Lingan

177

Arqueoastronomía en el Sitio Arqueológico de Yarumela

Josué Erubel Ramos Castro

194

Ensayo

Innovación y Transferencia Tecnológica: Desafíos en la UNAH

Fernando José Zorto Aguilera

215

Notas informativas

Criterios para la publicación en la revista Ciencia y Tecnología

255



Tema
Central

El modelo secuencial en el análisis de políticas públicas: el caso de la política pública en investigación científica y tecnológica de la UNAH

Jorge Edgardo Amador ¹

INTRODUCCIÓN

El 12 de febrero del 2005 se publica en el Diario oficial La Gaceta la nueva ley orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, la cual fue concebida como un punto de partido para alcanzar una reforma integral a una Universidad Nacional que necesitaba potenciarse para mantener su liderazgo en el contexto nacional e internacional tal como lo manda el artículo 160 de la Constitución Política de Honduras.

Tal como lo señala Olvin Rodríguez, ex presidente de la Junta de Dirección Universitaria en una columna del Diario El Heraldo (s.f.) denominada “Algunas causas de la crisis en la UNAH”, expone que una de ellas priorizándola ante las demás es la legitimidad del gobierno universitario:

“Hay que ponderar que antes del 2004 la UNAH ya tocaba fondo. Una Ley Orgánica que concentraba el poder en la Rectoría y unas autoridades, frentes estudiantiles y dirigencia del SITRAUNAH, en una especie de cofradía, usufructuaban la institución y la llevaron al desastre; el gobierno universitario coludido, cedió la responsabilidad de dirección, gestión y conducción al sindicato, al grado que no se sabía dónde empezaba la responsabilidad del gobierno universitario”.

Esta causa, y debido a la magnitud y responsabilidad constitucional que representa la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, el Congreso Nacional de la Republica, determino que se requería un nuevo instrumento normativo que contrarrestara las debilidades de los instrumentos anteriores: más que una simple ley se comienza la construcción de nuevas instituciones en la UNAH. El artículo 61 de la Ley Orgánica de la UNAH promulga “Crease la Comisión de Transición para asegurar la reforma institucional integral de la UNAH, la organización de la nueva estructura universitaria, la instalación del nuevo gobierno universitario y, en general, la pronta y correcta aplicación de esta Ley”. Como parte de este mandado que arguye la Ley, parte de la nueva estructura universitaria y del nuevo gobierno universitario es el sistema de investigación científica y tecnológica de la UNAH.

¹ Profesor de la Dirección de Investigación Científica y Posgrado, UNAH: edgardo_honduras@hotmail.com

Por instituciones entenderemos lo expuesto por Medrano (2000) como “la acción y el efecto de instituir o institucionalizar, esto es, fundar y establecer con firmeza” (pág. 67), una de estas instituciones es la reconstrucción de la función básica universitaria: la investigación científica. La Comisión de Transición institucionaliza y reivindica la función básica de la investigación científica en el Plan General para la Reforma Integral de la Universidad emitido en el año 2005, identificando y describiendo las áreas e indicadores de crisis, en este caso solo se enfatizan las que corresponden a la función de investigación. Como quinta área de crisis descrita en el Plan General de la Reforma Integral de la Universidad, se encuentra la “Producción de pensamiento, de liderazgo social y de identidad nacional”, desagregado en indicadores, los que corresponden a este tema son: a) la producción de conocimiento original, patentable, de carácter universal o bien orientado a la solución de problemas nacionales no ha sido atendida con prioridad y, b) la presencia de la Universidad como voz intelectual y científica de la nación se ha venido reduciendo paulatinamente a lo largo de los últimos años. (Comisión de Transición UNAH , 2005)

Esta área en crisis e indicadores requerían de la construcción y propuesta de un objetivo general que condujera el quehacer para mejorar tal crisis, por ello de los cinco objetivos generales que guiaron el Plan General de la Reforma Integral de la Universidad, uno corresponde a la función de la investigación científica, expresando y proponiendo “Contar en la UNAH con un sistema de investigación científica que contribuya al abordaje y superación de los grandes problemas nacionales, a democratizar el saber y a insertar positivamente a Honduras en la red mundial de producción, divulgación y gestión del conocimiento y de la información”. (Comisión de Transición UNAH , 2005)

De los objetivos generales se desarrollan áreas pragmáticas y componentes de la reforma, atribuyendo la segunda área pragmática a la investigación y conocimiento. Esta área pragmática tuvo como objetivo general: “Desarrollar en la UNAH una capacidad científica endógena y de divulgación del conocimiento y de la técnica, en el marco de las posibilidades institucionales y del país, a fin de ayudar a Honduras a alcanzar un nivel mayor en Ciencia y Tecnología” (Comisión de Transición UNAH , 2005, pág. 62); este objetivo general del área pragmática fue acompañado de un objetivo estratégico, proponiendo: “Desarrollar interés, compromiso y capacidad de investigación en la comunidad universitaria, en áreas temáticas claves para el desarrollo hondureño; y lograr una inversión acorde con los requerimientos del desarrollo del sistema de investigación universitario” (Comisión de Transición UNAH , 2005, pág. 62).

Tabla 1. Indicadores de impacto y resultados esperados del área pragmática y componentes de Investigación y conocimiento del Plan General de la Reforma Integral de la Universidad 2005

| Indicadores de impacto | Resultados esperados al 2007 |
|--|--|
| Implementación del Sistema de Investigación Científica de la UNAH, con un conjunto de políticas, estrategias, procesos y proyectos relacionados entre sí y vinculados con las necesidades del desarrollo nacional, local y regional e integrado al sistema nacional de ciencia y tecnología. | Funcionando con calidad y pertinencia el sistema de investigación de la UNAH, apoyado en un sistema de incentivos para la investigación y articulado con el sistema nacional de ciencia y tecnología. |
| En funcionamiento un Sistemas de Incentivos para la investigación | En ejecución proyecto de equipamiento en apoyo al sistema de investigación de la UNAH. |
| La catetra de Estudios de la Realidad Nacional creada y en funcionamiento, con apoyo de la UNESCO | Desarrollándose la catetra de la realidad nacional en Tegucigalpa y en los Centros Universitarios Regionales |
| Eje de educación en investigación integrado en los planes de estudio de todas las carreras de la UNAH. | Implementándose el eje de educación en investigación en todas las carreras de la UNAH, como un componente de la reforma curricular. |
| Vinculación permanente, planificada y sostenida de la UNAH con el sector productivo para definir líneas de investigación prioritarias. | Aprobada por la cooperación internacional y con financiamiento del sector productivo nacional una cartera de proyectos de investigación en áreas prioritarias para el desarrollo del país y el combate a la pobreza. |
| En ejecución cartera de proyectos de investigación con el apoyo de organizaciones de cooperación y países amigos. | |
| Academia de Ciencias de la UNAH creada y en funcionamiento. | Diseñada de forma concertada la propuesta de creación de la Academia de Ciencias de la UNAH. |
| Instituto de Investigación Educativa creado y en funcionamiento | |
| Instituto de Investigaciones en Ciencias de la tierra en funcionamiento | Elaborada la propuesta de creación del instituto de investigaciones en Ciencias de la Tierra |
| Programa de re vinculación de científicos hondureños en el exterior diseñado y en funcionamiento, con el apoyo de la UNESCO | |
| Programa de certificación de investigadores creado y en funcionamiento | |
| Carrera de investigador universitario implementada | |
| Participación de la UNAH en proyectos de investigación colaborativos y multicéntricos | |
| La editorial universitaria reorientada y apoyada para que sustente la estrategia de divulgación del conocimiento generado en la UNAH a nivel nacional e internacional. | En ejecución proyecto de fortalecimiento de la Editorial Universitaria |

Fuente: (Comisión de Transición UNAH , 2005)

El modelo secuencial para el análisis de políticas públicas

El modelo secuencial junto al neo institucionalismo, la internacionalización de políticas públicas y al método cognitivo son un conjunto de enfoques que tienen una aplicabilidad desde la visión estatal, por ello se determinó la coyuntura de aplicar dicho modelo a la política de investigación científica y tecnológica de la UNAH. El modelo secuencial fue concebido por Lasswell (1956) y Almond & Powell (1966) en *The decision process: seven categories of functional analysis* y *Comparative politics: a developmental approach* respectivamente, teniendo como idea principal que la “política es un proceso que se desenvuelve por etapas, cada una posee sus actores, restricciones, decisiones, desarrollos, resultados propios, y se influyen mutuamente” (Pallavicini, 2016, pág. 3).

Por lo cual el modelo secuencial es conceptualizado por Peters (1992) citado en Estévez & Esper (2009, pág. 77) como:

“un modelo genérico para la comprensión de políticas públicas, cuyo eje central es la idea de que la hechura de las políticas públicas (policy – making) se inicia con una fase de identificación del problema y, luego, atraviesa una serie de etapas que se espera concluyan en una evaluación, a partir de la cual podría tener lugar una reformulación y reinicio de la misma”

El modelo secuencial se sostiene en trece supuestos que pueden ser aplicados en su totalidad o de manera parcial según lo dispuesto en el proceso de análisis de la política pública, Jones (1970) citado en Estévez & Esper (2009, pág. 78):

1. Los hechos en una sociedad son interpretados en forma variada por las diferentes personas y en múltiples momentos.
2. Muchos problemas pueden resultar a partir de un mismo hecho.
3. La gente goza de diferentes grados de acceso al proceso de las políticas en el gobierno.
4. No todos los problemas públicos son tenidos en cuenta por el gobierno.
5. Muchos problemas privados si son tenidos en cuenta por el gobierno.
6. No todos los problemas son resueltos por el gobierno si bien muchos son tenidos en cuenta.
7. Los hacedores de políticas no necesariamente se enfrentan con un problema determinado.
8. Buena parte de la decisión está basada pequeñas transformaciones y en comunicaciones pobres.
9. Los problemas y las demandas son constantemente definidos y redefinidos en el

proceso de las políticas públicas.

10. En ocasiones, los hacedores de políticas definen los problemas de gente que no los han definido por sí misma.
11. Muchas políticas públicas son hechas sin haber definido claramente el problema que ocasiona.
12. Todo sistema político tiene un sesgo.
13. No existe un sistema político ideal independiente de las preferencias del arquitecto de dicho sistema.

Estos trece supuestos se agrupan en etapas de política pública, tal como lo muestra la ilustración 1, y posteriormente se detalla cómo cada una de las etapas propuestas por Jones (1970) se intercepta con funciones o actividades funcionales que el gobierno practica en relación a las políticas públicas.

Es de tal forma que la intercepción y como se muestra en la tabla 2, se distribuyen en tres grandes grupos, las actividades para el gobierno, las actividades para el sistema y las actividades que posteriormente se constituyen en productos.

Ilustración 1



Fuente Estévez & Esper (2009)

Aplicando el modelo secuencial en el Sistema de Investigación Científica y Tecnológica de la UNAH: la política de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación. UNAH 2015 - 2019

Antes de iniciar el análisis es necesario determinar ciertos aspectos. El primero determinar el órgano de gobierno. En este caso según lo descrito en la Ley Orgánica de la UNAH en su artículo 7, expone “el Consejo Universitario es el órgano máximo de dirección superior, responsable de concertar y generar las políticas y estrategias de la gestión universitaria, con visión de largo plazo, realizar contraloría social, evaluar y reorientar el cumplimiento de los objetivos transcendentales de la UNAH, velar por la transparencia, la autonomía universitaria y los intereses del Alma Mater...”

Tabla 2: Modelo secuencial y los output (productos)

| Actividades funcionales | Categorización para el gobierno | Categorización para el sistema | Productos |
|---|---|--|--|
| Percepción, definición, agregación, organización, representación, formulación | El problema para el gobierno el accionar dentro del gobierno | Identificación del problema Formulación | Demandas Encadenamiento de acciones |
| Legitimación | El gobierno hacia el problema | Legitimación | Política pública |
| Aplicación o administración | Implementación | Aplicación | Implementación o puesta en obra |
| Reacción o evaluación | La política pública para el gobierno | Evaluación | Recomendaciones |
| Resolución o conclusión | Problema resuelto o cambiado | | |

Fuente: Fuente Estévez & Esper (2009)

También es de aclarar que el sistema de investigación científica y tecnológica de la UNAH es creado mediante el Reglamento del Sistema de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras en el artículo 3, teniendo una estructura organizacional constituida por capas, y siendo su máximo órgano de conducción, coordinación, seguimiento y evaluación el Consejo General de Investigación Científica.

Después de revisar las funciones descritas en ambos documentos normativos, se define que el Consejo Universitario de la UNAH es el órgano de gobierno que legisla exclusivamente, a pesar de que el mismo (Consejo Universitario) ha delegado en el Consejo General de Investigación Científica ciertas funciones legislativas de primera instancia, este actúa como el órgano ejecutivo de gobierno del sistema de investigación científica y tecnológica de la UNAH. Una vez determinado los órganos de gobierno del sistema, es requerido definir cuáles son los supuestos del modelo secuencial que se aplican en este caso:

1. Los hechos en una sociedad son interpretados en forma variada por las diferentes personas y en múltiples momentos.
2. Muchos problemas pueden resultar a partir de un mismo hecho.
3. La gente goza de diferentes grados de acceso al proceso de las políticas en el gobierno.
4. Los problemas y las demandas son constantemente definidos y redefinidos en el proceso de las políticas públicas.
5. No existe un sistema político ideal independiente de las preferencias del arquitecto de dicho sistema.

En el primer supuesto: “Los hechos en una sociedad son interpretados en forma variada por las diferentes personas y en múltiples momentos”, se evidencia fácilmente en la postura de la Comisión de Transición plasmado en el Plan General de la Reforma Integral de la Universidad en los resultados esperados al 2007, todos ellos son productos esperados a corto plazo, sin embargo, no se prevé la construcción de “instituciones” que a largo plazo es lo que puede y da sostenibilidad a los sistemas. ¿Servirá de mucho contar con ejes de educación en investigación en todas sus carreras o institutos de investigación sin profesores formados en investigación y que realicen investigación?, ¿plantear un sistema de incentivos asegura que los profesores universitarios investiguen en sus distintas disciplinas?

El primer supuesto del modelo secuencial se da por hecho en el caso de la política de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación de la UNAH, debido a que

en dos momentos históricos distintos los hechos fueron interpretados de distinta manera: en un primero era necesario que se concretaran tareas que pudiesen evidenciar un trabajo a favor de la investigación científica como función básica, y en un segundo momento se interpretó la necesidad de dar sostenibilidad al sistema a través de la construcción de instituciones. Si se realiza un balance de lo planificado por la Comisión de Transición en 2006 y los resultados obtenidos en estos diez años pueden resumirse que existen resultados intermedios o capacidades intermedias que serían requeridas para llegar al resultado final.

Tabla 3. Productos intermedios en la planificación en investigación por la Comisión de Transición UNAH 2005

| Indicadores de impacto | Resultados esperados al 2007 | Análisis situacional |
|--|---|---|
| Implementación del Sistema de Investigación Científica de la UNAH, con un conjunto de políticas, estrategias, procesos y proyectos relacionados entre sí y vinculados con las necesidades del desarrollo nacional, local y regional e integrado al sistema nacional de ciencia y tecnología. | Funcionando con calidad y pertinencia el sistema de investigación de la UNAH, apoyado en un sistema de incentivos para la investigación y articulado con el sistema nacional de ciencia y tecnología. En ejecución proyecto de equipamiento en apoyo al sistema de investigación de la UNAH. | Se inicia con la arquitectura del sistema: la estructura de la organización y la aprobación por el órgano legislativo de la UNAH, el Consejo Universitario. Para determinar un sistema de incentivos se hizo necesario, la construcción de una clasificación según actividad investigativa, la construcción de la política pública perse y la redefinición del órgano gestor de la política pública. |
| En funcionamiento un Sistemas de Incentivos para la investigación | | |
| La cátedra de Estudios de la Realidad Nacional creada y en funcionamiento, con apoyo de la UNESCO | Desarrollándose la cátedra de la realidad nacional en Tegucigalpa y en los Centros Universitarios Regionales | Están en proceso de autoevaluación y rediseño de carreras de grado, es competencia de la Dirección de Docencia. |
| Eje de educación en investigación integrado en los planes de estudio de todas las carreras de la UNAH. | Implementándose el eje de educación en investigación en todas las carreras de la UNAH, como un componente de la reforma curricular. | Se acompaña a las comisiones curriculares, sin embargo no depende directamente de la DICYP, |
| Vinculación permanente, planificada y sostenida de la UNAH con el sector productivo para definir líneas de investigación prioritarias. | Aprobada por la cooperación internacional y con financiamiento del sector productivo nacional una cartera de proyectos de investigación en áreas prioritarias para el desarrollo del país y el combate a la pobreza. | Tales funciones fueron delegadas a la Vicerrectoría de Relaciones Internacionales, la DICYP solo realiza los acercamientos técnico metodológicos |
| En ejecución cartera de proyectos de investigación con el apoyo de organizaciones de cooperación y países amigos. | | |
| Academia de Ciencias de la UNAH creada y en funcionamiento. | Diseñada de forma concertada la propuesta de creación de la Academia de Ciencias de la UNAH. | Sin avances |

| Indicadores de impacto | Resultados esperados al 2007 | Análisis situacional |
|--|--|--|
| Instituto de Investigación Educativa creado y en funcionamiento | | Los institutos de investigación deberán cumplir con los requerimientos estatuarios aprobados por el órgano legislativo, uno es contar con profesores investigadores y hasta el momento la facultad que corresponde su dirección carece de ellos. |
| Instituto de Investigaciones en Ciencias de la tierra en funcionamiento | Elaborada la propuesta de creación del instituto de investigaciones en Ciencias de la Tierra | Instituto creado y en funcionamiento |
| Programa de re vinculación de científicos hondureños en el exterior diseñado y en funcionamiento, con el apoyo de la UNESCO | | Sin avances |
| Programa de certificación de investigadores creado y en funcionamiento | | Aprobación del procedimiento de clasificación de profesores investigadores, en ejecución |
| Carrera de investigador universitario implementada | | Sin avances |
| Participación de la UNAH en proyectos de investigación colaborativos y multicéntricos | | Se vincula con organizaciones estatales, productivas y sociales |
| La editorial universitaria reorientada y apoyada para que sustente la estrategia de divulgación del conocimiento generado en la UNAH a nivel nacional e internacional. | En ejecución proyecto de fortalecimiento de la Editorial Universitaria | No depende directamente de la DICYP |

Fuente: (Comisión de Transición UNAH , 2005)

El segundo supuesto que analizamos es “Muchos problemas pueden resultar a partir de un mismo hecho”, sin duda el mayor problema de la UNAH tal como lo denuncia Olvin Rodríguez es la legitimidad del gobierno universitario, que incluía la concentración del poder en ciertas figuras, muchas de ellas en órganos unipersonales. Es por ello que se fortalece el gobierno universitario para darle legitimidad, desconcentrando y descentralizando funciones, dividiendo las funciones legislativas y ejecutivas en los sistemas para darle celeridad a las demandas sociales tal cual está sucediendo; sin embargo es evidente que las viejas prácticas institucionalizadas se resisten a desaparecer.

El sistema de investigación científica y tecnológica de la UNAH posee un gobierno jerárquico, esto significa por distintas capas que responden a un órgano máximo de

conducción pero que este mismo delega en funciones ejecutivas y solo se convierte en un órgano de dirección y control, no ejecutor, con el fin de que la legitimidad de su accionar sea cercano a sus miembros.

El supuesto “La gente goza de diferentes grados de acceso al proceso de las políticas en el gobierno”, define un rumbo en la construcción de una política pública, en este caso la política pública en investigación científica de la UNAH, la cual su construcción se basa en el principio de la igualdad no la equidad, ya que para el gobierno del sistema de investigación científica y tecnológica sus miembros poseen el mismo acceso a los beneficios de la política pública, diferenciando los niveles de capacidades para acceder a ellos, teniendo como premisa que todos sus miembros pueden alcanzar esa misma capacidad.

Por lo cual la política pública en investigación científica y tecnológica es una política regulatoria distributiva. Planificando y desarrollando acciones y estrategias para aquellos segmentos de miembros que requieren fortalecer sus capacidades para acceder a los beneficios de la política pública, esto como un democratizador de la política pública.

Los distintos accesos que tiene la población meta (la comunidad universitaria) a la política pública en investigación científica de la UNAH se enmarcan en acciones de política derivadas de los ejes de política pública, como se afirma anteriormente la política pública en investigación científica de la UNAH se construyó basado en el principio de igualdad con el fin de democratizar el sistema.

“Los problemas y las demandas son constantemente definidos y redefinidos en el proceso de las políticas públicas”. Este supuesto se lleva a todo lo largo de la política pública, ya que desde que la Comisión de Transición nombra como Directora de Investigación Científica a la profesora Leticia Salomón en 2006, quien hasta la fecha ha dirigido varios procesos de definición y redefinición de la política pública, teniendo distintos cortes en el tiempo.

Si bien una política pública va más allá de una norma, para las organizaciones anárquicas como son las universidades, las normas son requeridas para evitar contratiempos, dificultades, rezagos y otros. Es por ello que tal como lo muestra la ilustración 2, se han consensado, aprobado y publicado normas que construyen instituciones además de la redefinición de algunas de ellas basados en el primer supuesto del modelo secuencial.

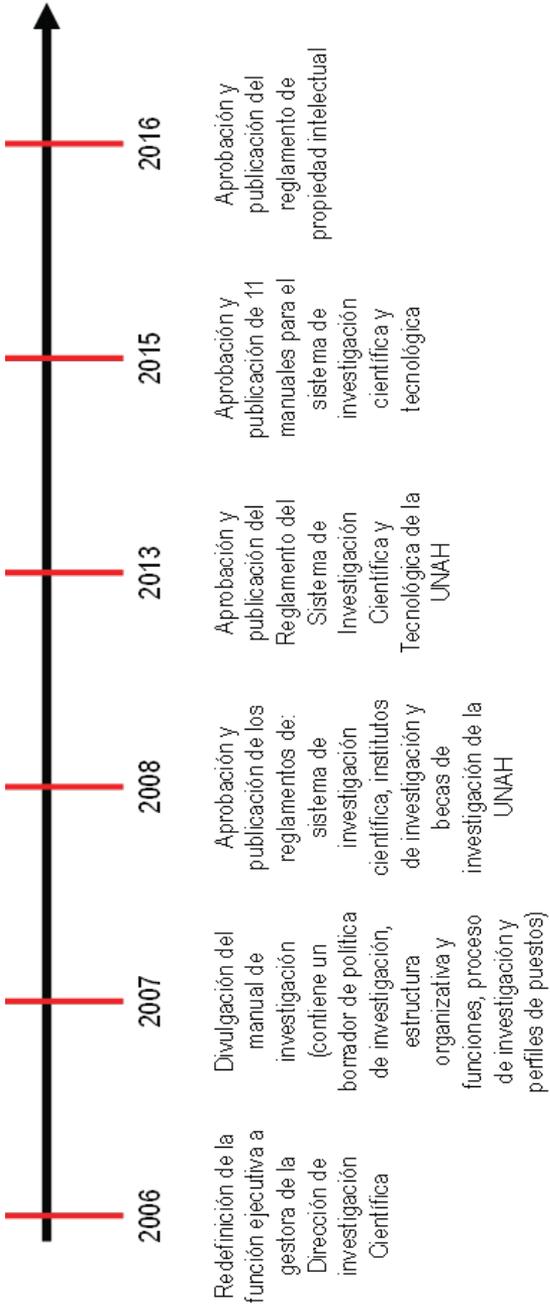
Tabla 4: Acciones de la política pública en investigación científica de la UNAH

| Eje de política | Acciones de política | Segmento poblacional que se pretende fortalecer |
|---|---|---|
| Fomento a la investigación científica | Fondos concursables para realizar investigación | Profesores y estudiantes |
| | Incentivos sociales y económicos por actividad investigadora (premios) | Profesores y estudiantes |
| | Reconocimiento de tiempo efectivo para desarrollar investigación | Profesores |
| | Fondos para la divulgación de resultados de investigación en eventos científicos internacionales | Profesores |
| | Fondos concursables para desarrollo de gestión de la investigación del gobierno del sistema | Gobierno del sistema |
| Publicación, difusión y comunicación | Espacios internos para la publicación de resultados de investigación (revistas, boletines, periódicos) | Profesores y estudiantes |
| | Espacios internos para la divulgación de resultados de investigación (congresos) | Profesores y estudiantes |
| | Reconocimiento y clasificación según resultados de actividad investigativa (catálogo de profesores investigadores con publicaciones efectuadas) | Profesores |
| Protección de resultados de investigación | Registro de marcas, derechos de autor y derechos de propiedad industrial | Profesores |
| Capacitación en investigación | Formación permanente en metodología de investigación (diplomados, cursos, inducciones y socializaciones) | Profesores y estudiantes |
| Gestión de la investigación | Reuniones programadas de evaluación de avances en la implementación de la política pública en las distintas capas del gobierno del sistema | Gobierno del sistema |
| | Promoción del fortalecimiento de la estructura organizacional del gobierno del sistema | Facultades y Centros Universitarios Regionales |

El último supuesto en esta ocasión es “No existe un sistema político ideal independiente de las preferencias del arquitecto de dicho sistema”, es por ello que la constancia en los cambios y ajustes que ha tenido la política pública en investigación de la UNAH son pertinentes, a pesar de que los indicadores que la Comisión de Transición planteo en el año 2006 no fueron cubiertos en su totalidad, porque en aquel momento histórico se desconocía con certeza la situación real de la investigación científica y la gestión de la investigación en la Universidad.

Posteriormente la Rectoría de la UNAH, decidió junto a la Vicerrectoría Académica, quien por mandato estatuario corresponde la dirección de los sistemas académicos, fusionar las Direcciones de Investigación Científica y del Sistema de Estudios de Posgrado, en un órgano gestor fortalecido que tuviese las facultades de potenciar ambos sistemas en un marco de cooperación y no de subordinación.

Ilustración 2: Definición y redefinición de instituciones en el sistema de investigación científica y tecnológica



Fuente: Construcción propia con referentes de la DICYP

Es así como se constituye un único órgano gestor de la política pública en investigación científica y de los estudios de posgrado, denominada como dirección de investigación científica y posgrado, manteniendo la independencia de los sistemas pero logrando que las intercepciones entre ellos sean pronunciadas.

CONCLUSIONES

Si bien, se contempla en el análisis que la política pública en investigación científica de la UNAH ha tenido una implementación sin shocks (solo los suscitados en el país, como el golpe de Estado en 2009 y la crisis financiera en 2008) que pudieran repercutir en cambios de política pública agresivos, coaliciones promotoras divergentes en la implementación, o problemas de financiación debido a que su fuente es procedente del erario público, eso afirma que dicha política pública goza de un compromiso de todos los miembros de la comunidad universitaria.

La legitimidad del gobierno del sistema es considerable, ya que son miembros del mismo sistema quienes lo conforman y tienen las atribuciones estatutarias para la construcción y modificación de la política pública, esto es una fortaleza, a pesar que la etapa de la formulación de la política pública y las alternativas de solución al problema público fueron construidas en un momento histórico de mucha conflictividad y no en las mejores condiciones del contexto, debido a que el periodo de mandato de la Comisión de Transición era moderadamente corto.

Aunque no se concluyeron con las tareas encomendadas por la Comisión de Transición planteadas en el 2005 en el Plan General de la Reforma Integral de la UNAH, se desarrollaron acciones de política encaminadas a tales productos, procurando la sostenibilidad de las mismas.

Se han focalizado los esfuerzos de política en fortalecer el gobierno del sistema y “democratizar” el acceso a los beneficios de las acciones de política, más que en la expansión del sistema en sí, podría decirse que antes del desarrollo del sistema se ha considerado su fortalecimiento. Se deberá en todo sentida afianzar las acciones de política como la carrera de profesor investigador para proseguir con las acciones subyacentes a la misma.

Vincular la editorial universitaria y el sistema bibliotecario es una tarea fundamental y esta pendiente, no solo fortalecer los mismos de manera independiente sino tal, como

se vincularon los sistemas de investigación científica y del sistema de estudios de posgrado, es necesario vincular el sistema editorial y sistema bibliotecario con los dos anteriores, su potenciación sería creciente y se aprovecharía al máximo los pocos recursos financieros con que cuenta la Universidad para la gestión académica en los cuatro sistemas en mención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.elheraldo.hn/opinion/columnas/988888-469/algunas-causas-de-la-crisis-en-la-unah>
Comisión de Transición UNAH . (2005). *Plan General de la Reforma Integral de la Universidad* . Tegucigalpa .



Diálogo
Abierto

La política pública en investigación científica y tecnológica de la UNAH

Lourdes Enríquez¹

Rafael Corrales²

CT/ ¿De qué manera considera que la política de investigación científica y tecnológica de la UNAH otorga beneficios e incentivos a los investigadores?

LE/ La Política de investigación científica y tecnológica de la universidad es una herramienta fundamental para el desarrollo de la investigación en la institución, porque establece los lineamientos, las bases y las directrices sobre las cuales debemos desarrollar la investigación en la institución, y eso, desde toda perspectiva, fortalece a los investigadores, fortalece el proceso de investigación y las instancias de investigación.

RC/ Tanto los beneficios como incentivos se pueden medir a través de los 5 ejes orientadores, si hablamos de incentivos, la política provee el acceso a la protección de los resultados de investigación, así como a la accesibilidad de patentes, para conocer hasta donde se ha avanzado en una línea específica de investigación, dando pauta de las tendencias de la ciencia; Capacitación en investigación, la cual cuenta con diferentes medios de formación no formal en temas de investigación científica y también con el eje orientador de Publicación, difusión y comunicación, donde se permite escribir y divulgar los resultados científicos en una completa plataforma de comunicación científica.

Por otro lado, el mayor incentivo se logra integrando la investigación científica a la asignación académica del personal docente de la institución, lo que permite que cada vez más personal tenga acceso a desarrollar proyectos de investigación, esto genera que el eje orientador de Fomento de la investigación, sea aprovechado concursando a becas de investigación y aplicando a premios de investigación, además de la Gestión de la investigación, la que permite la cooperación nacional e internación para potenciar las estrategias instituciones en investigación, desarrollo e innovación tecnológica.

¹ Profesora de la Maestría Académica en Enfermedades Infecciosas y Zoonóticas, Escuela de Microbiología, Facultad de Ciencias, UNAH: lourdes@unah.edu.hn

² Profesor de la Maestría de Ordenamiento y Gestión del Territorio, Facultad de Ciencias Espaciales, UNAH: corrales.rafael@gmail.com



Lourdes Enríquez

CT/ ¿Cómo considera que se puede afianzar, desde la política, la carrera de profesor investigador y la incidencia de este en la revisión de la misma política?

LE/ Creo que hace falta una revisión de la política desde la experiencia vivida a través del Instituto de Investigaciones en Microbiología y la tarea de adscribir investigadores y fortalecer la investigación. Es necesario fortalecer la carrera del investigador y desarrollar más estrategias que permitan la creación y generación de ideas, y que el intercambio entre las personas que les gusta y han decidido hacer investigación, porque no a todo el mundo le interesa o le gusta; sin embargo, necesitamos hacer ese salto cualitativo a lo que es un profesor investigador de la universidad con todas sus cualificaciones, proyectos de investigación, convenios nacionales e internacionales, y capacidad de gestión.

RC/ A través de la certificación como investigador activo (Catalogo de Investigadores de la UNAH), y/o con los diplomados de formación de docentes en métodos de investigación, con la estrategia de formar nuevos investigadores a través de becas especiales, generando un revelo y evitando que las líneas de investigación de la UNAH se fortalezcan y continúen desarrollándose.

CT/ ¿Cuál considera que es la importancia de que el Consejo General de Investigación se haya establecido como un órgano de dirección y control?

LE/ Ese debe ser el papel del Consejo, ser un ente que reúne las representaciones de las instancias de investigación y en él se discuten las políticas, los reglamentos, las propuestas y las metas de investigación que la institución ha fijado. En realidad, los ejecutores son las instancias de investigación que reúnen a los investigadores, tanto los grupos como los institutos, y es ahí donde se debe ejecutar la investigación. Me parece que el Consejo sí debe ser una guía para la gestión de las instancias de investigación.

RC/ Su importancia tiene que ver con la creación, regulación y modificación de los diferentes entes de gestión de la investigación dentro de la institución, así como velar por el buen funcionamiento de las mismas, entiéndase entes como Observatorios Universitarios, Institutos de Investigación, Grupos de Investigación y demás estructuras que provocan la generación de nuevo conocimiento de acuerdo con las necesidades de nuestra sociedad y su relación con las sociedades vecinas (regionalización).

CT/ La Dirección de Investigación Científica y Posgrado, que en el Consejo General de Investigación tiene una función secretarial, también organiza la gestión de los posgrados. ¿Cómo esta fusión de unidades gestión ayuda a potenciar ambos sistemas?

LE/ Hemos visto en los últimos años cómo, a partir de la reforma, la dirección ha tenido ese papel importantísimo en organizar los grupos de investigación, que en la universidad se ven como las estructura donde se desarrolla organizadamente la investigación y han contribuido a crear esa cultura de investigación y el enlace con la docencia y la investigación, motivando y enseñando a cumplir las funciones universitarias fundamentales: docencia, vinculación e investigación. Desde esa perspectiva, creo que la dirección está conduciendo ese proceso y ha permitido definir cuál es el papel de cada estructura dentro de la universidad.

RC/ La DICyP al actuar como secretaría ejecutiva, potencia que las nuevas normas académicas de la universidad se cumplan, al avalar la definición de las carreras de posgrado como profesionalizantes o académicas, y en el caso de estas últimas, velar porque se cumplan las expectativas de contenido y producción en investigación científica, con trabajos de tesis que generen y estimulen la escritura científica (artículos científicos publicables). Así mismo, que los trabajos de investigación requisito de graduación (Tesis), sean trabajos inéditos, pertinentes e innovadores y que aborden la problemática de la sociedad con un enfoque multiescalar. (local, nacional, regional e internacional).

CT/ Desde la instancia que usted representa en el Consejo General de Investigación, ¿qué elementos considera que podrían ser incorporados en una futura revisión de la Política de investigación científica y tecnológica para el fortalecimiento del SICYT?

LE/ Desde la perspectiva del instituto de investigaciones en microbiología, necesitamos fortalecer más, necesitamos más acompañamiento en el tema de la gestión de investigación, y sobre todo, en la accesibilidad a fondos, a conocer otras fuentes de investigación. Creo que es también es bien importante fortalecer a los investigadores en el tema de escritura de propuestas de investigación y la gestión, acercar un poco más la gestión administrativa hacia lo que significa hacer investigación, que no es un tema de horario, ni un tema de producto de una semana, la investigación desarrollada con el método científico y los cánones y estándares internacionales es un proceso, en el cual hay que desarrollar muchas actividades y requieren un apoyo un poco más a largo plazo. El tema de apoyo para las publicaciones, el pago que en algunas ocasiones se debe hacer para publicaciones internacionales, y eso es todavía un poco difícil administrativamente. Hay muchos aspectos administrativos que se pueden mejorar alrededor de una investigación debidamente desarrollada.

RC/ Considero que comenzar a trabajar en activar las incubadoras de proyectos, o las Spin-Off, dentro de los Grupos de Investigación, sobre todo para las áreas empresariales o de tecnologías de innovación, garantizando la protección y autoría compartida de los recursos (Empresa-UNAH) que se pudieran generar, fortaleciendo el proceso de patentes de la institución. De esta manera, se puede dar un acompañamiento a las nuevas iniciativas, generar investigación pura y aplicada, combinada con prácticas de emprendedurismo empresarial.

Otro elemento que no se ha aprovechado y que se encuentra como figura de

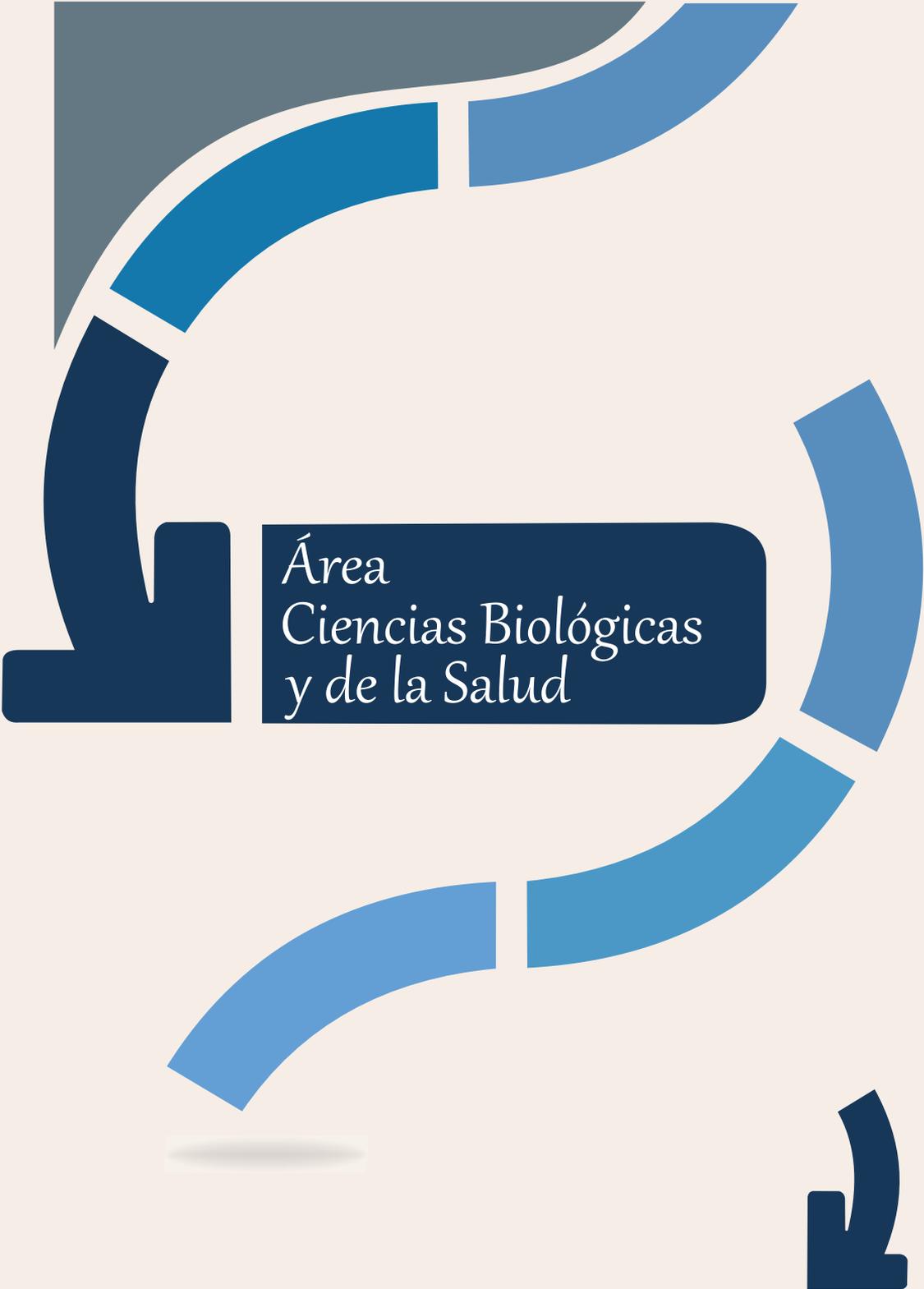
investigación en la política son las Redes de Investigadores (nacionales e Internacionales), las que podrían ser una plataforma amplia para trabajos a gran escala con temas de investigación regionales y con acceso a financiamiento por entes externos que apoyan el desarrollo de la ciencia.



Rafael Corrales



*Diversidad
Temática*



Área
Ciencias Biológicas
y de la Salud

Competencias de manipuladores de alimentos de Comayagua, Siguatepeque y La Paz, febrero a junio 2016

Arnold Enrique Houghton Cuevas ¹
Gustavo Enrique Suazo Argeñal ²
Gustavo Enrique Pérez Gonzales ³
Luis Magin Obando Andrade ⁴

RESUMEN

El objetivo del estudio fue el de caracterizar las competencias de los manipuladores de alimentos de los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz en el periodo febrero a junio del 2016. El estudio es de tipo *descriptivo transversal* con el uso de las escalas tipo *Likert* para la medición de la actitud y habilidad sanitaria en los entrevistados. Se elaboraron preguntas que evaluaron el grado de apropiación de los conocimientos por esta población. La unidad de análisis son los manipuladores de alimentos de las vías públicas y estacionarios y de observación son los conocimientos, habilidades y actitudes, que tienen este grupo de la economía informal. La muestra se seleccionó mediante el *Muestreo Probabilístico Estratificado*, obteniéndose que el 94% de los manipuladores tuvieron conocimientos acertados, 90% de ellos, manifestaron Habilidades favorables y el 95% Actitudes favorables. Los procesos de capacitación enmarcados en los proyectos de vinculación realizados por el CURC en el abordaje de la educación sanitaria de los manipuladores de alimentos, han tenido un efecto positivo en el cambio de los conocimientos, habilidades y actitudes de las personas entrevistadas.

Palabras clave: *riesgo, prevención, educación sanitaria, manipulación de alimentos.*

¹ Beneficiario de una beca básica de investigación, DICYP UNAH. Profesor Dpto. Químico, Biológico y Salud. Centro Universitario Regional del Centro /UNAH: arnold.houghton@unah.edu.hn.

² Profesor de la Carrera Tecnología en Alimentos. Centro Universitario Regional del Centro / UNAH: gustavo.suazo@unah.edu.hn

³ Profesor del Dpto. Humanidades. Centro Universitario Regional del Centro / UNAH: perezgonzales-gustavoenrique@yahoo.com

⁴ Profesor del Dpto. de Matemáticas. Centro Universitario Regional del Centro / UNAH: luis.obando@unah.edu.hn

ABSTRACT

The purpose of this study was to characterize the competences of the food handlers of municipalities of Comayagua, Siguatepeque and La Paz in the period february to june 2016. The study was a cross cut *descriptive type* with the use of Likert scales to measure sanitary measures, attitude and ability of interviewed food handlers. In the interview, the questions evaluated the grade of appropriation of knowledge of this segment of the population. The unit of analysis were the stationary food handlers in public roads, and the observation was the *knowledge, attitude and ability* that the group had regarding informal economy. The sample was selected through *the probabilistic stratified sampling*, which resulting in 94% of food handlers had similar or equivalent knowledge, 90% of them expressed favorable ability and 95% showed favorable attitude. The health education and training processes, as part of the help to the community projects conducted by the CURC (university campus in Comayagua) had positive impact in the change of the knowledge, ability and attitude of the interviewed people

Keywords: *risk, risk perception, sanitary education, food handle.*

INTRODUCCIÓN

La salud pública congrega conocimientos oriundos de diferentes ciencias teóricas y de diferentes áreas aplicadas, involucrando el biológico, el humano y el social. La producción de ese conocimiento específico debería mejorar la calidad del cuidado y obtener mejores niveles de salud para los seres humanos.

En la investigación en salud, se usan técnicas de obtención de los datos que evocan procesos de la vida cotidiana contextualizados y que permiten avanzar en el conocimiento de los fenómenos que determina el estado de salud y de la enfermedad. En los momentos actuales de transformación de la salud pública hondureña se hace necesario enfatizar en todas aquellas acciones que promuevan adecuados estilos de vida y de trabajo de la población. (Furregato Ferreira. Antonia Regina, 2008)

Según Sladogma, la competencia es un conjunto identificable y evaluable de *conocimientos, actitudes, valores y habilidades* relacionadas entre sí que permiten el desempeño satisfactorio en situaciones reales de trabajo, según estándares utilizados en el área ocupacional.

Los *conocimientos*, experiencias, la influencia social, los *hábitos*, la autoconfianza, la motivación, las actitudes y las posibilidades de cambio han sido identificados como determinantes del comportamiento de la salud. Una teoría es que el conocimiento es necesario para influir en la actitud que conduce a cambios en la salud. (Laza Vasquez. C, 2012)

La propuesta de los estudios tipo CAP (Conocimientos, Actitudes y Practicas) plantea un acercamiento integral para entender los comportamientos con respecto a la salud de las personas a través de sus tres elementos; y sus resultados han sido base fundamental de los diagnósticos para la creación, ejecución y evaluación de programas sanitarios. Por lo anterior, esta investigación se propone mostrar y discutir algunas evidencias relacionadas con la utilidad de este tipo de trabajos en el área de educación en salud.

La morbilidad humana conocida como Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETAs), constituyen una afectación grave para la salud. De hecho, durante las últimas décadas, la mayoría de los países que cuentan con un sistema de registro de estas enfermedades, han informado aumentos significativos en la incidencia de las mismas. Este incremento, se ha asociado principalmente al incumplimiento de las

buenas prácticas de elaboración de alimentos. En ese sentido, es obvio que la responsabilidad primaria de la inocuidad de los alimentos recae en aquellos que producen, procesan y comercializan los alimentos, y es su obligación asegurar que estos sean inocuos. (Gonzales-Muñoz. Yuniske, 2012)

La mayoría de las enfermedades transmitidas por alimentos, está ligada a los precarios hábitos de higiene personal y domestica de los manipuladores, además de la higienización y control ambiental dentro de otros factores. Algunas maneras utilizadas para garantizar la calidad higiénico-sanitaria de los alimentos es través de la implementación de programas de educación continua a los manipuladores de alimentos y la realización semestral de exámenes coproparasitologicos de esos individuos, y el fortalecimiento del sistema de vigilancia sanitaria para la fiscalización de los alimentos ofrecidos a la población, incluido en la legislación adecuada. (Costa Nollar. Alexandre, 2005)

La presente investigación fue factible debido que tiene el insumo técnico de las intervenciones de la UNAH/CURC en la población manipuladora de alimento de los municipios seleccionados, de los cuales se han capacitado hasta el mes de Agosto 2014 un total de 1,063 personas (Fuente: informes finales de cada proyecto VUS). Se pretendió evaluar las competencias de estas personas y que tendrán un efecto importante en la salud pública de las poblaciones intervenidas.

La investigación que se desarrolló, pretendió evaluar el empoderamiento y los conocimientos que los manipuladores han recibido a través de los proyectos VUS ejecutados por la UNAH/CURC, que darán pie a la conformación de otros temas de investigación que conlleven a la evaluación del impacto en la morbi-mortalidad por las Enfermedades Transmitidas por Alimentos.

Honduras y específicamente el área geográfica de influencia del Centro Universitario Regional del Centro, no tiene estudios que identifiquen la educación sanitaria de los manipuladores de los alimentos en las vías públicas y estacionarios en torno a la protección, conservación e higiene de los mismos. Y por supuesto, no se conocen los impactos de los esfuerzos que las regiones sanitarias departamentales de Comayagua y La Paz, han hecho en ese sentido y claro, con las consecuencias importantes que tienen estos esfuerzos en la casuística de las enfermedades transmitidas por los alimentos que se atienden en los servicios de salud, ya sean públicos o privados.

MATERIALES Y METODO

El estudio es de tipo descriptivo transversal

El universo del presente proyecto de investigación, se conformó con los manipuladores de alimentos de la vía pública y estacionarios de los municipios de Comayagua, La Paz y Siguatepeque que han sido capacitados por los proyectos de vinculación UNAH-Sociedad que el CURC ha coordinado con las regiones sanitarias de los departamentos de Comayagua y La Paz en los períodos comprendidos de noviembre 2012, hasta agosto 2014.

La muestra se calculó utilizando el Muestreo Probabilístico Estratificado, utilizando las siguientes fórmulas para el cálculo de la misma:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 p_e q_e}{E^2} \text{ , (Formula no ajustada)}$$

Donde:

$Z_{\alpha/2}$: Es la precisión del intervalo de confianza, entre más largo más impreciso

p_e : Se refiere a la proporción esperada de elementos con la característica de interés en la población de estudio. Para el presente calculo, las variables $p_e = 50\%$ y $q_e = 1 - p_e = 50\%$, debido a que no hay información de la proporción de investigaciones anteriores, sobre este hecho

E: es el error absoluto de muestreo o precisión $|P-p|$, de ser asumido por el investigador y tratándose, de proporciones debe asignarse más o menos un 5%, diferencia entre la proporción verdadera y la esperada.

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}} \text{ , (Formula no ajustada)}$$

Donde:

N: es el número de la población

n' : es el número de la muestra sin ajustar

n : es el número de la muestra ajustada

Para el cálculo de la muestra se tomarán como parámetros que el error estándar sea del 5% y el nivel de confianza sea del 95%.

Tomando en cuenta que el Universo de 1,063 personas que manipulan alimentos en la vía pública y que han sido capacitados bajo el proceso de Vinculación UNAH-Sociedad, desde el mes de noviembre del año 2012, hasta el mes de agosto del 2014, tenemos la siguiente distribución:

Tabla 1. Distribución de los manipuladores por grupo etario en cada uno de los municipios a intervenir que forman parte del Universo y que han sido capacitados por el proyecto VUS/CURC-UNAH desde el III PAC 2012 al II PAC 2014

| Municipio | Manipulador Adolescente | | Manipulador Adulto | | Manipulador Adulto Mayor | | Total |
|--------------|-------------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------------|-----------|-------|
| | Femenino | Masculino | Femenino | Masculino | Femenino | Masculino | |
| Comayagua | 19 | 9 | 250 | 67 | 16 | 16 | 377 |
| Siguatepeque | 19 | 2 | 274 | 85 | 25 | 17 | 422 |
| La Paz | 8 | 2 | 207 | 35 | 5 | 7 | 264 |
| TOTAL | 46 | 13 | 731 | 187 | 46 | 40 | 1063 |

Fuente: Elaboración propia

De las formulas anteriores calculamos $n' = 384$ (Fórmula No.1) y se usa para calcular $n = 282$ que es el valor final de la muestra que tomaremos, pero luego la repartiremos en forma proporcional a cada municipio y a cada categoría de las que aparecen en la tabla 1.

Tomando en cuenta los resultados de la aplicación de la formula no ajustada (No.1) y ajustada (No.2), y el universo de los manipuladores seleccionados (1063), plantearemos que para encontrar la muestra del municipio de Comayagua, fue de 100 perso-

nas a entrevistar ($282/1063=x/377$). Para obtener, la muestra del municipio de Siguatepeque, la regla de tres planteada anteriormente, determinaría que serían 112 personas ($282/1063=x/422$). Y al hacerlo para el municipio de La Paz, esta resultaría de 70 personas ($282/1063=x/264$)

Tomando el cálculo proporcional realizado para determinar las personas a entrevistar por municipio, y teniendo en cuenta la distribución por grupo etario de la tabla 1 anterior y número total de aplicación de la fórmula ajustada (282), tuvimos la distribución, tal como se describe en la tabla que se presenta a continuación

Tabla 2. Distribución de los manipuladores por grupo etario en cada uno de los municipios intervenidos que formaron parte de la muestra seleccionada a través de la fórmula ajustada (No.2)

| Municipio | Manipulador Adolescente | | Manipulador Adulto | | Manipulador Adulto Mayor | | Total |
|--------------|-------------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------------|-----------|-------|
| | Femenino | Masculino | Femenino | Masculino | Femenino | Masculino | |
| Comayagua | 5 | 2 | 66 | 19 | 4 | 4 | 100 |
| Siguatepeque | 5 | 1 | 72 | 23 | 7 | 4 | 112 |
| La Paz | 2 | 1 | 55 | 9 | 1 | 2 | 70 |
| TOTAL | 12 | 4 | 193 | 51 | 12 | 10 | 282 |

Fuente: Elaboración propia

Los participantes fueron seleccionados en base a la conveniencia logística y de acceso a los lugares en donde tenían sus puestos de venta de alimentos, contando con la obtención del consentimiento informado verbal, para participar en el estudio mediante el llenado del instrumento de información elaborado para tal efecto.

Es de hacer notar que los grupos etarios que se identificaron en las tablas anteriores, corresponden a los rangos de edad que a continuación se determinan:

- manipulador adolescente: persona con menos de 20 años de edad.
- manipulador adulto: persona entre 20 y 60 años de edad.
- manipulador adulto mayor: persona con más de 60 años de edad.

La unidad de análisis de la presente investigación fueron los manipuladores de alimentos de las vías públicas y estacionarios y de observación son los conocimientos, habilidades y actitudes, que tienen este grupo de la economía informal en el

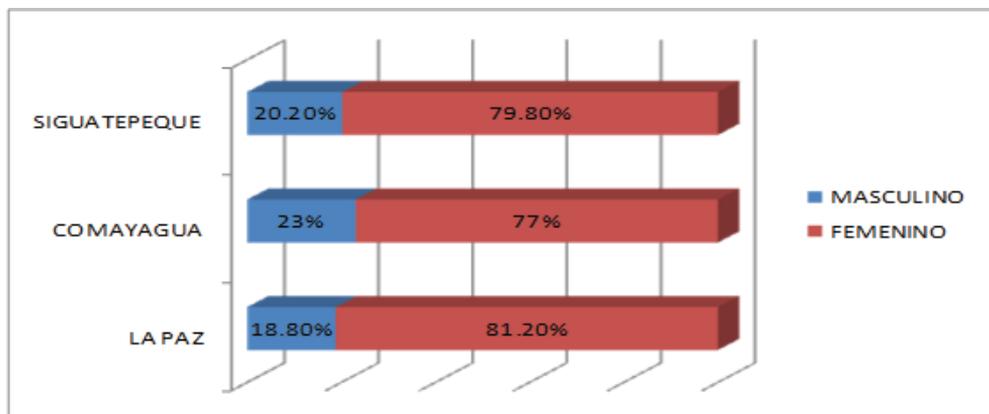
componente de protección, control e higiene de los alimentos. Se aplicará la técnica de la encuesta y el instrumento cuestionario con preguntas cerradas para medir los conocimientos, las habilidades y actitudes se harán con el método de escalamiento tipo *Likert*.

Se realizó la recolección de la información (muestra) de la población y se procedió a la tabulación, utilizando el software *Statistical Package for Social Science* versión 21.0 (SPSS). Se elaborarán tablas de frecuencia y gráfica, se utilizaron las medidas de tendencia central: media, mediana y moda.

Se cruzaron las variables y presentaron los datos en tablas de frecuencias, y gráficos con la respectiva lectura, posteriormente del análisis, se compararon los resultados con los fundamentos teóricos; y seguidamente la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

RESULTADOS

Gráfica 1. Distribución de los manipuladores de alimentos por sexo consultados de los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz

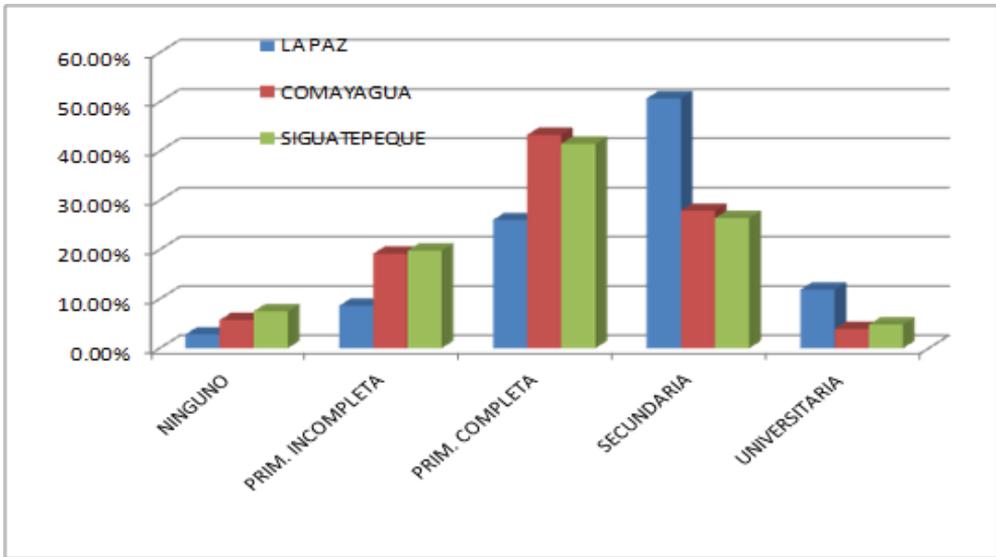


Fuente: Población encuestada

Se puede observar en el gráfico que una vez obtenida la muestra de 282 personas se identificó que el 79.3% de las personas de las ventas de alimentos en la vía pública de los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz son del sexo femenino. Con

ello se demuestra que la fuerza laboral y la salud de los que consumen productos en la vía pública o estacionaria en el componente actitudinal de la manipulación de alimentos y ventas de alimentos es predominantemente del sexo femenino.

Gráfica 2. Distribución de los manipuladores de alimentos por grado de escolaridad consultados en los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz



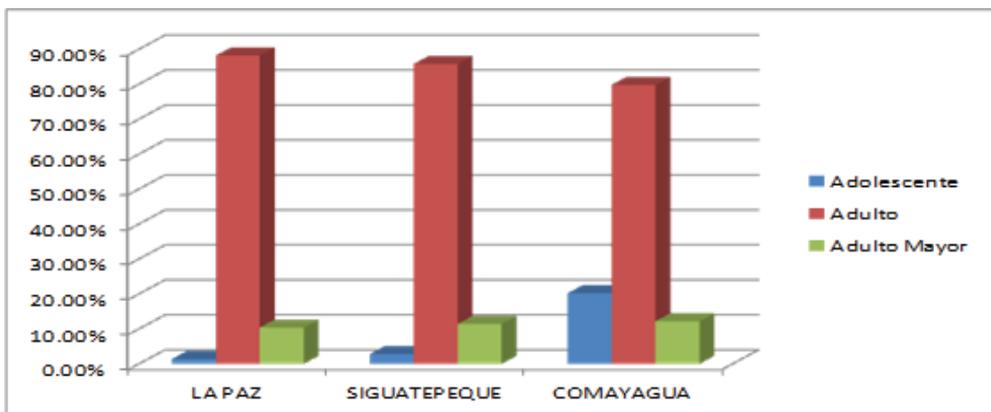
Fuente: Población encuestada

En este gráfico 2, se determinó que, a nivel del grado de escolaridad, se establece que Siguatepeque, tiene el porcentaje más alto de personas dedicadas al expendio de alimentos, que no poseen ningún grado de escolaridad (7.5%).

Al mismo tiempo se observa que en el municipio de La Paz, se encuentra el grupo de mayor grado de escolaridad (acumulando secundaria y universidad) laborando como manipuladores de alimentos, los cuales corresponden a un 62.6%, esto comparado con el municipio de Comayagua y Siguatepeque, que tienen 31.8% y 31.2% respectivamente.

Esto se corrobora en donde se determinó que el grado de escolaridad es un factor importante en el proceso de apropiación de los conocimientos adecuados en la manipulación de los alimentos.

Gráfica 3. Distribución de los manipuladores de alimentos por grupo etario consultados en los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz

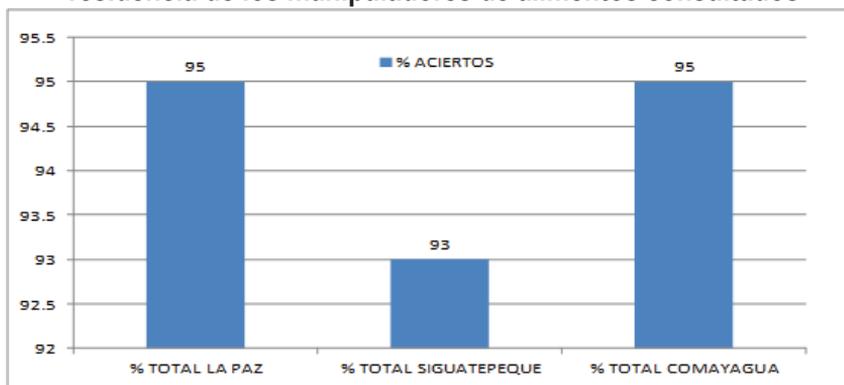


Fuente: Población encuestada

En la gráfica 3, se evidencia que el municipio de Comayagua, se encuentra el mayor porcentaje de adolescentes (18.2%) participante en esta actividad económica. Para los municipios investigados, el porcentaje promedio de adultos (20-60 años) es igual a 81.9%.

Interesante mencionar que para el grupo etario del adulto mayor (mayor de 60 años) que es la mayor fuerza laboral que hay en la manipulación de alimentos en los municipios antes mencionados, también resulta interesante mencionar que los porcentajes de los tres municipios, para el adulto mayor es más del 10% de las personas entrevistadas.

Gráfica 4. Medición porcentual de los conocimientos totales por municipio de residencia de los manipuladores de alimentos consultados

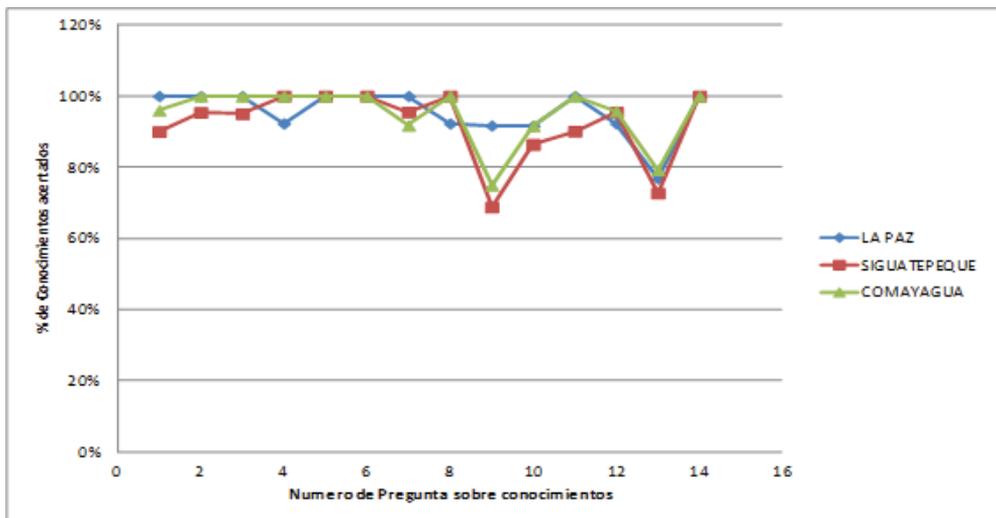


Fuente: Población encuestada

En forma general, la gráfica 4, identifica los rendimientos en lo que respecta al % de respuestas correctas en conocimientos de manipulación de alimentos, observando los resultados que es igual tanto en los municipios de Comayagua, como en La Paz (95%) para ambos, disminuyendo un poco en el municipio de Siguatepeque (93%).

En promedio podemos decir que el porcentaje de aciertos para conocimientos de los tres municipios es del 94%, dato importante de compartir de acuerdo a la evaluación de los encuestados de la muestra, quienes son los encargados del manejo higiénico de los alimentos.

Gráfica 5. Distribución de los conocimientos acertados por los hombres manipuladores de alimentos de los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz

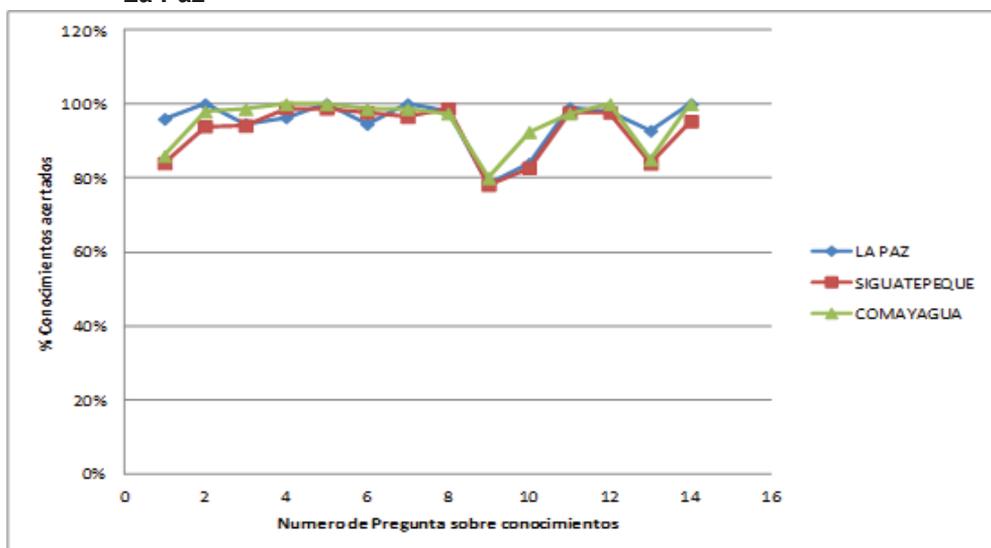


Fuente: Población encuestada

Los resultados en la evaluación de los conocimientos que acertaron los manipuladores de alimentos del sexo masculino en los tres municipios intervenidos, la gráfica 5, revela que los aciertos por pregunta en el grupo de hombres, están por encima del 94.3% de aceptabilidad, lo que tiene mucha relación con la gráfica 4.

Estudiando a los hombres manipuladores de alimentos de la vía pública de manera separada del municipio de La Paz, son los que demuestran una mayor apropiación de los conocimientos evaluados, pues en forma general, estos acertaron en un 96%, en comparación a los municipios de Comayagua y Siguatepeque con 95% y 92% respectivamente.

Gráfica 6. Distribución de los conocimientos acertados por las mujeres manipuladoras de alimentos de los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz



Fuente: Población encuestada

Los resultados en la evaluación de los conocimientos que acertaron los manipuladores de alimentos del sexo femenino en los tres municipios intervenidos, la gráfica 6, revela que los aciertos por pregunta en el grupo de mujeres, es del 94.3% de aceptabilidad, lo que tiene mucha relación con la gráfica 4.

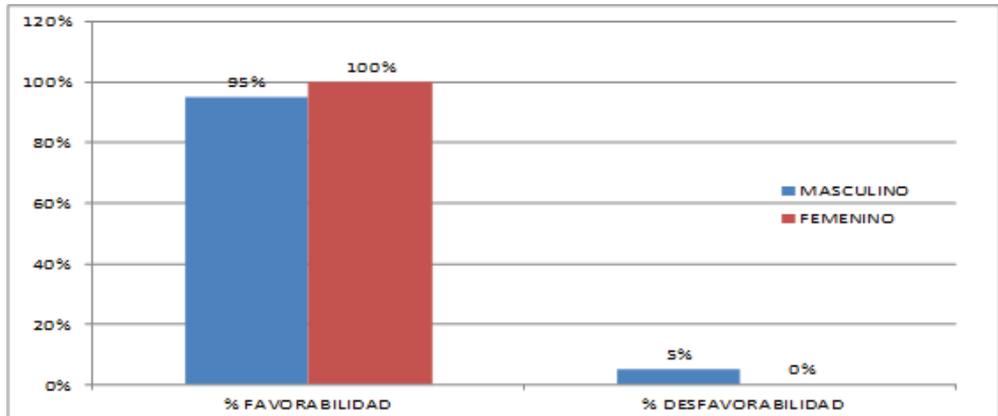
Es importante resaltar que el menor grado de aceptación del conocimiento evaluado en las mujeres manipuladoras de alimentos se encontró en el municipio de Siguatepeque, pero aún sigue siendo alto, este es del 82.7%.

En la gráfica 7, se realiza una medición porcentual de la actitud de tomar en forma positiva los comentarios que los clientes le hacen a los manipuladores de alimentos distribuidos por sexo en los municipios de Comayagua, Siguatepeque y La Paz en el periodo febrero a junio 2016.

En la gráfica 7, se identifica que, en forma general, la actitud de los manipuladores de alimentos del sexo femenino, presentaron una mayor proporción en el hecho de tomar siempre y casi siempre, en forma positiva los comentarios que los clientes hacen con respecto al proceso de manipulación que corresponden a una actitud favorable de la mujer de un 100%, esto de acuerdo a la escala de Lickert utilizada para la favorabilidad actitudinal de las mujeres.

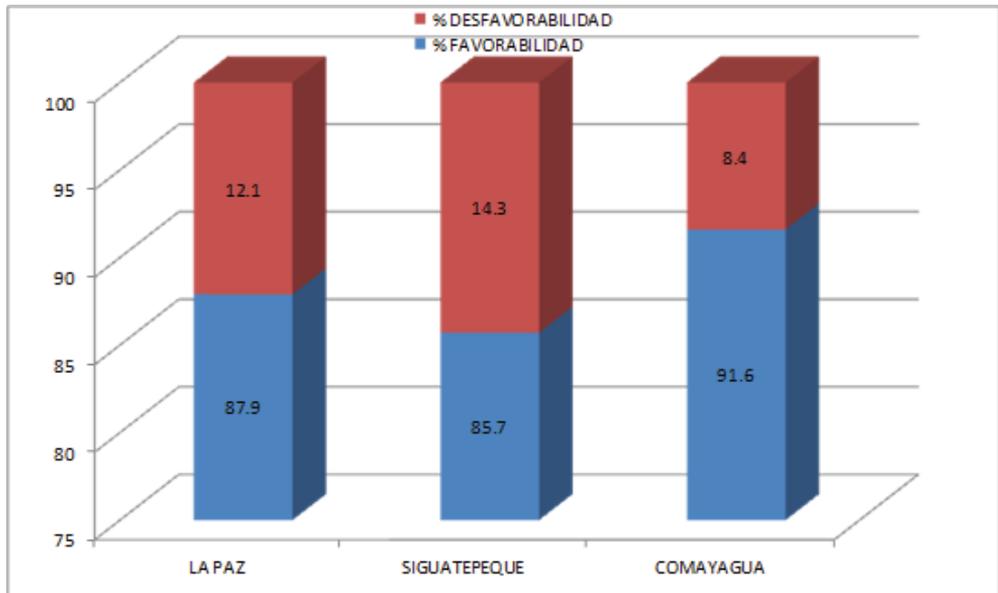
En forma general, la actitud de los manipuladores de alimentos del sexo masculino, presentan una mayor proporción en el hecho de tomar siempre y casi siempre, en forma positiva los comentarios que los clientes hacen con respecto al proceso de manipulación que corresponden a una actitud favorable de la mujer de un 95%.

Gráfica 7. Medición porcentual de la actitud positiva de los entrevistados



Fuente: Población encuestada

Gráfica 8. Medición porcentual de las habilidades distribuidos por municipio en la aplicación del instrumento a los manipuladores de alimentos consultados.

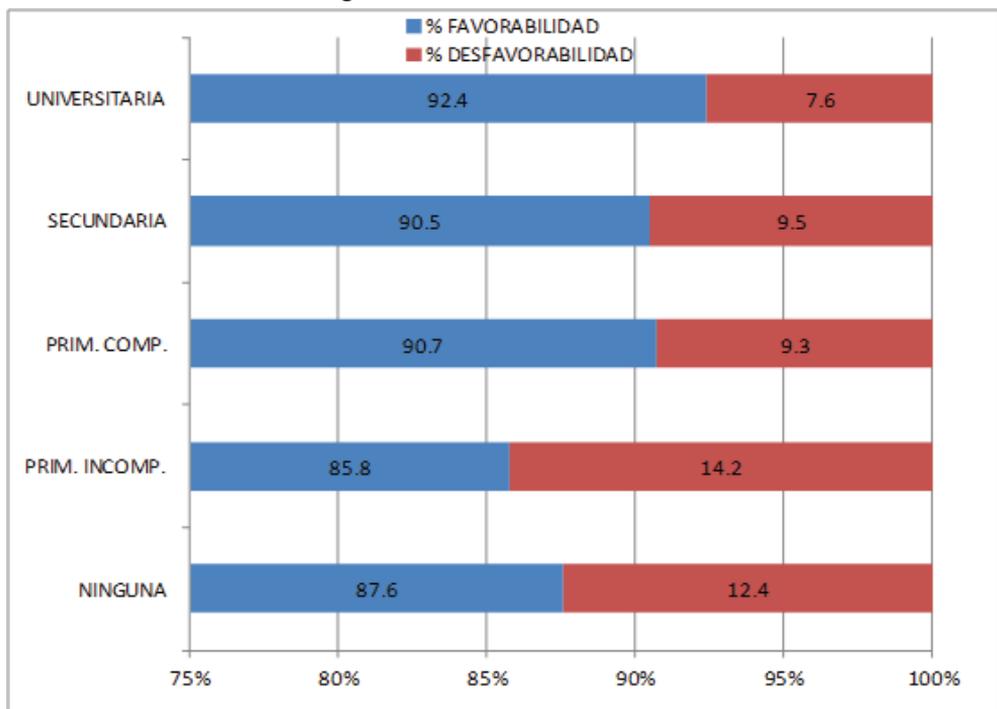


Fuente: Población encuestada

En lo que respecta a la distribución por municipio de las habilidades favorables, a la protección y conservación de los alimentos, en la gráfica 8, se evidencia que el municipio de Comayagua, presenta el mayor % (91.4) y Siguatepeque presenta el menor (85.7%).

En lo que respecta a las habilidades totales evaluadas de los manipuladores de alimentos de los tres municipios, la gráfica 8 revela que en promedio el 90.8% demostraron favorabilidad sobre los elementos mencionados en el instrumento de investigación, habilidades que se evaluaron de acuerdo a la escala de Lickert.

Gráfica 9. Medición porcentual de las habilidades distribuidas por grado de escolaridad de los manipuladores consultados en la aplicación del instrumento de investigación



Fuente: Población encuestada

Interesante mencionar del estudio que en la medida que aumenta el grado de escolaridad, el porcentaje de habilidades favorables demostradas por los manipuladores de alimentos entrevistados, aumenta, tal como se observa en la gráfica 9. Pero también resulta interesante que las personas que no tienen ningún grado de escolaridad, tienen una favorabilidad mayor que los que tienen una primaria incompleta (87.6% y 85.8% respectivamente).

DISCUSIÓN

Las prácticas de cuidado de la salud se encuentran también referidas en la literatura como “comportamientos de salud”. Concretamente, Kasl y Cobb, citados por Cabrera y Cois, Rosenstock, Harris y Col, las definen como la “actividad efectuada por una persona que se cree saludable o que quiere volver a serlo, con el propósito de prevenir o limitar una enfermedad o, mejor aún, de detectada en una etapa aun asintomática”. (Herrera. Estela, 2008). Harris y col, proponen el concepto de “conducta de protección de la salud”, la cual definen como cualquier conducta realizada por una persona para proteger, promover o mantener su salud, sin tener en cuenta su percepción de su estado de salud actual, o si tal conducta es objetivamente eficaz para ese fin.

En la práctica tradicional en América Latina y el Caribe, la venta de alimentos en la vía pública, representa una fuente de ingresos regulares para millones de personas. Esta práctica puede resultar un riesgo para la salud de los consumidores cuando es realizada por personas con limitada educación y competencia en la transformación de alimentos. Las malas prácticas de manipulación pueden conllevar a la contaminación bacteriana de los alimentos, factor que representa uno de los riesgos más importantes asociados a la aparición de brotes infecciosos en América Latina y el Caribe. Estas infecciones reciben el nombre de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) y ocurren como consecuencia de la falta de higiene en la manipulación y procesamiento de los alimentos o después de la preparación de los mismos. (Carrasco. Maria, 2013)

La presente investigación determina que el alto porcentaje (94%) de la apropiación de los conocimientos impartidos a través de los proyectos de Vinculación UNAH-Sociedad destinados a fortalecer la educación sanitaria de los vendedores de alimentos revela un impacto positivo en el mejoramiento de las habilidades que estos tienen (95%) y por ende su aplicación como medida para evitar las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs)

CONCLUSIONES

1. Los procesos de Vinculación UNAH-Sociedad que el CURC ha implementado en coordinación con los gobiernos locales y las regiones sanitarias departamentales

de Comayagua y La Paz, desde el mes de noviembre 2012 hasta agosto 2014, que fue el tiempo evaluado en la presente investigación, han tenido un impacto educativo positivo en la población que se dedica a la venta de alimentos en la vía pública. Pues más del 94% de los conocimientos impartidos durante estos procesos de vinculación, se han aprobado en el instrumento de información aplicado durante la presente investigación. Este elemento junto al hecho de que más del 95% de las actitudes y 90% de las habilidades de los encuestados son satisfactorias, y por lo tanto determinarían que estos manipuladores de alimentos de la vía pública, están protegiendo, conservando y mejorando la higiene de los alimentos que ellos procesan en su venta diaria.

2. Se observa una relación equilibrada en cuanto su porcentaje de conocimientos acertados en torno a la protección, conservación e higiene de los alimentos, en los grupos que poseen primaria completa en los municipios de Comayagua y Siguatepeque.
3. En forma individual los municipios de la presente investigación, determinan diferentes grados de apropiación de los conocimientos que han sido evaluados en esta investigación. Siendo el % menor, la que presenta los manipuladores de alimentos del municipio de Siguatepeque (93%) y en igual forma para los procedentes de Comayagua y La Paz (95% para ambos).
4. En forma general, en lo que respecta a los conocimientos acertados del instrumento de investigación, los manipuladores de alimentos procedentes de los tres municipios y que son del sexo masculino, refieren una mayor proporción de conocimientos acertados en relación a los del sexo femenino.
5. En cuanto a la distribución por grupo etario, de los manipuladores de alimentos del municipio de La Paz, se observa que los adolescentes aprueban con un 100% los conocimientos evaluados en torno a la protección, conservación e higiene de alimentos y el menor % de estos, se encuentran en el grupo etario del adulto (96%).
6. En cuanto a la distribución por grupo etario, de los manipuladores de alimentos del municipio de Comayagua, se observa que los adolescentes aprueban con un 100% los conocimientos evaluados y el menor % de estos, se encuentran en el grupo etario del adulto mayor (91.6%).
7. En cuanto a la distribución por grupo etario, de los manipuladores de alimentos del municipio de Siguatepeque, se observa que los adolescentes aprueban con un 96%, igual porcentaje para el grupo adulto. El menor porcentaje de estos, se encuentran en el grupo etario del adulto mayor (93%).
8. Con las actitudes evaluadas en la presente investigación, las mujeres presentan los mayores porcentajes de favorabilidad, que van desde 99.6%, hasta el 100%. Porcentajes menores se observan en las actitudes de los hombres que se dedican a la manipulación de alimentos en los tres municipios investigados.

9. En forma general, las habilidades evaluadas en torno al manejo higiénico de los alimentos en los manipuladores de alimentos sujetos de la presente investigación, demuestran 90.8% de favorabilidad en las mismas. Siendo las mujeres que presentan mayores porcentajes de aplicación de habilidades correctas al momento de proteger, conservar e higienizar los alimentos, en comparación con los hombres dedicados a esta misma actividad.
10. En cuanto a la aplicación de habilidades favorables a la protección de la salud mediante la venta de alimentos en la vía pública, se observa, que son el grupo etario adulto (20-60 años), los que presentan el mayor porcentaje (90.5%) y el menor los tienen los adolescentes (menores de 20 años) con un 85.4%.
11. En lo que refiere a la distribución por municipio sujeto de la presente investigación, el mayor porcentaje en la aplicación de habilidades favorables en la manipulación de alimentos, se encuentra en Comayagua (91.5%) y el menor porcentaje se encuentra en Siguatepeque (85.7%).
12. La aplicación de habilidades correctas en la manipulación de alimentos, se observa que es directamente proporcional al grado de escolaridad del encuestado dedicado a esta actividad económica.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Héctor Armando Escalante Valladares, Dra. Marta Isabel de Castellanos del Postgrado en Salud Pública (Facultad de Ciencias Médicas/UNAH), por su apoyo técnico para el desarrollo del presente trabajo, a la Dirección de Investigación Científica y Postgrados de la UNAH por el apoyo financiero para desarrollar esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arambulo. Primo, Almeiah. Claudio, Cuellar. Juan, Belotto. Albina. (1995). *La venta de alimentos en la vía pública*. Boletín Oficina Sanitaria Panamericana. 118(2). pag 98, 99, 101, 102, 103, 120
- Beck. Ulrich. (1998). *La Sociedad del Riesgo*. Editorial. Paidós Ibérica.
- Carrasco. María, Guevara. Beder, Falcon. Néstor. (2013). *Conocimientos y buenas prácticas de manufactura en personas dedicadas a la elaboración y expendio de alimentos preparados en el distrito de Los Olivos, Lima-Perú*. Revista de Salud Tecnológica Veterinaria. 1. pag 8, 10

- Comastri de Castro Almeida. Rogeria, Yoshiteru Kuaye. Arnaldo, Melo Serrano. Antonio de, Almeida. Fernando de. (1995). *Avaliação e controle da qualidade microbiológica de maos de manipuladores de alimentos*. Rev. Saude Publica. 29. pag. 290.
- Costa Nollar. Alexandre, Aparecida Cantos. Geny. (2005). *Prevalência de enteroparasitoses em manipuladores de alimentos, Florianópolis, SC*. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 38. pag. 524
- Ferreira Furegato, Antonia Regina. (2008). *Reflexión acerca del dualismo metodológico en las investigaciones en salud*. Revista Latinoamericana de Enfermería. 16. pag 941, 942.
- García de la Rosa. Roberto, Rodríguez Heredia. Odalys, Casado Rodríguez. Cristina, Pérez Arruti. Adolfo, Sosa Cabrera. Isismary. (2011). *Intervención educativa sobre enfermedades transmitidas por alimentos en estudiante de Tecnología de la Salud*. Revista Cubana de Higiene e Epidemiologia. 50(2). pag 215-219.
- González. C, Perella. N, Rodrigues. R, Gollücke. A, Schattan. R, Toledo. (2009). L. "*Conhecimento e percepção de risco sobre higiene alimentar em manipuladores de alimentos de restaurantes comerciais*". Soc. Bras. Alim. Nutr. 34. pag 46-48
- Herrera. Estela, Alzate. Marcia. (2008). *Creencias y prácticas en el cuidado de la salud*. Revista de Avances en Enfermería. Vol. XXVI (1). pag 113-121.
- Laza Vásquez. C, Sánchez Vanegas. G. (2012). *Indagación desde los conocimientos, actitudes y prácticas en salud reproductiva femenina: algunos aportes desde la investigación*. Revista de Enfermería Global. 26. pág 409
- Oliveira. A, Silva. C. (2009). *Avaliação da qualidade higiênico-sanitária em restaurantes indicados. por Guia de Estabelecimentos da Cidade de Porto Alegre*. Rev. Soc. Bras. Alim. Nutr. 34. pag 113-114.
- Puppín Zandonadi. Renata, Assunção Botelho. Raquel, Oliveira Savio. Karin, Cássia Akutsu. Rita de, Coelho Araujo, Wilma. (2007). *Atitudes de risco do consumidor em restaurantes ante de auto-serviço*. Revista de Nutrição. Campinas. Brasil. 20(1). pag 20-25.
- Rodriguez-Cavallini. Evelyn, Gamboa. María del Mar, Arias. María Laura. (2010). *Evaluación microbiológica de alimentos listos para consumo procesados por pequeñas industrias costarricenses*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 60(2). pag. 179, 182.

Variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia de cianobacterias del Lago de Yojoa (2014-2015)

Alba Isbela Hernández Oviedo ¹
Mirna Marin ²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue identificar y analizar las variaciones temporales y espaciales de la diversidad y abundancia de las cianobacterias en el lago de Yojoa entre mayo 2014 y marzo 2015. Se analizaron 184 muestras identificándose 9 familias y 48 especies de cianobacterias, dominando *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima* y *Oscillatoria limosa*.

El promedio de cell/ml de cianobacterias por muestreo disminuyeron progresivamente, el mayor 58,274 en muestreo 1 y el menor 1,665 en muestreo 6. Es posible que la floración algal haya ocurrido días antes del muestreo 1, ya que se observó una nata superficial color café verdoso correspondiente a *Oscillatoria limosa* y *Lyngbya* sp. en proceso de descomposición, muchos fitoflagelados y vorticelas entre las colonias de *Microcystis*; coincidiendo con valores altos de nitrógeno y ortofosfato de ese muestreo.

La diversidad espacial y temporal fueron similares. La dominancia temporal fue mayor que la espacial, dominando: *Microcystis aeruginosa*, *Chroococcus limneticus*, *Chroococcus* sp, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa mucicola*, *Aphanocapsa elachista*, *Lyngbya* sp, *Gleocapsa* sp y *Pseudoanabaena mucicola*. Se recomienda un plan de monitoreo y manejo de floraciones de cianobacterias tóxicas.

Palabras clave: *Lago de Yojoa*, *fitoplancton*, *cianobacterias*, *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Oscillatoria limosa*.

¹ Profesor de Limnología, Laboratorio Hidrobiología Escuela de Biología, Facultad de Ciencias UNAH. albaoviedo2001@yahoo.com

² Asesora, Profesor Jubilado, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias UNAH. namirmarin@gmail.com

ABSTRACT

The objective of the study was to identify and analyze the temporal and spatial variations of the diversity and abundance of cyanobacteria in Lake Yojoa between May 2014 and March 2015. 184 samples were analyzed identifying 9 families and 48 species of cyanobacteria, dominating *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima* and *Oscillatoria limosa*.

The average cell / ml of cyanobacteria per sample decreased progressively, the highest 58,274 in sampling 1 and the lowest in sampling 1,665. It is possible that the algal bloom occurred before days 1, since a greenish-brown surface scum corresponding to *Oscillatoria limosa* and *Lyngbya* sp. in the process of decomposition, many phytoflagellates and vortices between the colonies of *Microcystis*; Coinciding with high nitrogen and orthophosphate values of that sample.

Spatial and temporal diversity were similar. The temporal dominance was greater than the spatial dominance: *Microcystis aeruginosa*, *Chroococcus limneticus*, *Chroococcus* sp, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa mucicola*, *Aphanocapsa elachista*, *Lyngbya* sp, *Gleocapsa* sp and *Pseudoanabaena mucicola* were the dominant species. A monitoring plan and management of toxic cyanobacteria blooms is recommended.

Keywords: *Lake Yojoa*, *phytoplankton*, *cyanobacteria*, *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Oscillatoria limosa*.

INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua continentales generalmente presentan un proceso de eutrofización natural, el que suele ser acelerado por acción antrópica. Una de las principales consecuencias de este proceso es el incremento de la densidad del fitoplancton, en especial de cianobacteria. Bonilla y Aubriot (2009) mencionan que: “Las cianobacterias son los organismos fotosintetizadores aeróbicos más antiguos del planeta. Las cianobacterias, bajo ciertas condiciones ambientales, tales como temperaturas elevadas, alta carga de nutrientes, especialmente (fosfatos y nitrógeno), baja relación N: P y pH alcalino desarrollan floraciones. Su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la presencia de vesículas de gas, capacidad para crecer y reproducirse bajo distintas condiciones de luz calma ambiental y bajo caudal, entre otras, hace que resulte un grupo competitivamente exitoso con relación a otros del fitoplancton. Estas características posibilitan la formación de densas poblaciones que pueden ser evidentes por acumulaciones en la superficie del agua, siendo detectables a simple vista y pudiendo producir un cambio de color en el agua. A estas proliferaciones se les conoce con el nombre de floraciones o blooms algales”. Las floraciones suelen ser de ocurrencia estacional, especialmente durante los meses más cálidos del año o por procesos de eutrofización cultural, con sostenido aumento a nivel mundial; actualmente atribuido al cambio climático global (Pearl and Huisman, 2008, 2009), estas floraciones alteran el equilibrio del ecosistema acuático, impactando negativamente sobre la calidad del agua (Forastier y otros, 2013). A nivel ecológico lo más importante es la disminución de la biodiversidad y la falta de oxígeno, aunque en realidad estas son consecuencias directas de la presencia del afloramiento masivo independientemente de si éste es tóxico o no.

Sin embargo, la presencia de toxinas a nivel de ecosistema tiene gran importancia, porque puede suponer una variación en las especies de zooplancton, ya que muchas son sensibles a dichas toxinas, permaneciendo aquellas que no lo son, pero que pueden tener diferente valor nutricional para los peces que se alimentan de ellos o, incluso, pueden no servir de alimento para dichos peces, por lo que la estructura trófica del ecosistema quedaría desequilibrada. Además de estos problemas ecológicos, la presencia masiva de cianobacterias en nuestras aguas produce otra serie de problemas relacionados con el uso del recurso hídrico, como problemas estéticos que las hace perjudiciales para la recreación; problemas cuando el agua se utiliza para riego, porque obstruye válvulas y aspersores. En represas para consumo humano, el proceso de potabilización se ve afectado porque se obstruyen y colmatan los filtros complicando el mismo. En muchos casos también confiere olores y sabores desagradables.

dables al agua mediante la producción de geosmina, que a pesar de no ser tóxica, inhabilita el uso del agua.

Las toxinas en los tejidos de algunos animales que las ingieren, invertebrados y vertebrados, pueden producir el proceso de biomagnificación, acumulando altas cantidades de toxinas circulando en la red trófica.

UNESCO (2009) menciona que la principal preocupación por las floraciones de cianobacterias se debe a que estos organismos pueden producir toxinas de cianobacterias denominadas cianotoxinas, que son compuestos químicos diversos agrupados dependiendo del modo en que actúan en el organismo: hepatotoxinas, neurotoxinas, saxitoxinas, nodularinas y anatoxinas (Chorus y Batram, 1999).

En ambientes altamente eutrofizados se han producido en el mundo numerosas proliferaciones masivas de diferentes especies de cianobacterias. Además de los efectos negativos que se producen como consecuencia del crecimiento masivo de estas poblaciones, causan las alteraciones en la calidad del agua (en especial en el pH y oxígeno disuelto) y otras alteraciones indirectas por modificación de parámetros de toxicidad (fundamentalmente por el pH); actualmente se sabe que algunas especies producen toxinas potentes, capaces de producir efectos agudos y crónicos en el hombre, en animales y vegetales (Komárek, 1999; Roset y otros, 2001).

Las algas verde-azules, cianofíceas o cianobacterias, se han convertido en uno de los componentes más importantes del fitoplancton de los ecosistemas lénticos de Honduras, incluyendo embalses para agua potable. En las últimas décadas, en virtud de la intensa eutrofización de los ambientes acuáticos, las cianobacterias se han destacado principalmente por los problemas causados por sus floraciones, principalmente en las aguas destinadas para el abastecimiento público.

El conocimiento anterior y la progresiva eutrofización del lago de Yojoa, reportada por diferentes autores como Cruz y Delgado (1986), Sandoval (2003, 2005), Studer (2007) y Otero (2011), así como los alarmantes resultados de un muestreo realizado durante una práctica de laboratorio de limnología de la UNAH a finales de octubre de 2012, en el que fueron identificadas algunas especies de cianobacterias consideradas en la literatura como potencialmente tóxicas, que motivó a las autoras de este artículo a realizar un estudio puntual sobre la variación espacial y temporal de la diversidad y la abundancia del fitoplancton con énfasis en cianobacterias en el lago de Yojoa.

Los procesos de eutrofización producen cambios cuantitativos y cualitativos en la comunidad de fitoplancton, aumentan la frecuencia y densidad de las floraciones y las cianobacterias desplazan las diatomeas, clorofíceas o crisofíceas. En ambientes altamente eutroficados suelen predominar durante la mayor parte del año. Estos hechos se han verificado en muchos trabajos limnológicos (Pizzolon, 1996), lo anterior fue verificado en un estudio reciente sobre la variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia del fitoplancton del lago de Yojoa en un año hidrológico 2014-2015 (Hernández y otros, 2016).

En el presente estudio se pretende examinar la importancia ecológica de la comunidad de cianobacterias del lago de Yojoa a través del análisis espacial y temporal de la diversidad y abundancia expresada como el número de cels/ml, durante un ciclo anual y su relación con las variables fisicoquímicas. Los resultados de la investigación serán muy importantes, ya que permitirán establecer programas de monitoreo y de alerta sanitaria temprana en los casos de afloramiento de cianobacterias potencialmente tóxicas a fin de apoyar a los pobladores en el control de casos de intoxicación producida por las mismas.

MATERIALES Y METODOS

La información correspondiente a ésta sección no se detalla en este artículo por cuanto la misma, está incorporada en el artículo "Variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia del fitoplancton del lago de Yojoa en un año hidrológico 2014-2015" publicado en la Revista Ciencia y Tecnología No 19, diciembre del 2016 en las páginas 44-50.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación pluvial

Los meses en los que se reportaron las mayores precipitaciones durante el estudio, correspondieron al tercer y cuarto muestreo durante la época lluviosa y al final de la época lluviosa e inicios de la época seca del 2014 respectivamente, las menores precipitaciones se registraron en época seca 2015 M5y M6 (Hernández y otros, 2016).

Tabla 1. Promedios de los valores correspondientes los parámetros ambientales para cada muestreo durante el estudio.

| Muestreo | TEMPERATURA AMBIENTAL (°C) | TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA (°C) | HUMEDAD RELATIVA (%) | TURBIDEZ (NTU) | DISCO DE SECCHI (m) | CONDUCTIVIDAD (µD/cm) | pH | DUREZA TOTAL (mg/l) | FOSFORO REACTIVO (mg/l) | FOSFORO TOTAL (mg/l) | NITROGENO TOTAL (mg/l) | TOC (mg/l) | OXIGENO DISUELTO (ppm) | DBO (mg/l) |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| M1 E.Seca 2014 | 0,35 | 28,6 | 58,3 | 4,5 | 2,7 | 86,3 | 8,1 | 2,0 | 0,4 | 0,1 | 6,6 | 8,4 | 5,07 | 0,83 |
| M2 canícula | 26,2 | 27,4 | 74,7 | 1,0 | 2,5 | 118,6 | 7,5 | 3,0 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 5,2 | 5,00 | 1,11 |
| M3 E.Lluviosa | 30,3 | 28,8 | 64,3 | 4,2 | 1,8 | 112,5 | 8,1 | 3,4 | 0,2 | 0,6 | 0,4 | 3,2 | 5,30 | 3,70 |
| M4 E.LI-E.S | 23,4 | 25,5 | 80,5 | 7,4 | 2,2 | 101,1 | 7,8 | 2,9 | 0,4 | 0,2 | 0,6 | 19,9 | 4,06 | 2,14 |
| M5 E.seca 2015 | 22,4 | 23,3 | 85,0 | 3,3 | 2,3 | 92,3 | 7,9 | 2,9 | 0,3 | 0,8 | 2,7 | 3,8 | 5,34 | 3,71 |
| M6 E.Seca 2015 | 27,0 | 25,9 | 55,2 | 1,7 | 5,6 | 125,9 | 8,2 | 2,8 | 0,5 | 0,2 | 2,2 | 4,3 | 4,74 | 2,84 |
| Promedio anual | 26,7 | 26,6 | 69,7 | 3,68 | 2,85 | 106,12 | 7,93 | 2,83 | 0,38 | 0,35 | 2,2 | 7,47 | 4,92 | 2,39 |

Fuente: Elaborado con datos propios generados durante el estudio.

Variables ambientales

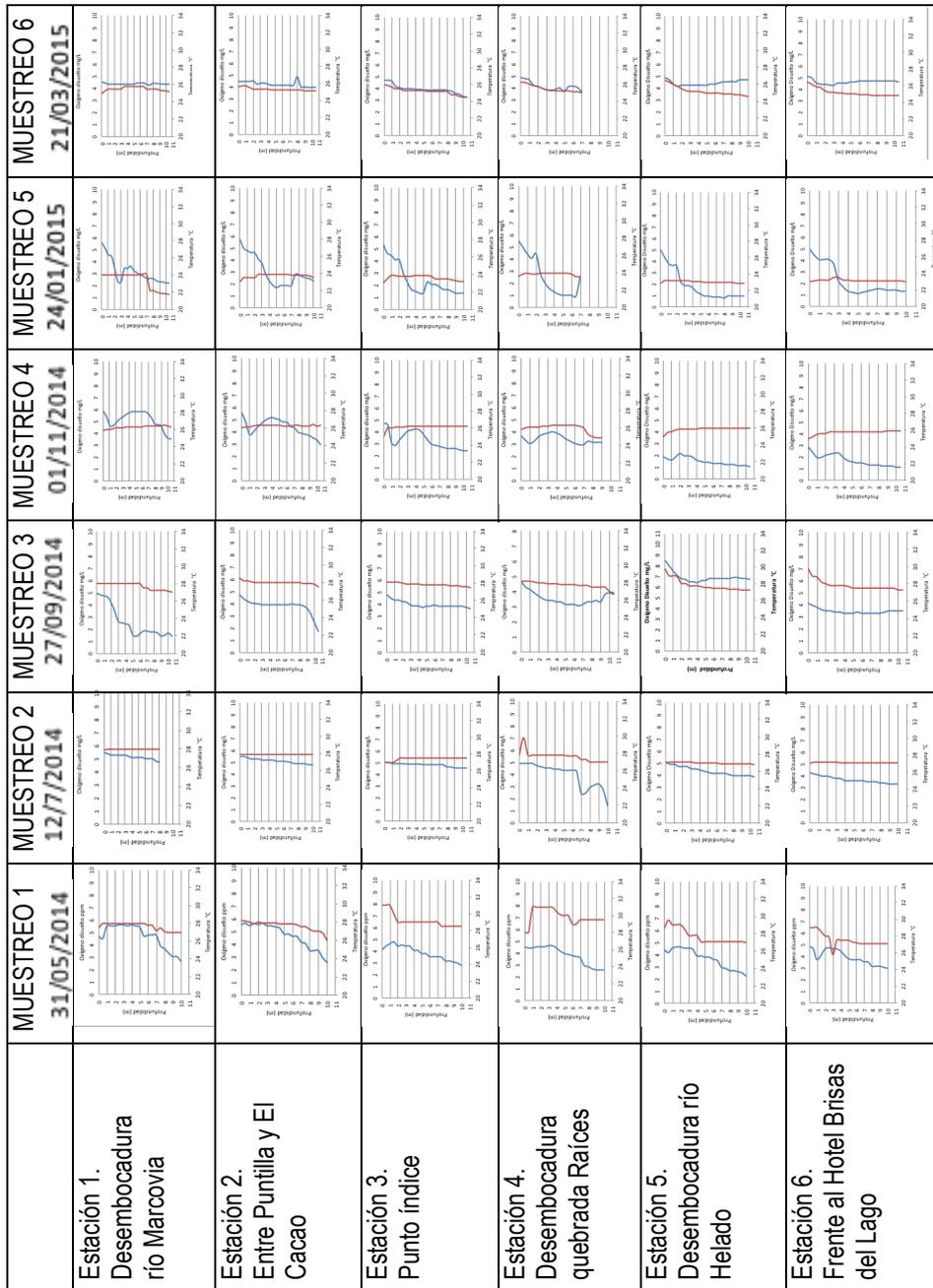
Los promedios por cada muestreo y el anual, correspondientes a los parámetros ambientales se presentan en la Tabla 1.

El comportamiento de la temperatura del agua y el oxígeno disuelto en los primeros metros de profundidad del Lago pueden observarse en los perfiles de la Figura 1. El promedio de temperatura de 28 ° C del agua superficial de reportado para el Lago de Yojoa en los muestreos M1 (seca), M2 (canícula) y M3 (lluviosa) en ese orden y en todas las zonas monitoreadas fue relativamente alto.

Al observar los perfiles en la figura 1 se aprecia que la temperatura temporal y espacialmente se mantuvo relativamente constante desde la superficie hasta los 10 m de profundidad con pequeñas variaciones espaciales en el M1. En nuestro análisis no se aprecia estratificación térmica alguna como lo mencionan Goldman y Vaux (1984) y Sandoval (2003); a no ser que la estratificación se presente debajo de los 10 m de profundidad, medida no comprobada por limitaciones técnicas de la sonda con la que se trabajó. Sin embargo, en la figura 1 se observa que la temperatura comienza a disminuir a finales de la época lluviosa e inicio de la época seca (M4) y en la época seca (M5), lo que es coincidente con lo expresado por Sandoval (2003) que a partir de noviembre la temperatura del lago comienza a disminuir hasta el mes de enero, que es cuando se alcanzan las temperaturas más bajas en la superficie. Los perfiles de oxígeno y de temperatura muestran variaciones temporales y espaciales en la columna de agua. En M4 los perfiles son ligeramente heterogrados positivos, en M3 y M5 se observan perfiles ligeramente heterogrados negativos. En M2 y M6 los perfiles se mantienen relativamente constantes desde la superficie hasta los 10 m de profundidad. En general, las curvas de la figura 1, temperatura versus oxígeno disuelto temporal y espacialmente desde la superficie hasta 10 m de profundidad, muestran ligeramente una relación inversamente proporcional.

Temporal y espacialmente las disminuciones de oxígeno disuelto desde metalimnio hasta hipolimnio se pueden deber al consumo por organismos heterotróficos a lo largo de la columna de agua y a la oxidación de materia orgánica en la capa del fondo, llevando al hipolimnio a un estado anóxico según la tendencia de dichos perfiles, de manera que las altas temperaturas superficiales permiten que se presenten altas tasas de descomposición en el hipolimnion, restringiendo a los organismos aeróbicos a vivir en estratos superficiales. En el hipolimnion se encuentran permanentemente productos metabólicos de desecho debido a las condiciones anóxicas imperantes (Horne y Goldman, 1994).

Figura 1. Perfiles de oxígeno y temperatura en cada estación de muestreo por época de muestreo 2014-2015..



Perfiles de profundidad cada 50 cm, mostrando curvas de oxígeno disuelto--- versus temperatura

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos generados en la investigación.

De los resultados obtenidos (Tabla 1) se puede inferir que el metabolismo del lago es atípico, debido a que constantemente tiene un flujo de descarga de agua controlado entre el epilimnio y el metalimnio, lo que hace que el comportamiento de las variables ambientales no sean coincidentes totalmente con lo expresado por Goldman y Vaux (1984) y Sandoval (2003). En ese sentido, se necesitan estudios a diferentes profundidades y sobre las corrientes internas del mismo.

En la Tabla 1, se observa que el promedio de oxígeno disuelto superficial más alto 5.34 ppm se registró en M5 y el promedio más bajo 4.06 ppm. en M4. Igualmente, en este estudio resultaron altos los valores promedios de DBO5 en M3 y M5 aunque también fueron altos; estos valores no son congruentes con lo esperado para un ecosistema natural, posiblemente los factores de la actividad antrópica y las variaciones estacionales pueden ser los responsables de esos valores pero se requieren estudios más detallados en ese tema.

Así mismo se puede observar que promedio de transparencia del agua en M6 la época seca (5.6 metros) , donde se aprecia gran diferencia temporal con relación a los valores en M1-M5, diferencia que puede ser explicada por el aumento de las descargas para generación de energía relacionada con la precipitación alta en la subcuenca, debido a que los primeros metros son arrastrados por las corrientes y arrastran las capas biogénicas, situación que no coincide con lo mencionado por Wetzel (2001) en el que en un sistema léntico, los valores mayores de transparencia del agua se presentan durante la época de lluvias. En esta época la concentración de nutrientes se diluye por el aumento de caudales de los tributarios del lago, disminuyendo la turbidez de las aguas, la cual es básicamente de origen biogénico, característica típica de un sistema eutrófico.

Los valores promedios más altos de fósforo reactivo fueron en el M2 y en M6 y los de fósforo total en el M5; así como los valores promedios más altos de nitrógeno total en el M1 con leves variaciones espaciales. Los resultados anteriores demuestran que son coincidentes con la floración de cianobacterias en el (M1) y (M2), por lo que en el caso específico de los ortofosfatos en época lluviosa puede decirse que no fueron un factor limitante para el crecimiento de las cianobacterias.

Las concentraciones altas de estos nutrientes se deben a los aportes por las precipitaciones, escorrentías desde áreas agrícolas y aguas residuales tratadas insuficientemente, abonos y otros desechos de industrias de ganado, según lo señalado por Horne y Godman (1994); Melack (1996); Briand y otros (2003), así como por los desechos de cultivos de tilapia in situ.

Composición de la comunidad de cianobacterias en el lago de Yojoa

El 59 % de las especies del fitoplancton encontradas en el lago de Yojoa corresponden a la clase *Cyanophyceae* con 48 especies, el 22 % a la clase *Chlorophyceae*, con 18 especies, 9 % de la clase *Bacillariophyceae* con 7 especies, el 4 % la clase *Zygnematales* con 3 especies, el 3 % la clase *Euglenophyceae* con 2 especies, el 2 % a la clase *Trebouxiophyceae* con 2 especies y el 1 % la clase *Dinophyceae* con 1 especie (Hernández y otros, 2016).

En la Tabla 2, se presentan las especies de cianobacterias encontradas en el lago de Yojoa durante todo el estudio, las cuales estuvieron compuestas por 21 géneros y 48 especies así; de las familias *Nostocaceae* (4 especies), *Microcystaceae* (6 especies), *Chroococcaceae* (5 especies), *Synechococcaceae* (12 especies), *Oscillatoriaceae* (10 especies), *Phormidiaceae* (3 especies), *Borziaceae* (1 especie), *Pseudanabaenaceae* (5 especies) y *Merismopediaceae* (2 especies).

Variación espacial y temporal de las cianobacterias

La variación espacial de la composición de la comunidad de cianobacterias (Tabla 3), se realizó con el análisis cualitativo a partir de las especies que tienen una frecuencia de aparición mayor al 40 % como muy abundantes, entre 20 %-40 % abundantes, entre 19 %-6 % menos abundantes y raras entre 6 %-3 %. Del total de 48 especies de cianobacterias determinadas en las seis estaciones monitoreadas durante los seis muestreos durante un año, 13 resultaron muy abundantes, 5 abundantes, 21 menos abundantes y 9 especies raras.

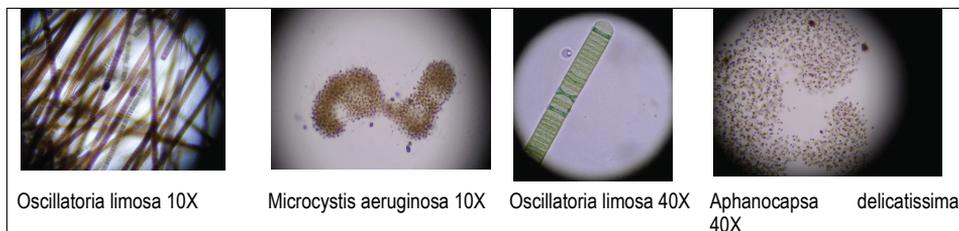
Espacial y temporalmente se registraron diferencias entre la composición taxonómica y la distribución de especies de cianobacterias entre los diferentes muestreos y estaciones muestreadas durante el estudio (Tabla 4) de acuerdo al análisis cualitativo, principalmente debido a la presencia, frecuencia, abundancia, dominancia y diversidad de los diferentes grupos encontrados. Las especies dominantes durante el estudio fueron *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima* y *Oscillatoria limosa* (figura 2).

Tabla 2. Biodiversidad de cianobacterias en el lago de Yojoa, mayo de 2014 a marzo de 2015

| CLASE | ORDEN | FAMILIA | GÉNERO |
|--------------|--|------------------|---|
| Cyanophyceae | Nostocales | Nostocaceae | <i>Dolichospermum solitarium</i> (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009 |
| | | | <i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009 |
| | | | <i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek 2009 |
| | | | <i>Dolichospermum</i> sp. (Ralfs ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009 |
| | Chroococcales | Microcystaceae | <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing 1846 |
| | | | <i>Microcystis flosaquae</i> (Wittrock) Kirchner 1898 |
| | | | <i>Microcystis botrys</i> Teiling 1942 |
| | | | <i>Microcystis potocystis</i> W.B.Crow 1923 |
| | | | <i>Microcystis</i> sp.Kützing, 1833 |
| | | | <i>Gleocapsa</i> sp. Kützing, 1843 |
| | | Chroococcaceae | <i>Synechocystis</i> sp C.Sauvageau, 1892 |
| | | | <i>Asterocapsa submersa</i> Azevedo et al. 2003 |
| | | | <i>Chroococcus</i> sp. Nägeli, 1849 |
| | | | <i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann 1898 |
| | | | <i>Chroococcus dispersus</i> Lemmermann 1904 |
| | | Synechococcaceae | <i>Aphanocapsa endophytica</i> G.M.Smith 1920 |
| | | | <i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West 1912 |
| | | | <i>Aphanocapsa mucicola</i> (Meneghini) Wille 1919 |
| | | | <i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek 1994 |
| | | | <i>Aphanocapsa koordesii</i> Strom, 1923 |
| | <i>Aphanocapsa planctonica</i> (G.M.Smith) Komárek & Anagnostidis 1995 | | |
| | <i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek 1994 | | |
| | <i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S.West 1894 | | |
| | <i>Aphanocapsa</i> sp Nägeli, 1849 | | |
| | <i>Aphanothece</i> sp Nägeli, 1849 | | |
| | <i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek in Bourrelly 1970 | | |
| | <i>Gleothece</i> sp. Bornet 1892 | | |

| ORDEN | FAMILIA | GÉNERO |
|-----------------|--|---|
| Oscillatoriales | Oscillatoriaceae | <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont 1892 |
| | | <i>Oscillatoria nigriviridis</i> Thwaites ex Gomont 1892 |
| | | <i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher ex Gomont 1892 |
| | | <i>Oscillatoria ornata</i> Kützing ex Gomont 1892 |
| | | <i>Oscillatoria germinata</i> Schwabe ex Gomont 1892 |
| | | <i>Oscillatoria sancta</i> Kützing ex Gomont 1892 |
| | | <i>Oscillatoria sp.</i> Vaucher ex Gomont, 1892 |
| | | <i>Lyngbya spirulinoidea</i> Agardh ex Gomont, 1892 |
| | | <i>Lyngbya virgey</i> C.Agardh ex Gomont, 1892 |
| | | <i>Lyngbya sp.</i> C.Agardh ex Gomont, 1892 |
| | Phormidiaceae | <i>Phormidium sp.</i> Kützing ex Gomont, 1892 |
| | | <i>Trichodesmium lacustre</i> Klebahn 1895 |
| | | <i>Planktothrix sp.</i> K.Anagnostidis & J.Komárek, 1988 |
| Synechococcales | Borziaceae | <i>Borzia trilocularis</i> Cohn ex Gomont 1892 |
| | Pseudanabaenaceae | <i>Leptolyngbya perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek 1988 |
| | | <i>Limnotrix sp</i> Meffert, 1988 |
| | | <i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe 1964 |
| | | <i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher 1949 |
| | | <i>Pseudanabaena sp.</i> Lauterborn, 1915 |
| | | Merismopediaceae |
| | <i>Limnococcus sp.</i> Komárková et al. (2010) | |

Figura 2. Fotografías de las especies de cianobacterias dominantes



Fuente: Fotografías tomadas por Alba Isbela Hernández Oviedo.

Es posible que la aparición de algunas especies esté determinada por las cianobacterias que se desarrollan en cada sistema lótico que aporta sus aguas al lago, convirtiéndose en un tema importante para abordar en otros estudios relativos a la comunidad fitoplanctónica, así mismo a las particularidades del lago como ser las corrientes prevalecientes de masas de agua con el manejo de las descargas para la Represa Cañaverl, corrientes internas, corrientes superficiales, etc. Es importante mencionar que otros factores como la morfología del lago, el clima y parámetros como luz y temperatura, pH y la forma y disponibilidad de los nutrientes para el fitoplancton, podrían haber influenciado la distribución de las cianobacterias en este ecosistema.

Se sabe que en lagos tropicales hay un patrón en la sucesión biológica por la hidrodinámica de la columna de agua y eventos meteorológicos (Hernández y otros, 2011), los cuales crean las condiciones ideales para el florecimiento de diferentes grupos algales. Así mismo, Reynolds (1988, 2006) y De León (2003), mencionan que en ambientes con limitación de nutrientes predominan organismos tolerantes al estrés como las cianofitas, de igual forma el flujo y disponibilidad de nutrientes son factores importantes que gobiernan la composición y biomasa de la comunidad fitoplanctónica en ecosistemas acuáticos, situación que es congruente con los resultados de este estudio en donde las cianobacterias predominaron durante los tres primeros muestreos (mayo, julio y septiembre) correspondiente a finales de la época seca e inicios de época lluviosa, veranillo (canícula) y en época lluviosa 2014, siendo mayor a finales de la época seca e inicio de la lluviosa y en el verano de 2015 cuando las temperaturas, la conductividad, promedios de ortofosfatos y de nitrógeno total y pH fueron altos, por lo que los factores físicos-químicos pudieron influenciar su distribución espacial y temporal.

Con el fin de comprender la variación espacial (estaciones) y temporal (muestreos) de las cianobacterias en el estudio, se realizó un análisis de las especies identificadas, en el cual se evidenció lo siguiente:

Estación 1. Localizada en la desembocadura del río Varsovia al sur del lago de Yojoa. De las 48 especies de cianobacterias identificadas, 28 estuvieron presentes. Dos especies, *Dolichospermum spiroides* en M3 y M4) y *Oscillatoria germinata* en M4 y M5, solo se encontraron en esta estación. *Oscillatoria sancta* en M4 y *Lyngbya spirulinoidea* en M1 se encontraron en E1 y E2, respectivamente.

Estación 2. Localizada en la desembocadura de la quebrada Jutiapa, entre E1 y E3. Aquí se encontraron 33 especies de cianobacterias de las 48 identificadas; de estas especies, solamente en E6 se hallaron más especies que las reportadas en esta

estación. Además de las mismas especies de cianofitas encontradas también en la estación 1, las especies *Oscillatoria* sp. (M4) y *Limnococcus* sp. (M2) solamente fueron encontradas en esta estación.

Estación 3. Denominada Punto Índice (más o menos en el centro del lago), se reportaron 27 especies de cianobacterias de las 48 especies identificadas en todo el estudio. E3 presentó la mayor abundancia en el número de células por ml, especialmente de *Aphanocapsa delicatissima* en el M2 y abundantes en M3, M5 y M6; de *Microcystis aeruginosa* en M4 a mediados de julio de 2014.

Estación 4. Localizada en la desembocadura de la quebrada Raíces, mejor conocida como la quebrada Cianuro. Aquí se encontraron 30 especies de cianobacterias de las 48 especies identificadas. *Synechococcus nidulans* (M2), *Oscillatoria nigriviridis* (M1) y *Lyngbya virgely* (M2) solamente se encontraron en esta estación. Sin embargo, *Microcystis potocystis* se encontró en esta estación y en la estación 5, ambas en el M2. La mayor abundancia de células/ml. de *Microcystis aeruginosa* se encontró en esta estación en el M1 a finales de la época seca.

Estación 5. Denominada río Helado, se encuentra en la desembocadura del río Blanco, contiguo al canal de drenaje hacia la presa de El Cañaveral. Aquí se encontraron 31 especies de cianobacterias de las 48 identificadas en todo el estudio. Las especies encontradas corresponden a *Microcystis flosoquae* (M3), *Asterocapsa submersa* y *Oscillatoria ornata* (M1). Comparte la aparición de *Microcystis botrys* (M1) y *Microcystis potocystis* (M2) con las estaciones vecinas.

Estación 6. Localizada frente al Hotel Brisas del Lago. En esta estación se encontraron 33 especies de cianobacterias de las 48 identificadas en todo estudio. Las especies comunes con otras estaciones fueron *Microcystis botrys* con la estación 5, siendo muy abundantes en M1 y *Oscillatoria nigriviridis* con la estación 4 en M4. De las especies de cianobacterias que solamente aparecieron en esta estación están: *Planktothrix* sp. (M2), *Leptolyngbya perelegans* (M2) y *Limnotrix* sp. (M1).

Tabla 3. Variación de la frecuencia de especies de cianobacterias identificadas en el lago de Yojoa durante el estudio, mayo de 2014 a marzo de 2015

| Grupo | Especies | Frecuencia de aparición | Frecuencia relativa |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------|
| MUY ABUNDANTES | | | |
| Cyano | <i>Microcystis aeruginosa</i> | 0.92 | 0.41 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa delicatissima</i> | 0.89 | 0.40 |
| Cyano | <i>Oscillatoria limosa</i> | 0.89 | 0.40 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa elachista</i> | 0.72 | 0.33 |
| Cyano | <i>Pseudanabaena mucicola</i> | 0.67 | 0.30 |
| Cyano | <i>Gleocapsa sp.</i> | 0.64 | 0.29 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa mucicola</i> | 0.64 | 0.29 |
| Cyano | <i>Dolichospermum solitarium</i> | 0.58 | 0.26 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa sp.</i> | 0.56 | 0.25 |
| Cyano | <i>Lyngbya sp.</i> | 0.53 | 0.24 |
| Cyano | <i>Chroococcus sp.</i> | 0.50 | 0.23 |
| Cyano | <i>Pseudanabaena galeata</i> | 0.47 | 0.21 |
| Cyano | <i>Trichodesmium lacustre</i> | 0.42 | 0.19 |
| ABUNDANTES | | | |
| Cyano | <i>Microcystis sp.</i> | 0.33 | 0.15 |
| Cyano | <i>Phormidium sp.</i> | 0.31 | 0.14 |
| Cyano | <i>Aphanothece sp.</i> | 0.28 | 0.13 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa incerta</i> | 0.25 | 0.11 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa koordersii</i> | 0.22 | 0.10 |
| MENOS ABUNDANTES | | | |
| Cyano | <i>Borzia trilocularis</i> | 0.19 | 0.09 |
| Cyano | <i>Oscillatoria princeps</i> | 0.19 | 0.09 |
| Cyano | <i>Chroococcus limneticus</i> | 0.17 | 0.08 |
| Cyano | <i>Chroococcus dispersus</i> | 0.17 | 0.08 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa endophytica</i> | 0.17 | 0.08 |
| Cyano | <i>Pseudanabaena sp.</i> | 0.17 | 0.08 |
| Cyano | <i>Coelosphaerium sp.</i> | 0.17 | 0.08 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa holsatica</i> | 0.14 | 0.06 |
| Cyano | <i>Dolichospermum circinalis</i> | 0.14 | 0.06 |
| Cyano | <i>Dolichospermum sp.</i> | 0.14 | 0.06 |
| Cyano | <i>Synechocystis sp.</i> | 0.11 | 0.05 |
| Cyano | <i>Aphanocapsa planktonica</i> | 0.11 | 0.05 |
| Cyano | <i>Dolichospermum spiroides</i> | 0.08 | 0.04 |
| Cyano | <i>Microcystis botrys</i> | 0.08 | 0.04 |
| Cyano | <i>Gleothoece sp.</i> | 0.08 | 0.04 |
| Cyano | <i>Microcystis potocystis</i> | 0.06 | 0.03 |
| Cyano | <i>Asterocapsa submersa</i> | 0.06 | 0.03 |
| Cyano | <i>Oscillatoria nigroviridis</i> | 0.06 | 0.03 |
| Cyano | <i>Oscillatoria geminata</i> | 0.06 | 0.03 |
| Cyano | <i>Oscillatoria sancta</i> | 0.06 | 0.03 |
| Cyano | <i>Lyngbya spirulinoides</i> | 0.06 | 0.03 |
| RARAS | | | |
| Cyano | <i>Microcystis flosaquae</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Oscillatoria sp.</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Oscillatoria ornata</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Lyngbya virgey</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Synechococcus nidulans</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Planktothrix sp</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Leptolyngbya perelegans</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Limnotrix sp.</i> | 0.03 | 0.01 |
| Cyano | <i>Limnococcus sp.</i> | 0.03 | 0.01 |

Tabla 4. Variación espacial y temporal de cianobacterias en el lago de Yojoa durante el estudio, mayo de 2014-marzo de 2015

| Especies muy abundantes en el conteo de células | Especies | M 1 | M 2 | M 3 | M 4 | M 5 | M 6 | Frec % |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| | <i>Dolichospermum solitarium</i> | 0 | 3 | 6 | 3 | 5 | 4 | 58 |
| | <i>Dolichospermum circinalis</i> | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 14 |
| | <i>Dolichospermum sp.</i> | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 11 |
| | <i>Dolichospermum spiroides</i> | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| Muy abundantes en M1 y M4 | <i>Microcystis aeruginosa</i> | 6 | 6 | 5 | 6 | 4 | 6 | 92 |
| | <i>Microcystis sp.</i> | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 4 | 33 |
| | <i>Microcystis botrys</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,6 |
| | <i>Microcystis potocystis</i> | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,6 |
| | <i>Microcystis flosaquae</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2,7 |
| | <i>Gleocapsa sp.</i> | 2 | 3 | 6 | 6 | 1 | 5 | 64 |
| | <i>Synechocystis sp.</i> | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11 |
| Muy abundantes en M2, M3, M5 y M6 | <i>Aphanocapsa delicatissima</i> | 2 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 89 |
| | <i>Aphanocapsa endophytica</i> | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| | <i>Aphanocapsa elachista</i> | 2 | 6 | 6 | 3 | 3 | 6 | 72 |
| | <i>Aphanocapsa mucicola</i> | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 6 | 64 |
| | <i>Aphanocapsa sp.</i> | 2 | 2 | 4 | 4 | 5 | 3 | 56 |
| | <i>Aphanocapsa incerta</i> | 0 | 0 | 4 | 1 | 3 | 1 | 25 |
| | <i>Aphanocapsa holsatica</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 14 |
| | <i>Aphanocapsa koordersii</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 14 |
| | <i>Aphanocapsa planctónica</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| | <i>Oscillatoria limosa</i> | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 2 | 89 |
| | <i>Oscillatoria princeps</i> | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 19 |
| | <i>Oscillatoria nigriviridis</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| | <i>Oscillatoria germinata</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5,6 |
| | <i>Oscillatoria sancta</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5,6 |
| | <i>Oscillatoria ornata</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,7 |
| | <i>Oscillatoria sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2,7 |
| | <i>Lyngbya sp.</i> | 0 | 1 | 3 | 3 | 6 | 6 | 53 |
| | <i>Lyngbya spirulinoidea</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,6 |
| | <i>Lyngbya virgey</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,7 |
| | <i>Phormidium sp.</i> | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 33 |
| | <i>Planktothrix sp.</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,7 |
| <i>Leptolyngbya perelegans</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,7 | |
| <i>Pseudanabaena mucicola</i> | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 67 | |
| <i>Pseudanabaena galeata</i> | 3 | 3 | 0 | 5 | 3 | 5 | 53 | |
| <i>Pseudanabaena sp.</i> | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 17 | |
| <i>Coelosphaerium sp.</i> | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 17 | |
| | Especies de cianobacterias tóxicas que aparecieron en el conteo de células (biovolumen) | | | | | | | |

Abundancia de la comunidad de cianobacterias

De acuerdo con los resultados del análisis cuantitativo que se presentan en tabla 5 sobre la abundancia de la comunidad de cianobacterias, analizada en base al número de células/especie/ ml, resultó lo siguiente.

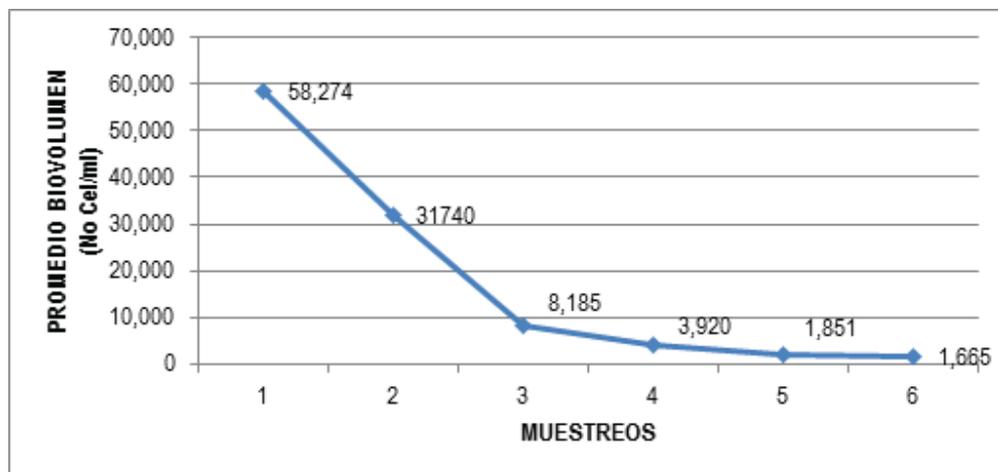
En el M1 con 349,641 cel/ml de cianobacterias, de las cuales obtuvo 155,001 células/ml distribuidas en las estaciones E1 (río Varsovia), E2 (quebrada Jutiapa) y E3 (punto índice) y *Microcystis* sp con 192,466 cel/ml distribuidas en la E4 (quebrada Cianuro), E5 (río Helado) y E6 (Hotel Brisas del Lago); *Oscillatoria limosa* en las estaciones E1, E2 y E6 con 2001 cel/ml. En el M2 con un total de 190,440 cel/ml de cianobacterias, de las cuales *Aphanocapsa delicatissima* con 188,361 cel/ml presentes en todas las estaciones, siendo más abundantes en la E3 con 82,000 cel/ml, En el (M3) un total de 49,110 cel/ml, de éstas, 46,467 cel/ml corresponden a *Aphanocapsa delicatissima*, distribuidas en E1, E2, E3 y E6, siendo más abundante en E1 con 15,853 cel/ml y en E6 con 13,667 cel/ml y *Aphanocapsa incerta* con 1773 cel/ml en E1, E4, E5 y E6.

En el M4, un total de 23,519 cel/ml, de las cuales 23,332 cel/ml corresponden a *Microcystis* sp. con presencia en todas las estaciones, siendo más abundantes en E6 con 6,667 cel/ml y *Gleocapsa* sp. con 187 cel/ml distribuidas en las estaciones E1, E2, E3, E4 y E6. En el M5 se reportaron 11,108 cel/ml, de las cuales 7,653 cel/ml corresponden a *Aphanocapsa delicatissima* distribuidas en E1, E2, E3, E4 y E5, siendo más abundantes en E5 con 2,187 cel/ml y *Oscillatoria limosa* con 2,001 cel/ml distribuidas en E1 con 1,334 cel/ml y en la E3 con 667 cel/ml. Asimismo, estuvo presente *Trichodesmium lacustre* con 1,334 cel/ml en la E3 y E6. En el M6 aparecieron 9,991 cel/ml, siendo la especie más abundante *Aphanocapsa delicatissima* en la E1, E2, E4 y E5 con 5,834 cel/ml y *Aphanocapsa elachista* en E2, E4, E5 y E6 con 1,340 cel/ml y *Lyngbya* sp. en E2 con 2,000 cel/ml.

Con relación al promedio de cel/ml de cianobacterias por muestreo se puede observar en tabla 5 y figura 3, que el número de células de cianobacterias/ml fue disminuyendo progresivamente durante el período de estudio, encontrándose el mayor promedio (58,274) en el M1 al final de la época seca de 2014 y el menor número (1,665) en el M6 de la época seca de 2015.

De acuerdo a los resultados del análisis cuantitativo (No. de células/ml) de las muestras del lago de Yojoa, se pudo determinar mayor abundancia en M1, M2 y M3 (Figura 3 y Tabla 5), siendo la mayor abundancia en M1, que coincidió con el final de un evento de floración; es posible que ésta haya ocurrido a mediados del mes de mayo de 2014, ya que en el M1 se observó una nata superficial de color café verdoso correspondiente a *Oscillatoria limosa* y *Lyngbya* sp. en proceso de descomposición. Igualmente, al momento de la identificación se observó abundancia de fitoflagelados y vorticelas entre las colonias de *Microcystis aeruginosa*. Este tipo de floración evidente en la superficie es de tipo acumulativa (Bonilla, S. y Aubriot, L, 2009).

Figura 3. Variación del promedio por muestreo del biovolumen (número de células/ml) en las diferentes estaciones durante los diferentes muestreos en el lago de Yojoa del 30 de mayo de 2014 al 23 de marzo de 2015



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos generados en la investigación.

Tabla 5. Variación del número de células por ml (biovolumen) en el lago de Yojoa del 30 de mayo de 2014 al 23 de marzo de 2015.

| BIOVOLUMEN (No. de Cel/ml) | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Estación | Muestreo 1 | Muestreo 2 | Muestreo 3 | Muestreo 4 | Muestreo 5 | Muestreo 6 |
| E1 | 62334 | 31474 | 15913 | 3400 | 2974 | 1330 |
| E2 | 57334 | 23523 | 10450 | 3373 | 1647 | 4766 |
| E3 | 36834 | 82003 | 7650 | 3360 | 2427 | 217 |
| E4 | 148333 | 21867 | 400 | 3373 | 1210 | 1224 |
| E5 | 18336 | 18096 | 330 | 3333 | 2184 | 1554 |
| E6 | 26467 | 11480 | 14367 | 6680 | 673 | 920 |
| Total | 349641 | 190440 | 49110 | 23,519 | 11,108 | 9991 |
| Prom | 58,274 | 31,740 | 8,185 | 3,920 | 1,851 | 1,665 |
| Max | 148,333 | 82003 | 15,913 | 6,680 | 2974 | 4,766 |
| Min | 26,467 | 11,480 | 330 | 3,333 | 673 | 920 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos generados en la investigación.

Aunque no se observaron diferencias muy significativas en los resultados de algunos parámetros ambientales, es probable que los parámetros ambientales que estimulan el crecimiento de cianobacterias y de las variaciones temporales y espaciales en su densidad durante ese período fueron la radiación solar, las altas temperaturas, estabilidad de la columna de agua, promedios altos de ortofosfatos y de nitrógeno y pH ligeramente alcalino.

Es importante mencionar que el comportamiento del pH en el agua es el resultado de los iones suspendidos y de la productividad de las algas (Koschel, 1997). También, Pizzolon (1996) menciona que el pH elevado favorece el desarrollo de las cianobacterias por su capacidad para transformar los iones de bicarbonatos y carbonatos en dióxido de carbono. Cualquiera que sea el mecanismo involucrado, el predominio de las cianobacterias en muchos de los ecosistemas acuáticos es una respuesta del ambiente a la eutroficación cultural.

Es importante indicar que las estaciones en las que se observó mayor abundancia de células por ml de cianobacterias en el M1, corresponde a las estaciones E1 río Varsovia y E4 quebrada Raíces, las cuales reciben mayor aporte de nutrientes de origen antropogénico y por otra parte, la E3 Punto Índice en M2, posiblemente debido a los desechos producidos por el cultivo de tilapia.

A nivel mundial la frecuencia y duración de las floraciones de cianobacterias están en aumento. Esto ha sido atribuido al calentamiento global debido a que las cianobacterias crecen a temperaturas óptimas mucho más altas que las algas eucariotas. Así mismo, varios autores, basándose en observaciones de comunidades naturales en el laboratorio y en el campo, han destacado también el efecto positivo de la temperatura sobre el desarrollo de cianobacterias (Forastier y otros, 2013). Vela y otros (2007), indican que la temperatura y el pH influyen en las proliferaciones algales, siendo más propicias las temperaturas entre 20 y 30 grados, pH neutros o básicos. Forastier y otros (2013) demostraron experimentalmente que las cianobacterias pueden predominar con la presencia de rangos altos de nutrientes y a su vez, apuntan que el efecto de los nutrientes sobre el desarrollo de cianobacterias es menos significativo que la influencia que tienen los factores físicos, tales como temperatura, radiación solar y estabilidad de la columna de agua.

El promedio de las cianobacterias en el lago por muestreo superó las 20,000 células por ml encontradas en M1 y en M2 (Tabla 5). Los resultados anteriores hubieran justificado el establecimiento de alertas determinada por la OMS para cuerpos de agua de uso recreativo (Chorus y Bartram, 1999). Los resultados de este estudio

ponen en evidencia la necesidad de que las organizaciones responsables del manejo del lago de Yojoa establezcan programas sistemáticos de alerta, seguimiento y monitoreo a los eventos de floraciones de cianobacterias, así como vigilar la aplicación de planes de manejo ya existentes.

Índices de diversidad, dominancia y similitud espacial y temporal de cianobacterias del lago de Yojoa durante el periodo de estudio

Espacialmente la diversidad de cianobacterias fue mayor 3.31 en la estación frente al Hotel Brisas del Lago (E6), posiblemente por el hecho de que esta estación se encuentra al final de la corriente predominante inducida hacia el canal de Cañaverál y la menor fue de 3.03 en E3 (punto índice o Aquafinca Saint Peter). Temporalmente, la diversidad fue mayor de 3.23 en M1 a finales del verano e inicio de la época lluviosa de 2014 y la menor fue de 2.96 en M5 a mediados del verano de 2015.

De acuerdo al resultado del índice de diversidad, es muy probable que las condiciones limnológicas del agua del lago pudieron haber influenciado espacial y temporalmente la diversidad de especies, y que éste resultado esté relacionado de manera general con el clima, especialmente la temperatura y con los nutrientes (Margalef, 1997). Por su parte, De León y Chalar (2003) mencionan que las variaciones de la diversidad están asociadas a las características productivas de la comunidad.

Espacialmente la dominancia durante el estudio, fue mayor (0.378) para la quebrada Raíces (E4) al final época lluviosa e inicio de la seca de 2014. Las especies dominantes en esta estación fueron: *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa elachista*, *Aphanocapsa sp*, *Oscillatoria limosa*, *Pseudoanabaena mucicola* y el valor menor fue de 0.247 en E3 (punto índice, *Aquafinca Saint Peter Fish*), con las especies: *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Oscillatoria limosa* y *Pseudoanabaena galeata*. Temporalmente, la mayor dominancia fue de 0.586 en M6 en época seca, dominando las especies: *Microcystis aeruginosa*, *Chroococcus limneticus*, *Chroococcus sp*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa mucicola*, *Aphanocapsa elachista*, *Lyngbya sp*, *Gleocapsa sp* y *Pseudoanabaena mucicola*. El valor menor fue de 0.189 en M1 al final de la época seca. Las especies que dominaron fueron: *Microcystis aeruginosa* y *Oscillatoria limosa*.

De acuerdo a los resultados, no se observa variación significativa en la dominancia de especies de cianobacterias espacial y temporalmente entre estaciones y muestreos. Tanto espacial como temporalmente, los valores del índice de Berger y Parker resultaron bajos, siendo el M1 al final de la época seca e inicio de la lluviosa en la E3

(punto índice, Aquafinca Saint Peter Fish), ambos resultados son indicadores de contaminación orgánica y degradación general y la especies identificadas son coincidentes con las especies dominantes indicadoras de sistemas de aguas continentales eutroficados.

Los valores de similitud, disimilitud o distancia entre estaciones (espacial), muestran que la mayor similitud fue de 0.73 entre E2 y E3 (quebrada Jutiapa y punto índice o Aquafinca Saint Peter) y la menor similitud fue de 0.47 entre E4 y E6, quebrada Raíces y frente al Hotel Brisas del Lago. La similitud entre muestreos (temporal) fue mayor (0.67) entre M3 y M5 en época lluviosa y a inicios de la época seca y entre M4 y M6 en la época lluviosa y época seca, respectivamente y la menor fue de 0.42 entre M2 y M5 a inicio de la época lluviosa e inicio de la época seca. De allí que al comparar los índices de similitud espacial, las estaciones vecinas E1-E2, E3-E4 y E5-E6 presentan índices relativamente altos. De igual forma, las estaciones que son influenciadas directamente por la desembocadura de cuerpos de agua corresponden a E1-E5, E2-E5 y E1-E6. De acuerdo a los resultados obtenidos, no hubo variación significativa, ya que tanto espacial como temporalmente se presentan especies en común. En todo el estudio, los valores de similitud espacialmente oscilaron entre 0.47 y 0.73 y temporalmente entre 0.42 y 0.67.

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA), espacialmente el resultado correspondió a 0.63 y temporalmente a 0.78. El promedio de organismos en el espacio y en el tiempo fue igual, con 95 % de confiabilidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Aunque se han realizado muchos estudios en el lago de Yojoa, no se tiene información sobre las corrientes superficiales y de las masas de agua del mismo, ni tampoco existe un estudio sistemático de las especies de cianobacterias.
2. El 59 % de las especies de fitoplancton encontradas en el lago de Yojoa corresponden a la clase *Cyanophyceae* con 48 especies de las familias *Nostocaceae* (4), *Mycrocystaceae* (6), *Chroococcaceae* (5), *Synechococcaceae* (12), *Oscillatoriaceae* (10), *Phormidiaceae* (3), *Borziaceae* (1), *Pseudoanabaenaceae* (5) y *Merimospediaceae* (2).
3. Las especies dominantes durante el estudio fueron *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima* y *Oscillatoria limosa*, especies potencialmente productoras de toxinas.

4. Las cianobacterias predominaron durante los tres primeros muestreos con dominancia de *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis sp.* y *Oscillatoria limosa* en mayo, correspondiente al final de la época seca e inicios de la lluviosa de 2014 con un promedio de 58,274 cel/ml. *Aphanocapsa delicatissima* y *Oscillatoria limosa* predominaron en julio correspondiente al veranillo o canícula con un promedio de 31,740 cel/ml y *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa incerta* y *Aphanocapsa elachista* en septiembre que corresponde a época lluviosa del 2014 con un promedio de 8,185 cel/ml. , siendo mayor a finales de la época seca e inicio de la lluviosa de 2014 y en el verano de 2015 coincidiendo con temperaturas, conductividad, promedios de ortofosfatos y de nitrógeno total y pH altos, por lo que los factores físicos-químicos pudieron influenciar su distribución espacial y temporal.
5. Es posible que la aparición de especies reportadas solamente en algunas estaciones de muestreo esté determinada por las algas que se desarrollan en cada sistema lótico que aporta sus aguas al lago de Yojoa. Las variaciones espaciales y temporales de cianobacterias en el Lago de Yojoa además pudieron estar influenciadas por la morfología del lago, el clima, la disponibilidad de los nutrientes y especialmente las corrientes prevalecientes de las masas de agua relacionadas con el manejo de las descargas para la Represa Cañaverál. El patrón de lluvia en el lago pudo haber influido en el arrastre de cantidades considerables de fósforo y nitrógeno y otras sustancias que afectan el pH básico del agua superficial, turbidez y transparencia. Bajo ciertas condiciones, especialmente donde las aguas son ricas en nutrientes con aumento en el contenido de fósforo y nitrógeno provenientes principalmente de actividades agrícolas y de efluentes cloacales y alta radiación solar, las cianobacterias pueden multiplicarse hasta alcanzar altas densidades. Además, los parámetros como luz las temperaturas entre 20 y 30 grados y pH neutros o básicos son ideales para las floraciones de cianobacterias. Lo anterior se evidenció con la abundancia promedio de las cianobacterias en el primer muestreo (M1) correspondiente al final de la época seca e inicio de la época lluviosa, en la época lluviosa con presencia de veranillo(M2) y en la época lluviosa(M3) que coincidió con el final de un evento de floración algal.
6. A pesar del enriquecimiento por los nutrientes producido por las actividades acuícolas sin control y las actividades agrícolas (exceso de fertilizantes, aguas mieles y lavado de suelos por la deforestación y malas prácticas agropecuarias y agrícolas) en las microcuencas y en la zona litoral del lago, la corriente subsuperficial prevaleciente de sur a norte, contribuye a que el impacto no sea tan drástico para el metabolismo del sistema. Sin embargo, este enriquecimiento de nutrientes favorece a las cianobacterias, pudiendo haber floraciones de diferentes especies en cualquier época del año.

7. Establecer un programa de monitoreo y manejo de florecimiento de algas tóxicas. Lo cual requiere:
Muestreo, identificación y conteo permanente de especies indicadoras para un programa de alerta y manejo de los florecimientos algales y evitar problemas de salud de los pobladores y usuarios del área de influencia del Lago de Yojoa.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras por el soporte económico de una beca sustantiva para el desarrollo de ésta investigación. Asimismo, el agradecimiento a la Asociación de Municipios para la Protección del Lago de Yojoa (AMUPROLAGO) por el apoyo en infraestructura para la realización del trabajo de campo. Gracias también al doctor Oscar Parra y a la estudiante de doctorado Isis Yelena Montes, de la Universidad de Concepción, Chile por revisar y validar la clasificación de algunas de las cianobacterias. Igualmente se agradece a la Master Esperanza Izaguirre, Licenciados Marcela Garay, Ronald Castellón y Jorge Carranza por realizar los muestreos y al Departamento Técnico de la ENEE por habernos facilitado información hidrológica de 2014 y 2015 de la cuenca del lago de Yojoa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonilla, S. y Aubriot, L. (2009). *Manual para la identificación y medidas de gestión*. UNESCO.
- Briand, J.; Jacquet, S.; Bernard, C. & Humbert, J. (2003). Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. *Vertebrates Research*, 34, 361–377.
- Chorus, I. & Bartram, J. (1999.) *Tóxicos cianobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: W.H.O. E and FN spon.
- Cruz, G. y Delgado, R. (1986). Distribución de macrófitas en el lago de Yojoa. *Rev. Biol. Trop.*, 34(1), 141-149.
- De León, L. y Guillermo Chalar. (2003). Abundancia y diversidad de fitoplancton en el embalse de Salto Grande (Argentina–Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. *Limnetica*, 22(1–2), 103–113.
- Forastier, M. E.; Zalocar, Y.; Sedan, D. y Andrinologo, D. (2013). Cianobacteria y cianotoxinas en una laguna somera del Nordeste de Argentina. *FACENA*, 29, 65- 67.
- Goldman, C. y Vaux, P. (1984). El Cajón *hydroelectric project, limnology and fisheries*

- program final report*. Tegucigalpa: ENEE.
- Hernández, M.R.; Ortega, M.R.; Sánchez, J.D.; Alvarado, V.R. y Aguilera, M.S. (2011). Distribución estacional del fitoplancton en un lago cálido monomítico en Michoacán, México. *Biológicas*, 13(2), 21–28.
- Hernandez, A.I.; Marin, M.; Hernandez, M.L. y Garay, M. (2016). Variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia del fitoplancton del Lago de Yojoa en un año hidrológico 2014-2015. *Revista Ciencia y Tecnología*, 19, 40-77.
- Horne, A.J. y Goldman, C.R. (1994). *Limnology*. EE.UU.: McGraw Hill.
- Koschel, R.H. (1997). Estructure and function of pelagic calcite precipitation in lake ecosystems. *Verb. Int. Ver. Limnol*, 26, 343–349.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprokaryota. I. Teil: Chroococales. *Susswasserflora Von Mitteleuropa*. Begr. Von Pascher Hrsg. Von H. Ette. Jena. G. Fischer Bd. 19. 548 pp.
- Margalef, R. (1997). *Excellence in Ecology*. Germany: Ecology Institute.
- Melack, J.M. (1996). Recent developments in tropical limnology. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26, 211–217.
- Otero, L. (2011). *Temporalidad de parámetros de calidad en el lago de Yojoa, Honduras*. Tesis. Facultad de Geología, Universidad de Oviedo. España.
- Pearl, H.W. & Huisman, J. (2008). Blooms like it hot. *Science*, 320, 57–58.
- Pearl, H.W. & Huisman, J. (2009). Climate change: A catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environment Microbiology Reports*, 1, 27–37.
- Pizzolon, L. (1996). Importancia de las cianobacterias como factor de toxicidad en las aguas continentales. *INTERCIENCIA*, 21(6), 239–245.
- Reynolds, C. S. (1988). *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge. Inglaterra. Cambridge University Press.
- Reynolds, C. S. (2006). *Ecology of phytoplankton*. Cambridge. Inglaterra. Cambridge University Press.
- Roset, J.; Aguayo S. y Muñoz, M.J. (2001). Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. *Revista de Toxicología*, 18, 65–71.
- Sandoval, S. (2003). *Evaluación de la calidad del agua del lago de Yojoa*. Tegucigalpa: ENEE.
- Sandoval, S. A. (2005). La verdad sobre la llamada contaminación de las aguas del lago de Yojoa. *Ciencia y Tecnología*, (15), 1-17.
- Studer, E. (2007). *Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos. Indicadores del estado trófico del lago de Yojoa, Honduras*. Tesis. EPFL-CESCCO.
- UNESCO. (2009). Cianobacterias planctónicas del Uruguay. *Manual para la identificación y medidas de gestión*. Sylvia Bonilla (editora). Documento Técnico PH –LAC, N 16. Uruguay.
- Vela, L.; Sevilla, E.; Martin, B.; Pellicer, S.; Bes, M.T.; Fillat, M.F. y Peleato, M.L. (2007). Las microcistinas. *Rev. Real Academia de Ciencias*, 62, 35–146. Zaragoza.
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology*. EE.UU.: Academic Press.

Flora del Parque Arqueológico de Copán, Honduras

Lilian Ferrufino-Acosta, German Sandoval y Olvin Oyuela ¹

RESUMEN

El Parque Arqueológico de Copán se estudió la flora que habita en esta área protegida. Se registraron 94 especies vegetales, siendo el 76 % eudicotiledóneas, 16% monocotiledóneas y el 10 % angiospermas basales. La familia Fabaceae (10) es la mejor representada. En los nueve transeptos lineales de 0.1 km se identificaron un total de 57 especies de plantas arbóreas y arbustivas y se contaron 605 individuos, siendo *Brosimum alicastrum* Sw. el más abundante. Las especies *Cedrela odorata* L. y *Swietenia macrophylla* King están categorizadas en su estado de conservación como vulnerable según la lista roja de UICN y el apéndice III de CITES. En su mayoría, las especies registradas en el sitio presentan un uso potencial ya sea medicinal, industrial y de aprovechamiento forestal.

Palabras clave: *sitio arqueológico, especies vegetales, Fabaceae, Brosimum alicastrum.*

¹ Profesores de la Escuela de Biología y Herbario Cyril Hardy Nelson Sutherland (TEFH), Facultad de Ciencias, UNAH: lilian.ferrufino@unah.edu.hn, german.sandoval@unah.edu.hn, olvin.oyuela@unah.edu.hn.

ABSTRACT

The Archaeological Park of Copan studied the flora that inhabit in this protected area. There were 94 plant species, being 76% eudicotiledóneas, 16% monocotyledons and 10% basal angiosperms. The Fabaceae family (10) has the highest number of species. In the nine linear transects of 0.1 km, a total of 57 species of arboreal and shrub plants were identified and 605 individuals were counted, being the most abundant *Brosimum alicastrum*. *Cedrela odorata* L. and *Swietenia macrophylla* species categorized as vulnerable according to the IUCN red list and listed in Appendix III of CITES. Most of the species registered on the site present a potential use, as medicinal, industrial and forestry.

Key words: Archaeological sites, plant species, Fabaceae, Brosimum alicastrum.

INTRODUCCIÓN

El Parque Arqueológico de Copán fue declarado por la UNESCO Patrimonio Mundial el 5 de septiembre de 1980, siendo uno de los sitios más turísticos en Honduras. Este territorio fue parte, junto con el sur de México y Guatemala, del "Área Maya del Pacífico", considerándose un centro de domesticación de plantas y aves para huertos familiares. Actualmente, el territorio es cohabitado por los herederos de los mayas y mestizos; de forma tal que la hibridación de estas culturas conlleva el cultivo y la crianza de plantas y animales nativos e introducidos (Rivas 2010). Según Vargas Pérez (2004) el área maya mesoamericana se divide tres regiones: 1) la norte, que abarca Yucatán, el norte de Campeche y Quintana Roo en México; 2) el área central, incluye el Palenque en México, Petén en Guatemala hasta Copán en Honduras; y la 3) el área sur, que incluye los altiplanos y costas del Océano Pacífico de Chiapas y Guatemala y las áreas costeras de El Salvador y Honduras.

La vegetación del El Parque Arqueológico de Copán está formada por bosque secundario con una alta densidad de árboles de *Brosimum alicastrum* Sw. (san ramón). Sin embargo, la presencia de otras especies como *Hymenaea courbaril* L. (guapinol), *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (indio desnudo), *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (guanacaste), *Cedrela odorata* L. (cedro). Además está conformada por un bosque deciduo estacional mixto constituido por árboles que dejan caer sus hojas en la estación seca (House 2007; Asociación Copán 2013). Sin embargo, en la periferia del parque las actividades antrópicas como la ganadería y la agricultura han contribuido a la deforestación del área.

Los bosques estacionales de Copán en comparación con otros sitios del Mundo Maya son relativamente pequeños y muy fragmentado, y por esta razón su valor ecológico fue subestimado. En estudios recientes a nivel nacional se ha demostrado que estos bosques se encuentran entre los más raros y amenazados de todo Honduras. Siendo el fragmento dentro del área protegida de las Ruinas de Copán el único bosque de esta categoría protegida en Honduras (House 2007).

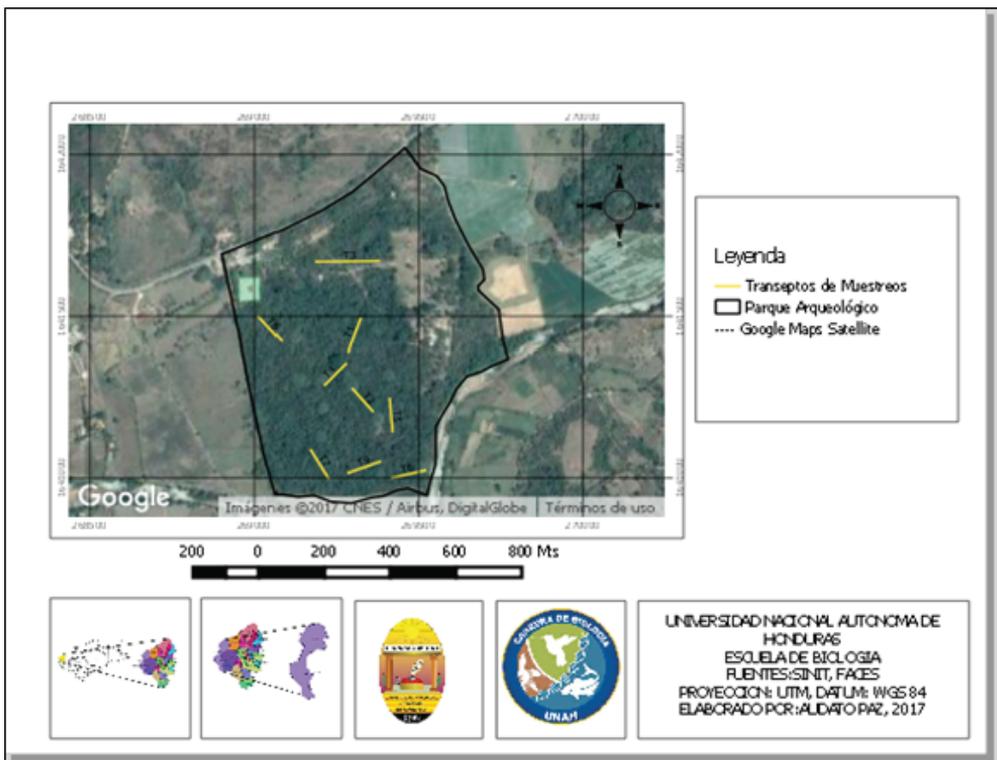
El propósito de este proyecto fue realizar un inventario florístico del Parque Arqueológico de Copán para evaluar la diversidad vegetal en los fragmentos de bosque y de esta manera contribuir al Programa de Manejo de Recursos Naturales con el fin de cumplir las actividades y las líneas estratégicas propuestas en el plan de manejo 2014-2020.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Parque Arqueológico de Copán se encuentra ubicado en el Valle de Copán en el municipio de Copán Ruinas en el departamento de Copán, Honduras. Cuenta con un área de 60.95 ha y se ubica a $89^{\circ} 08' 31''$ W, $14^{\circ} 50' 22''$ N en una altitud 500-600 msnm (figura 1). En la zona se registra una temperatura promedio anual superior a los 18° C. y con una precipitación anual promedio superior a los 1,000 mm. (Asociación Copán, 2013).

Figura 1. Localización del Parque Arqueológico de Copán en imagen satelital y de los nueve transeptos basados en las coordenadas.



Muestreo

El estudio fue realizado entre el 25-26 de agosto de 2016 y del 9-10 de junio de 2017. Para determinar la riqueza de especies de plantas leñosas se realizaron nueve transectos lineales de 0.1 km, según el método Gentry (1982) (figura 1). Cada uno abarcó 100 m de longitud x 10 m de ancho, distribuidos en el área boscosa dentro del Parque Arqueológico de Copán (Figura 2). Una vez establecidos y georreferenciados los transectos, se identificó y se contó el número de individuos por especie. La representación de los datos de densidad de las 48 especies registradas, el área calculada es aproximada de 2,6 ha.

$100 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 1000 \text{ m}^2 = 0,1 \text{ ha} \times 9 \text{ transectos} = 0.9 \text{ ha}$

El material vegetal fue prensado, secado e identificado en el Herbario Cyril Hardy Nelson Sutherland (TEFH). Los nombres comunes fueron consultados en el catálogo de plantas vasculares de Honduras (Sutherland Hardy 2008) y otros consultados a los guías de campo.

Resultados y discusión

De las 94 especies registradas, 67 son *eudicotiledóneas* (71%), 15 monocotiledóneas (16%), 10 angiospermas basales (13%) y una especie de helecho (cuadro 1 y figuras 2), siendo la mayoría de las especies nativas. Entre las especies exóticas se registra la especie de orquídea terrestre *Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl., considerada una especie invasora y actualmente se ha observado que invade áreas de amortiguamiento en reservas naturales del país.

Estudios realizados en sitios arqueológicos de la región Maya registran especies y familias de angiospermas similares en particular eudicotiledóneas a las encontradas en el Parque Arqueológico Copán. Gómez-Domínguez et al. (2015) con un listado florístico del Parque Nacional Palenque en Chiapas, México ... no obstante la comparación con otros estudios realizados con base en el número de especies es difícil ya que Copán es el sitio más pequeña del área Maya.

En los nueve transectos se identificaron un total de 605 individuos, de estas 57 especies arbóreas y arbustivas. El transecto número ocho presentó la mayor abundancia con 120 individuos, por el contrario el transecto nueve con 37 individuos, siendo el menos abundante (Figura 3).

Figura 2. Algunas especies registradas en el Parque Arqueológico de Copán.



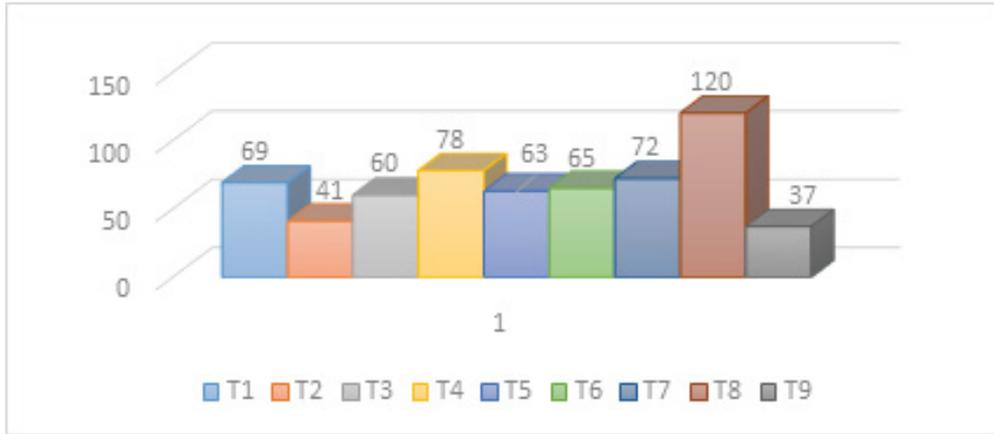
A. *Aristolochia máxima* Jacq.; B. *Bursera simaruba* (L.) Sarg.; C. *Ardisia compressa* Kunth; D. *Cornutia pyramidata* L.; E. *Capparis frondosa* Jacq.; F. *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud.; G. *Bromelia karatas* L.; H. *Rauvolfia tetraphylla*

Fuente: fotos tomadas por el personal del Herbario TEFH

Dentro de los nueve transeptos la especie más abundante fue *Brosimum alicastrum* (san ramón) con un total de 146 individuos y una densidad de 162 individuos por hectárea Cuadro 2). Esta especie forma parte de las forrajeras en las comunidades Mayas en Yucatán, México (Flores y Bautista 2012). En el sitio arqueológico de Oxpe-mul en Campeche, México *B. alicastrum* presentó mayor abundancia, considerando que favorece su crecimiento en ambientes que generalmente presentan alta pedregosidad con suelos delgados (Zamora-Crescencio y Gutiérrez-Báez, 2012).

El Valle de Copán presenta llanuras aluviales o vegas y terrazas con pendientes pronunciadas (Asociación Copán 2013). Vega-López et al. (2003) comentan que *Brosimum alicastrum* en la costa del Océano Pacífico habita en suelos aluviales.

Figura 3. Número de individuos por transectos en los sitios muestreados en el Parque Arqueológico de Copán.



Cuadro 2. Abundancia, porcentaje de cobertura por especies y densidad de las especies registradas en el Parque Arqueológico de Copán.

| Taxa | Abundancia | % de cobertura | Densidad |
|--------------------------------|------------|----------------|----------|
| <i>Brosimum alicastrum</i> | 146 | 57,0 | 162,2 |
| <i>Ardisia paschalis</i> | 60 | 23,4 | 66,7 |
| <i>Calycophyllum mexicanum</i> | 51 | 19,9 | 56,7 |
| <i>Bursera simaruba</i> | 46 | 18,0 | 51,1 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 31 | 12,1 | 34,4 |
| <i>Cedrela odorata</i> | 30 | 11,7 | 33,3 |
| <i>Piper aduncum</i> | 25 | 9,8 | 27,8 |
| <i>Astronium graveolens</i> | 22 | 8,6 | 24,4 |
| <i>Bromelia pinguin</i> | 19 | 7,4 | 21,1 |
| <i>Spondias mombin</i> | 12 | 4,7 | 13,3 |
| <i>Trichillia martiana</i> | 12 | 4,7 | 13,3 |
| <i>Bellucia axinantha</i> | 11 | 4,3 | 12,2 |
| <i>Pithecoelobium dulce</i> | 11 | 4,3 | 12,2 |
| <i>Eugenia</i> sp. | 10 | 3,9 | 11,1 |
| <i>Pisonia aculeata</i> | 9 | 3,5 | 10,0 |
| <i>Rubus</i> sp. | 9 | 3,5 | 10,0 |
| <i>Cordia alliodora</i> | 7 | 2,7 | 7,8 |
| <i>Thouinia serrata</i> | 7 | 2,7 | 7,8 |
| <i>Urea baccifera</i> | 7 | 2,7 | 7,8 |

| Taxa | Abundancia | % de cobertura | Densidad |
|---------------------------------|------------|----------------|----------|
| <i>Annona muricata</i> | 6 | 2,3 | 6,7 |
| <i>Castilla elastica</i> | 6 | 2,3 | 6,7 |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | 6 | 2,3 | 6,7 |
| <i>Epiphyllum hookerii</i> | 6 | 2,3 | 6,7 |
| <i>Acacia collinsii</i> | 5 | 2,0 | 5,6 |
| <i>Acrocomia mexicana</i> | 5 | 2,0 | 5,6 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 4 | 1,6 | 4,4 |
| <i>Zanthoxylum sp.</i> | 4 | 1,6 | 4,4 |
| <i>Ceiba pentandra</i> | 3 | 1,2 | 3,3 |
| <i>Bonellia macrocarpa</i> | 3 | 1,2 | 3,3 |
| <i>Ceiba petandra</i> | 3 | 1,2 | 3,3 |
| Fabaceae | 3 | 1,2 | 3,3 |
| Myrsinaceae | 3 | 1,2 | 3,3 |
| Morfoespecie1 | 3 | 1,2 | 3,3 |
| <i>Crataeva tapia</i> | 2 | 0,8 | 2,2 |
| <i>Genipa americana</i> | 2 | 0,8 | 2,2 |
| Morfoespecie2 | 2 | 0,8 | 2,2 |
| Morfoespecie3 | 2 | 0,8 | 2,2 |
| Morfoespecie4 | 2 | 0,8 | 2,2 |
| <i>Alvaradoa amorphoides</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Andira inermis</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Arrabidaea sp.</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Carludovica palmata</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Cecropia peltata</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Luehea speciosa</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Oncidium cebolleta</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Quercus sp.</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Swietenia humilis</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |
| <i>Trichilia havanensis</i> | 1 | 0,4 | 1,1 |

Riqueza de especies por familia

La familia con más riqueza de especies encontrada fue Fabaceae con diez especies, seguida por Meliaceae, Moraceae y Piperaceae con cinco especies cada familia, así como Apocynaceae y Rubiaceae con cuatro especies. El resto de las especies se

ubican en diferentes familias de Angiospermas y Monilofitas (cuadro 1). En otros sitios arqueológico también ha sido reportada la familia Fabaceae con mayor número de especies: el sitio arqueológico Casa Vieja, en el distrito Callango en Perú (Roque et al., 2003); así como el cono sur del estado de Yucatán (Zamora-Crescencio et al., 2009); y Oxpemul en Campeche, México (Zamora-Crescencio et al., 2012); y en los huertos familiares de Quintana Roo, México (Kantún-Balam et al., 2013) y en las comunidades aledañas a la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México (Chi Quej, 2009).

Estado de conservación de las especies

Según la lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de La Naturaleza (UICN) categoriza *Lonchocarpus rugosus Benth.* (Fabaceae) en preocupación menor. *L. rugosus* tiene una madera de alta calidad y habita en una variedad de tipos de hábitat, incluyendo bosques de robles bajos, bosques tropicales con *Enterolobium*, bosque subdeciduo con *Brosimum*, así como laderas y barrancos. Este taxón está adaptado para hacer frente a las condiciones de sequía (Vozzo 2002).

Otras especies de la familia *Meliaceae*, *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* en la categoría vulnerable. La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) ubica las especies de la familia de monocotiledóneas: *Orchidaceae* y *Bromeliaceae* y *S. macrophylla* en el apéndice II; no obstante *C. odorata* la coloca en el apéndice III.

Usos potenciales

Entre otras las especies de importancia económica en particular en aprovechamiento forestal que se encuentran en el parque, se enlistan: *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Maclura tinctoria*, *Swietenia macrophylla*, *Luehea speciosa*, *Quercus sp.* *Enterolobium cyclocarpum*, *Genipa americana*, *Ceiba pentandra*, *Astronium graveolens*, *Guazuma ulmifolia*, *Spondias purpurea*, *Calycophyllum candidissimum*, *Trichilia martiana*, *Sapranthus violaceus*, *Alvaradoa amorphoides*, *Lonchocarpus rugosus*, *Simarouba glauca*, *Pithecellobium dulce*.

Otras especies registradas en el sitio con importancia industrial se enlistan: *Carludovica palmata*, *Jatropha curcas*, *Maclura tinctoria*, *Trichillia martiana*, *Castilla elástica*, *Indigofera suffruticosa*, *Andira inermis*. Algunas comestibles como *Spondias purpurea*, *Annona muricata*, *Sideroxylon capiri*, *Genipa americana*, *Guazuma. ulmifolia*, *Simarouba glauca*, *Pithecellobium dulce*, *Brosimum alicastrum*, *Acrocomia mexicana*.

También se usan especies para el forraje: *Gliricidia sepium*, *G. ulmifolia*, *S. purpurea*, *Ceiba pentandra*, *Bursera simaruba*, *P. dulce*, *B. alicastrum*, así como cercas vivas, *G. sepium*. Flores y Bautista (2012) comentan que las comunidades mayas de la Península de Yucatán en México usan 196 especies vegetales para alimentar a los animales, de las cuales 139 herbáceas, 17 arbustivas, 35 arbóreas y dos palmeras.

La mayoría de las especies del parque presentan propiedades medicinales entre las que se menciona *Smilax spinosa*, *Genipa americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Jatropha curcas*, *A. graveolens*, *Annona muricata*, *Calycophyllum candidissimum*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Trichillia martiana*, *Alvaradoa amorphoides*, *Bursera simaruba*, *Simarouba glauca*, *Pithecellobium dulce*, *Andira inermis*, *Bonellia macrocarpa*, *Casearia corymbosa*, *Hamelia patens*, *Cornutia pyramidata*, *Dioscorea sp.* Otras especies sus flores producen miel siendo: *C. candidissimum*, *Pithecellobium dulce*, *C. alliodora*. Zamora Crescencio et al. (2009) mencionan que las familias rurales mayas en el Cono Sur del estado de Yucatán reportan de la flora local el uso de plantas medicinales.

Algunas especies nativas han sido cultivadas en el sitio por los mayas como es el caso de *Brosimum alicastrum*, llamado comúnmente “música” o “san ramón” como un sustituto del maíz y de papa. Además, los frutos fueron usados por los precolombinos ya que la fruta posee un olor agradable y dulce y a su vez la harina de la semilla fue usada por los mayas. Entre otros usos que se reportan: pastos, usos medicinales y maderables (Cordero y Boshier 2003).

Vargas Pérez (2004) menciona que los mayas han usado los recursos naturales en un periodo de unos 3000 años (2000 a.C. al 1000 d.C). La cultura Maya realizó con éxito el manejo de los recursos naturales, en particular la flora, lo que conlleva a una gran diversidad de especies vegetales y los diversos sistemas de producción agroforestal, entre éstos los cultivos y el huerto familiar (Kantún-Balam et al., 2013). Cabe mencionar que la conservación del sitio arqueológico ha promovido la sucesión ecológica del bosque, así como el establecimiento de algunas especies arbóreas.

CONCLUSIONES

- Esta área protegida, Parque Arqueológico de Copán alberga flora nativa con un potencial en el uso medicinal, industrial y de aprovechamiento forestal. Sin embargo el sitio arqueológico se encuentran en un fragmento de bosque debido a las

presiones antrópicas. También en el parque se registran especies con prioridad para su conservación, ya que algunas son enlistadas en la lista Roja de UICN y el apéndice II de CITES debido a la reducción de sus poblaciones así como por su comercialización.

- El estudio florístico del Parque Arqueológico de Copán es la base para evaluar la diversidad vegetal del área protegida como parte de una de las líneas estratégicas y del Programa de Manejo de Recursos Naturales propuesto en el plan de manejo 2014-2020.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece al Instituto en Arqueoastronomía y Patrimonio Cultural y Natural (IAR-PACUNA) de la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH y la Asociación Copán por el apoyo logístico y económico. A los especialistas que colaboraron en la identificación de material y revisores anónimos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Copán (2013). *Sitio Maya de Copán*, plan de manejo 2014 – 2020. Copán Ruinas. Honduras 56 p.
- Chi Quej, Jesús de los Ángeles. (2009). *Caracterización y manejo de los huertos caseros familiares en tres grupos étnicos (Mayas peninsulares, Choles y Mestizos) del Estado de Campeche, México*. Tesis de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 114 p.
- Cordero, Jesús y Boshier David. (eds). (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Oxford Forestry Institute, Great Britain. Forestry Research Programme.
- Flores José Salvador y Bautista Francisco. (2012). Knowledge of the Yucatec Maya in seasonal tropical forest management: the forage plants. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 503-518.
- Gentry, Alwyn Howard. (1982). Patterns of Neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Gómez-Domínguez, Héctor, Pérez Farrera, Miguel Ángel, Espinoza Jiménez, Josefa Anahí, y Marquez Reynoso, Mirna Ivett. (2015). Listado florístico del Parque Nacional Palenque, Chiapas, México. *Botanical Sciences*, 93(3), 559-578.
- House, Paul Raymond, Lagos-Witte, Sonia, Ochoa, Lorena, Mejía, Thelma y Rivas Margarita. (1995). *Plantas Medicinales Comunes de Honduras*. 1ra. Edición. Tegucigalpa:

- Universidad Nacional Autónoma de Honduras. 555 pp.
- House, Paul. (2007). *Etnobotánica Maya, Parque Arqueológico Ruinas de Copán*. Instituto Regional de Biodiversidad, IRBio, Centro Zamorano de Biodiversidad CZB, Asociación Copan, Instituto Nacional de Biodiversidad INBio, Instituto Hondureño de Antropología e Historia IHAH. 26 p.
- Kantún-Balam, Jesús, José Salvador-Flores, Juan Tun-Garrido, Jorge Navarro-Alberto, Luis Arias-Reyes y Jaime Martínez-Castillo. (2013). Diversidad y origen geográfico del recurso vegetal en los huertos familiares de Quintana Roo, México. *Polibotánica*, (36), 163-196.
- Nelson Sutherland, Ciryil Hardy. (2008). *Catálogo de las plantas vasculares de Honduras: espermatofitas*. Tegucigalpa: Guaymuras y Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.
- Rivas, Álvaro, Pablo Enrique Avendaño y Heimar Quintero. (2010). Updating peasant competencies to mitigate poverty in the Chorti community, Copán (Honduras). *Agronomía Colombiana* 28(3): 567-575.
- Roque, José, Asunción Cano y Anita Cook. (2003). Restos vegetales del sitio arqueológico Casa Vieja, Callango (Ica). *Rev. Peru. Biol.* 10(1): 33-43.
- UNESCO (2017). *Maya Site of Copán*. UNESCO World Heritage Centre. Recuperado de: <http://es.unesco.org>
- Vega-López, Adrián, Juan Ignacio Valdez-Hernández, Víctor Manuel Cetina-Alcalá. (2003). Zonas ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la costa del Pacífico mexicana. *Madera y Bosque*, 9(1):27-53.
- Zamora-Crescencio, Pedro, José Salvador Flores Guido y Rocío Ruenes Morales (2009). Flora útil y su manejo en el cono sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica* 228: 227-250.
- Zamora-Crescencio, Pedro, Celso Gutiérrez-Báez, William J. Folan, Ma. del Rosario Domínguez-Carrasco, Pascale Villegas, Geucilio Cabrera-Mis, Claudeth Marielli Castro-Angulo y Juan Carlos Carballo. (2012). La vegetación leñosa del sitio arqueológico de Oxpemul, municipio de Calakmul, Campeche, México. *Polibotánica* 33: 31-150.
- Vargas Pérez, Pedro. (2004). El misterio maya. *Revista InterSedes* 5:1-16.
- Vozzo, John A. (ed.). (2002). *Tropical Tree Seed Manual: Part II, Species Descriptions*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C. 899 p.

ANEXO

Cuadro 1. Lista de plantas vasculares registradas en el Parque Arqueológico de Copán.

Los nombres comunes son consultados en Nelson (2008), House et al. (1995) y las etiquetas de los especímenes depositados en los herbarios Cyril Hardy Nelson Sutherland (TEFH) y Paul C. Standley (EAP). Hábito: H. hierba; A. árbol; Ar. arbusto. Origen: N. nativa; I. introducida.

| Taxa | Habito | Origen | Nombre Común |
|--|--------|--------|--------------|
| MONILOPHYTA | | | |
| ADIANTACEAE | | | |
| <i>Adiantum trapeziforme</i> L. | H | N | Canastilla |
| MONOCOTYLEDONEAE | | | |
| ARACEAE | | | |
| <i>Syngonium angustatum</i> Schott | H | N | Mano de León |
| <i>Syngonium hoffmannii</i> Schott | H | N | |
| ARECACEAE | | | |
| <i>Acrocomia mexicana</i> Karw. ex Mart. | H | N | Coyol |
| BROMELIACEAE | | | |
| <i>Bromelia karatas</i> L. | H | N | Motate |
| <i>Bromelia pinguin</i> L. | H | N | Piñuela |
| <i>Tillandsia schiedeana</i> Steud. | H | N | |
| CYCLANTHACEAE | | | |
| <i>Carludovica palmata</i> Ruiz & Pav. | H | N | Junco |
| CYPERACEAE | | | |
| <i>Cyperus odoratus</i> L. | H | N | Coyolillo |

| Taxa | Habito | Origen | Nombre Común |
|---|--------|--------|---------------------------|
| DIOSCOREACEAE | | | |
| <i>Dioscorea</i> sp. | H | N | Ñame |
| MARANTACEAE | | | |
| <i>Maranta arundinacea</i> L. | H | I | Calisguate, yuquilla |
| ORCHIDACEAE | | | |
| <i>Oncidium cebolleta</i> (Jacq.) Sw. | H | N | hoja de cebolla |
| <i>Encyclia nematocaulon</i> (A. Rich.) Acuña | H | N | Cebollina |
| <i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl. | H | In | Orquídea monja africana |
| <i>Cohniella ascendens</i> (Lindl.) Christenson | H | N | |
| <i>Epidendrum cardiophorum</i> Schltr. | H | N | |
| <i>Catasetum integerrimum</i> Hook. | H | N | Pipa de vieja |
| POACEAE | | | |
| <i>Lasiacis ruscifolia</i> (Kunth) Hitchc. | H | N | Carrizo |
| SMILACACEAE | | | |
| <i>Smilax spinosa</i> Mill. | L | N | Zarzaparrilla |
| ANGIOSPERMAS BASALES | | | |
| ANNONACEAE | | | |
| <i>Annona muricata</i> L. | A | N | Guanábana |
| <i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal | A | N | Suncuya |
| <i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill. | A | I | |
| <i>Sapranthus violaceus</i> (Dunal) Saff. | A | N | Ala de murciélagu, urraco |
| ARISTOLOCHIACEAE | | | |
| <i>Aristolochia maxima</i> Jacq. | L | N | Guaco |

| Taxa | Habito | Origen | Nombre Común |
|--|--------|--------|----------------------------|
| PIPERACEAE | | | |
| <i>Peperomia alata</i> Ruiz & Pav. | H | N | |
| <i>Piper aduncum</i> L. | A | N | Anisillo, cordoncillo |
| <i>Piper amalago</i> L. | AR | N | |
| <i>Piper marginatum</i> Jacq. | AR | N | Santa María |
| <i>Piper oblique-ovatum</i> Trel. | AR | N | |
| EUDICOTYLEDONEAE | | | |
| ANACARDIACEAE | | | |
| <i>Astronium graveolens</i> Jacq. | A | N | Ronrón |
| <i>Spondias mombin</i> L. | A | N | Jobo |
| APOCYNACEAE | | | |
| <i>Stemmadenia alfaroi</i> (Donn. Sm.) Woodson | A | N | |
| <i>Asclepias curassavica</i> Griseb. | H | N | Viborán |
| <i>Rauvolfia tetraphylla</i> L. | AR | N | Alcotán, comida de culebra |
| <i>Tabernaemontana eubracteata</i> (Woodson) A.O. Simões & M.E. Endress | A | N | |
| ARALIACEAE | | | |
| <i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch. | A | N | Mano de León |
| ASTERACEAE | | | |
| <i>Lepidaploa tortuosa</i> (L.) H. Rob. | AR | N | Flor de campo |
| <i>Eupatorium macrophyllum</i> L. | H | N | Chilca, matapulgas |
| BIGNONIACEAE | | | |
| <i>Mansoa hymenaea</i> (DC.) A.H. Gentry | L | N | Bejuco de ajo |

| Taxa | Habito | Origen | Nombre Común |
|---|---------------|---------------|--------------------------|
| BORAGINACEAE | | | |
| <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken | A | N | Laurel |
| <i>Heliotropium indicum</i> L. | H | N | Borraja, cola de alacrán |
| BURSERACEAE | | | |
| <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. | A | N | Jiote |
| CACTACEAE | | | |
| <i>Epiphyllum hookeri</i> Haw. | AR | N | Pitaya |
| CAPPARACEAE | | | |
| <i>Crateva tapia</i> L. | A | N | Manzana de playa |
| <i>Capparis frondosa</i> Jacq. | AR | N | Hola ancha |
| EUPHORBIACEAE | | | |
| <i>Jatropha curcas</i> L. | AR | N | Piñón |
| <i>Croton heterochrous</i> Müll. Arg. | AR | N | |
| <i>Ricinus communis</i> L. | AR | I | Higuerilla |
| FABACEAE | | | |
| <i>Acacia collinsii</i> Saff. | A | N | Cachito |
| <i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC. | A | N | Almendo de río |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. | A | N | Guanacaste |
| <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp. | A | N | Madriado |
| <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth. | A | N | Mangollano |
| <i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby | A | N | Acacia amarilla |
| <i>Indigofera suffruticosa</i> Mill. | AR | N | Añil |

| Taxa | Habito | Origen | Nombre Común |
|---|---------------|---------------|---------------------------------|
| <i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth. | A | N | Coyote, chaperno |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L. | A | N | Guapinol |
| <i>Diphysa americana</i> (Mill.) M. Sousa | A | N | Guachipilin, quebracho de cerro |
| FAGACEAE | | | |
| <i>Quercus</i> sp. | A | N | Roble |
| MALVACEAE | | | |
| <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. | A | N | Ceiba |
| <i>Luehea speciosa</i> Willd. | A | N | Guácimo negro |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. | A | N | Cablote |
| MELASTOMATACEAE | | | |
| <i>Bellucia axinantha</i> Triana | AR | N | Manzanillo |
| MELIACEAE | | | |
| <i>Cedrela odorata</i> L. | A | N | Cedro |
| <i>Trichilia martiana</i> C. DC. | A | N | Drago, Canelillo |
| <i>Swietenia macrophylla</i> King | A | N | Caoba |
| <i>Trichilia havanensis</i> Jacq. | A | N | Limoncillo |
| MENISPERMACEAE | | | |
| <i>Cissampelos pareira</i> L. | L | N | Alcotán |
| MORACEAE | | | |
| <i>Brosimum alicastrum</i> Sw. | A | N | Másica, San Ramón |
| <i>Castilla elastica</i> Sessé | A | N | Hule |

| Taxa | Habito | Origen | Nombre Común |
|--|---------------|---------------|---------------------|
| <i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud. | A | N | Mora colorada, mora |
| <i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb. | A | N | Campanilla |
| <i>Ficus velutina</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. | A | N | |
| MYRTACEAE | | | |
| <i>Eugenia</i> sp. | AR | N | Guayabillo |
| NYCTAGINACEAE | | | |
| <i>Pisonia aculeata</i> L. | L | N | Crucito, crucita |
| PETIVERIACEAE | | | |
| <i>Petiveria alliacea</i> L. | AR | N | Ipacina |
| PRIMULACEAE | | | |
| <i>Ardisia compressa</i> Kunth | A | N | Maca maca |
| <i>Ardisia paschalis</i> Donn. Sm. | A | N | Madre monte |
| <i>Bonellia macrocarpa</i> (Cav.) B. Ståhl & Källersjö | AR | N | Naranjillo |
| ROSACEAE | | | |
| <i>Rubus</i> sp. | AR | N | mora |
| RUBIACEAE | | | |
| <i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegees ex Standl. | A | N | Sálamo |
| <i>Genipa americana</i> L. | A | N | Irayol |
| <i>Hamelia patens</i> Jacq. | AR | N | Coralillo |
| <i>Psychotria pubescens</i> Sw. | AR | N | Isaco de monte |

| Taxa | Habito | Origen | Nombre Común |
|---|---------------|---------------|---------------------|
| SALICACEAE | | | |
| <i>Casearia corymbosa</i> Kunth | A | N | Botoncillo |
| <i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl. | AR | N | Aguja de ara |
| SAPINDACEAE | | | |
| <i>Thouinia serrata</i> Radlk. | A | N | |
| <i>Allophylus punctatus</i> (Poepp.) Radlk. | A | N | |
| SAPOTACEAE | | | |
| <i>Sideroxylon capiri</i> (A. DC.) Pittier | A | N | |
| <i>Chrysophyllum cainito</i> L. | A | N | Caimito |
| SIMAROUBACEAE | | | |
| <i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm. | A | N | Zorra |
| SOLANACEAE | | | |
| <i>Solanum erianthum</i> D. Don | AR | N | Friega platos |
| URTICACEAE | | | |
| <i>Cecropia peltata</i> L. | A | N | Guarumo |
| <i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd. | AR | N | Chichicaste |
| VERBENACEAE | | | |
| <i>Cornutia pyramidata</i> L. | A | N | Manto de Jesús |

Ausencia de infecciones asintomáticas de malaria en una región endémica de Honduras

Gustavo Fontecha ¹

Lino Carmenate ²

Joel García ³

Brian Erazo, Juan Amador, Nestor Yanes ⁴

Isis Buezo, Fabiola Martel ⁵

Mariela Carrasco ⁶

RESUMEN

Ha existido un progreso considerable en la lucha contra la malaria en el mundo. En Honduras encontramos una reducción de los casos de más de 17,000 a 3,564 en la última década. Para cumplir con las metas de eliminación de la malaria, las estrategias deben de considerar a todos los individuos infectados por malaria en las intervenciones, por lo que adquiere mayor valor los esfuerzos enfocados en identificar las infecciones asintomáticas. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la prevalencia de casos de infección asintomática de malaria en 3 comunidades del municipio de Iriona, Colón, Honduras para enero del 2015. Se realizó un estudio descriptivo transversal, en las comunidades de Ciriboya, Punta Piedra y Cusuna, Colón durante enero del 2015. Mediante un muestreo aleatorio simple se incluyeron 145 participantes. Se realizó el diagnóstico de infección de malaria asintomática mediante gota gruesa, PCR convencional y PCR anidada. En el análisis microscópico no se detectaron muestras de gota gruesa positivas, resultando en una prevalencia de 0.00%. El abordaje molecular tampoco detectó infecciones. Los hallazgos de este estudio concuerdan con el patrón de estudios anteriores en Honduras y con el avance que se ha tenido contra la malaria en el país. La detección activa de casos es recomendada

¹ Coordinador académico de Maestría de Enfermedades Infecciosas y Zoonóticas y del Centro de investigaciones Genéticas, profesor de la Facultad de Ciencias, UNAH: gustavo.fontecha@una-h.edu.hn

² Profesor del Departamento de Ciencias Fisiológicas, Facultad de Ciencias Médicas, UNAH

³ Profesor del Departamento de Parasitología, Facultad de Ciencias, UNAH

⁴ Estudiantes egresados de la Carrera de Medicina, Facultad de Ciencias Médicas, UNAH

⁵ Estudiantes egresadas de la Carrera de microbiología, Facultad de Ciencias, UNAH

⁶ Médico Interno, Hospital Escuela Universitario

para intervenciones en lugares donde la transmisión de la malaria se ha reducido hasta niveles bajos, por lo que su implementación en Honduras debe de ser parte de la estrategia integral de los programas de eliminación.

Palabras clave: *riesgo, prevención, educación sanitaria, manipulación de alimentos.*

ABSTRACT

There has been considerable progress in the fight against malaria in the world. In Honduras we find a reduction of cases from more than 17,000 to 3,564 in the last decade. To meet malaria elimination goals, strategies should consider all malaria-infected individuals in its interventions, so efforts to identify asymptomatic infections become of greater value and interest. The present study aims to evaluate the prevalence of cases of asymptomatic malaria infection in 3 communities in the municipality of Iriona, Colón, Honduras by January 2015. A cross-sectional descriptive study was carried out in the communities of Ciriboya, Punta Piedra and Cusuna, Colón during January 2015. A simple random sample of 145 participants was included. The diagnosis of infection of asymptomatic malaria was made by thick blood smear, conventional PCR and nested PCR. Microscopic analysis did not detect thick blood smear positive samples, resulting in a prevalence of 0.00%. The molecular approach did not detect infections either. The findings of this study agree with the pattern of previous studies in Honduras and with the progress that has been made against malaria in the country. Active case detection is recommended for interventions where malaria transmission has been reduced to low levels, and its implementation in Honduras should be part of the comprehensive strategy of elimination programs.

Keywords: *malaria, honduras, endemic diseases, Central America*

INTRODUCCIÓN

La lucha contra la malaria ha tenido un progreso considerable en el mundo. En la región de las Américas se han disminuido los casos confirmados de 1.2 millones a 390,000 en el transcurso de 15 años y la mortalidad ha sido reducida en un 37% entre el 2010-2015. En Honduras se observan tendencias similares, con reducción de los casos de más de 17,000 a 3,564 en la última década y sin muertes reportadas durante el año 2015 (WHO 2015).

Motivados por el notable éxito obtenido en los últimos años, muchos países endémicos han adoptado estrategias de eliminación (Feachem et al., 2010). En este sentido Honduras, en el marco del Consejo de Ministros de Centroamérica, se comprometió en 2013 a acompañar los esfuerzos de la iniciativa regional para la eliminación de la Malaria en Mesoamérica y la isla La Española para el año 2020 (COMISCA 2013). De los países comprometidos en esta iniciativa, tres se encuentran en fase de eliminación mientras que Honduras y otros seis están en fase de control.

Para cumplir de manera exitosa con esta meta, las estrategias deben de considerar a todos los individuos infectados por malaria en las intervenciones que se van a realizar. Por ello adquieren mayor valor e interés los esfuerzos enfocados en identificar las infecciones asintomáticas en la población, ya que se ha evidenciado que este tipo de reservorios juegan un rol importante en la persistencia de la transmisión en zonas endémicas y por ende un obstáculo para la eliminación (Peto et al., 2016). Se ha observado que estos reservorios asintomáticos están más extendidos de lo que se creía anteriormente, aún en zonas no endémicas. Estudios recientes utilizando herramientas de diagnóstico molecular han demostrado que las infecciones sintomáticas y detectables a través de la microscopía comprenden únicamente una pequeña fracción de todas las infecciones (Bousema et al., 2014). Así también, se ha propuesto que la condición de infección asintomática no es tan benigna como se pensaba, ya que está podría estar asociada a episodios recurrentes de parasitemia sintomática, anemia crónica, morbimortalidad neonatal y materna, predisposición a otras condiciones y discapacidad cognitiva (Chen et al., 2016).

La prevalencia del parásito en las poblaciones endémicas es un indicador esencial para monitorizar el progreso del control de la malaria. Tradicionalmente se ha realizado mediante microscopía por gota gruesa, que ha sido muy valiosa durante el último siglo para entender la epidemiología de la enfermedad. De igual manera en algunas zonas se utilizan tests de diagnóstico rápido para la vigilancia. Sin embargo, ambos

métodos tienen sensibilidad limitada, detectando infecciones con densidad parasitaria mayor de 10-100 parásitos por μl (Okell et al., 2012). Por esta razón las técnicas moleculares, como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), han ido adquiriendo mayor relevancia debido a su mayor sensibilidad, pudiendo detectar densidades de hasta 0.01 a 10 parásitos por μl (Roth et al., 2016).

En Honduras, la incidencia de casos de malaria se concentra principalmente en dos departamentos, Colón y Gracias a Dios, que contribuyen al 74 % del total de casos del país y al 99 % de casos por *P. falciparum*. En el proceso de transición de la fase de control a la de pre-eliminación, la epidemiología de la malaria sufre cambios considerables, lo que hace que las intervenciones deban de ser más exhaustivas (Cotter et al., 2013).

El presente estudio tiene como objetivo, evaluar el grado de casos asintomáticos de malaria en tres escenarios comunitarios endémicos de la costa Atlántica del departamento de Colón en Honduras. Los productos de esta investigación contribuyen a la estrategia contra la malaria que ha definido Honduras a través de la Secretaría de Salud en una de las zonas de mayor incidencia de la enfermedad, aportando a los esfuerzos de búsqueda activa de casos asintomáticos, cuya identificación es de especial relevancia en la fase de eliminación para la toma de decisiones más efectivas en el proceso de intervención.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: Se realizó un estudio descriptivo en una muestra de la población de las comunidades de Ciriboya, Cusuna y Punta Piedra, ubicadas en la costa del municipio de Iriona, departamento de Colón, Honduras durante enero del 2015.

Muestra y recolección de datos: Se estudiaron 145 personas, mayores de 6 meses, asintomáticas, residentes en la comunidad por al menos dos años, que no estuvieran recibiendo tratamientos antimaláricos y sin procedimientos de transfusión de hemoderivados en los últimos 4 meses. La muestra se calculó a partir de una población de 5,120 personas, utilizando un muestreo probabilístico aleatorio simple, con intervalo de confianza de 95% y un error de 8%.

La participación en el estudio fue debidamente autorizada mediante un consentimiento informado personal, escrito y firmado. Las personas fueron abordadas mediante

visitas domiciliarias, donde se realizó la toma de las muestras de sangre mediante punción capilar del dedo índice de la mano derecha. Las primeras gotas de sangre fueron utilizadas para preparar el frotis de gota gruesa para ulterior análisis microscópico y luego se extrajo sangre para cubrir al menos 1.3 cm del papel filtro Whatman® (GE Healthcare Life Sciences) para análisis molecular.

Gota gruesa: Los frotis de gota gruesa fueron teñidos con Giemsa y luego analizados microscópicamente en el Laboratorio Teasdale Corti de la Escuela de Microbiología, UNAH en Tegucigalpa. Las muestras de frotis eran declaradas negativas de infección cuando Plasmodium no era detectado con aumento de alta potencia (100x). Todas las láminas fueron analizadas por dos microscopistas independientes y un tercero cuando existían resultados discordantes.

Métodos moleculares: Se extrajo el ADN a partir de una muestra de 3 mm de sangre seca en papel filtro Whatman, que fue sumergida en 200 µl de saponina al 1% y se incubó a 4°C durante 12 horas. Se lavó 4 veces con solución salina amortiguada con fosfatos (PBS), luego se resuspendió en 5% de Chelex-100 (Bio-Rad Laboratories), incubando a 56°C durante 15 minutos y a 100°C durante 10 minutos. Se centrifugó 5 minutos a 13,000 rpm y se recuperó el ADN presente en el sobrenadante, se almacenó a 4°C para su posterior análisis.

Para la detección del genoma del parásito se utilizó una PCR única y específica para cada una de las dos especies presentes en Honduras (*P. vivax* y *P. falciparum*) utilizando como diana secuencias genómicas repetidas llamadas Pvr47 y Pfr364 (Demas et al., 2011). Las amplificaciones fueron realizadas bajo las siguientes condiciones: en 25 µl de master mix 2X (Promega Corporation), 10 pmol de los cebadores Pf 7142: 5'-GCTTTGAAGTGCATGTGAATTGTGCAC-3' y Pf 7178: 5'-CCGAAATTCCGGTTTTAGAC-3' para *P. falciparum*; y 12.5 pmol de los cebadores Pv 7074: 5'-CAAATGTAGCATAAAAATCYAAG-3' y Pv 7175: 5'-CTGATTTTCCGCGTAACAATG-3' para *Plasmodium vivax*. Un total de 40 ng de ADN fue usado para todas las reacciones de PCR.

Las reacciones fueron amplificadas mediante una desnaturalización inicial a 95°C por 2 minutos, y seguidamente 25 ciclos de 95°C por 30 segundos, 52°C por 30 segundos y 72°C por 45 segundos, con un procesamiento final a 72°C por 5 minutos. Los amplicones fueron visualizados mediante electroforesis en gel de agarosa al 2% con bromuro de etidio. El tamaño esperado de los productos fue de 220 pares de bases (pb) para *P. falciparum* y 333 pb para *P. vivax*.

El 10% de las muestras con resultados negativos luego de la PCR, fueron confirmadas mediante la realización de una nueva amplificación y mediante la utilización de un segundo protocolo de PCR anidada que tenía como diana el gen que codifica la unidad 18S ribosomal del parásito (Singh et al., 1999). Esta PCR anidada fue realizada en 50 µl conteniendo 25 µl de master mix Promega 2X, 20 pmol de los cebadores rPLU1 y rPLU5 (5'-TCAAAGATTAAGCCATGCAAGTGA-3' / rPLU5: 5'-CCTGTTGTTGCCTTAAACTYC-3') y 40 ng de ADN.

La primera PCR fue seguida de amplificaciones especie-específicas. Las mezclas para la reacción estaban compuestas de 25 µl de 2X master mix y 20 pmol de cada cebador (rFAL1/rFAL2 para *P. falciparum* y rVIV1/rVIV2 para *P. vivax*), hasta un volumen final de 50 µl. Las condiciones de amplificación fueron las siguientes: 1 ciclo a 94°C por 4 minutos; 35 ciclos a 94°C por 30 segundos, 58°C por 1 minuto y 72°C por 1 minuto; y un paso de extensión final era llevado a cabo a 72°C por 4 minutos. Los tamaños observados de los amplicones fueron de 205 pb para *P. falciparum* y 107 pb para *P. vivax*. Los productos de la segunda PCR eran separados mediante electroforesis en gel de agarosa al 2% y bromuro de etidio.

Las secuencias de los cebadores son rFAL1: 5'-TTAAACTGGTTTGGGAAAACCAA-ATATATT-3'; rFAL2: 5'-ACACAATGAACTCAATCATGACTACCCGTC-3'; rVIV1: 5'-CGCTTCTAGCTTAATCCACATAACTGATAC-3'; y rVIV2: 5'-ACTTCCAAGCCGAA-GCAAAGAAAGTCCTTA-3. Se incluyeron controles negativos y positivos en cada análisis.

Análisis de datos: Toda la información obtenida se almacenó y procesó en el sistema Excel 2013. El muestreo aleatorio simple también fue realizado utilizando este software.

Consideraciones éticas: Durante el estudio, se consideraron los principios básicos de la ética médica, autonomía, justicia, beneficencia y no maleficencia, considerándose los postulados de la Declaración de Ginebra. Cada individuo accedió a participar previo a la lectura, discusión y firma de un consentimiento informado. Se cumplieron todos los parámetros de bioseguridad para proteger en cada etapa del proceso a los participantes. El estudio fue aprobado y acompañado por el Programa Nacional de Malaria de la Secretaría de Salud de Honduras y la Dirección del Hospital Popular Garífuna de Honduras.

RESULTADOS

Fueron estudiados 145 individuos, que residían en las áreas de influencia del estudio, 13 de Ciriboya, 100 de Cusuna y 32 de Punta Piedra. El 63% de los participantes fueron mujeres. El rango de edad osciló entre 18 y 92 años con una desviación estándar de ± 26.5 , y un promedio de residencia en la comunidad de 36.8 años.

Mediante el análisis microscópico no se detectaron muestras de gota gruesa positivas para el parásito, resultando en una prevalencia de 0% ($n = 0/145$). El abordaje molecular tampoco detectó infecciones ($n = 0/145$); correspondiendo a un 100% de concordancia entre la microscopía y las técnicas moleculares.

DISCUSIÓN

En el presente estudio no se detectó la presencia de infecciones por *P. vivax* o *P. falciparum* mediante un enfoque microscópico ni a través de técnicas moleculares. En Honduras existen tres investigaciones previas que documentan la prevalencia de malaria asintomática en distintas poblaciones. En 1996 se estudió a una muestra de 319 personas residentes de Ceibita, Tocoa, Colón, quienes reportaron una prevalencia de casos de infección asintomática de 17% mediante el uso de tiras reactivas, y de 15% mediante la visualización microscópica de frotis de gota gruesa (Quintana et al., 1998). En 2000 se estudiaron 146 niños de Palacios, Gracias a Dios, en búsqueda de infección asintomática, encontrándose una prevalencia de 1.4% (2/146) de infección por *P. vivax* mediante análisis de gota gruesa (Aguilar et al., 2002). Más recientemente, durante agosto del 2014, se realizó un estudio donde participaron 1,899 personas de Puerto Lempira, Gracias a Dios, el municipio con mayor carga de casos del país, en el cual se detectó una prevalencia de infección asintomática de 0.16% mediante microscopía y 1.1% mediante PCR (Maradiaga et al., 2016). Aunque el abordaje metodológico de los distintos estudios tiene algunas variaciones, se puede observar un patrón hacia la disminución de la carga de estas infecciones y una prevalencia baja de las mismas, compatible con los hallazgos del presente estudio. Este patrón de disminución de las infecciones asintomáticas coincide con la disminución de la incidencia de casos de malaria en el país, que ha tenido una reducción del 79% en los últimos diez años (OMS 2015). La menor persistencia en este estudio puede estar explicada por varios factores, entre ellos: 1) El patrón de disminución de la incidencia de casos que también se ha registrado en el departamento de Colón, que hace una década era la región del país con mayor número de casos y ahora

ocupa el tercer lugar (SESAL 2011), 2) La menor incidencia de casos de malaria de Iruya en relación a los demás municipios de Colón, 3) La reorientación de las prioridades estratégicas de prevención y control de la malaria hacia la región Atlántica del país y 4) La implementación de intervenciones más integrales y con mayor participación de las comunidades.

A nivel internacional, dentro de los hallazgos más recientes y utilizando abordajes metodológicos similares, en El Salvador no se detectó presencia de *Plasmodium* spp por gota gruesa, PDR ni PCR en niños en edad escolar (OPS 2013); en Paraíba, Brasil se reportaron infecciones asintomáticas en 11.3% de la población infantil (Sales et al., 2011), mientras que en la zona de la Amazonia pueden llegar a ser hasta de 49.5% en una población de distintas edades de Ji-Paraná (Coura et al., 2006). En Haití, se han encontrado prevalencias en un rango de 4-41% dependiendo de la región geográfica (Elbadry et al., 2015), mientras que en Etiopía se encontró una prevalencia de 4.3% infecciones asintomáticas por *P. vivax* (Tadesse et al., 2015) y 6.8% de malaria por todas las especies (Worku et al., 2014). En Bangladesh se reportaron cifras de prevalencia de 30.7% y 14.2% mediante PCR y microscopía, respectivamente (Starzengruber et al., 2014). Un estudio regional del Sureste Asiático arrojó prevalencias de 4, 5 y 20% mediante microscopía, PDR y PCR, respectivamente (Imwong et al., 2015). A pesar de la heterogeneidad de los datos, se observa un patrón de mucho mayor prevalencia de infecciones asintomáticas en los países o zonas donde las poblaciones han tenido menos acceso a las intervenciones y donde la morbi-mortalidad ha tenido poca disminución en la última década.

El aumento de las intervenciones contra la malaria, han resultado en un descenso importante en la morbimortalidad global y local. Pero a pesar de este logro, hay evidencia de que las actuales intervenciones contra la enfermedad, por sí solas no conducirán a la eliminación de la malaria en la mayoría de escenarios y por tanto, estrategias adicionales deben de considerarse para mantener y mejorar los actuales indicadores (Lindblade et al., 2013). Avances en las técnicas de diagnóstico molecular como las utilizadas en este estudio, contribuyen a reconocer el comportamiento de las infecciones asintomáticas en humanos como potencial reservorio, ya que cuando la transmisión alcanza niveles muy bajos, se estima que las infecciones submicroscópicas causan entre 20 y 50% de la transmisión de humano a mosquito (Okell et al., 2012). Esto se torna especialmente importante, cuando se está en proceso de reorientación de los programas con miras a la eliminación.

La Detección Activa de Casos (DAC) es recomendada para intervenciones en lugares donde la transmisión de la malaria se ha reducido hasta niveles bajos (Sturrock et al.,

2013). Por lo que su implementación en Honduras, debe de ser parte de la estrategia integral de los programas de pre-eliminación y eliminación, para así poder cumplir con los acuerdos internacionales de eliminación de la malaria en la región para el año 2020 y más importante aún, alejar de manera permanente a la población del daño que esta enfermedad representa.

CONCLUSIONES

1. La nula prevalencia de casos asintomáticos de malaria descrita en este estudio se relaciona con los hallazgos regionales de nula prevalencia de personas asintomáticas en algunas zonas estudiadas y de disminución en la incidencia de casos de malaria.
2. Los hallazgos de esta investigación son compatibles con el comportamiento que ha tenido la prevalencia de casos asintomáticos a través del tiempo en la zona atlántica de Honduras.
3. El riesgo de transmisión de malaria causada por reservorios asintomáticos es nulo en las comunidades de Ciriboya, Cusuna y Punta Piedra del municipio de Iriona, lo que constituye un avance importante en el control de esta enfermedad en una zona clasificada como endémica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las siguientes personas e instituciones cuyo esfuerzo desinteresado en pro del desarrollo de la investigación hicieron posible y facilitaron nuestra labor: Dr. Eladio Varcancel, Escuela Latinoamericana de Medicina (ELAM), Dr. Cheney Dolmo (ELAM), a las instituciones: Brigada Médico Cubana, Primer Hospital Popular Garífuna de Honduras, Programa Nacional de Malaria de la Secretaría de Salud, Laboratorio Nacional de Malaria. En especial, a las y los estudiantes que apoyaron la logística y la recolección de los datos: Marlon Arias, Xenia Paz, Dely Castillo, Daniela Navas, Jovanna Andrade, Enia Gómez, Maria Aguilera, Yasmín Rodezno, Tirza Viera, Daniela Torres y Moisés Castro.

Conflictos de Interés

Los autores de este trabajo declaramos que no tenemos ningún conflicto de interés

en relación a este trabajo de investigación. Asumimos toda la responsabilidad por la integridad de los datos y la exactitud de los análisis de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar CJ, Bu-Figueroa E, Alger J. (2002). Malaria: subclinical infection among school children in Palacios, Mosquito Coast. *Revista Médica Hondureña*, 70(1), 111–115.
- Bousema T, Okell L, Felger I & Drakeley C. (2014). Asymptomatic malaria infections: detectability, transmissibility and public health relevance. *Nature Reviews Microbiology*, 12(12), 833-840.
- Chen I, Clarke SE, Gosling R, Hamainza B, Killeen G, Magill A, O'Meara W, Price RN, Riley EM. (2016). "Asymptomatic" Malaria: A Chronic and Debilitating Infection That Should Be Treated, 13(1): e1001942.
- Consejo de Ministros de Centroamérica (COMISCA). (2013). *Declaración: Hacia la Eliminación de la Malaria en Mesoamérica y la Isla La Española en el 2020*. San José, Costa Rica: PASMO.
- Cotter C, Sturrock HJ, Hsiang MS, Liu J, Phillips AA, Hwang J, Gueye CS, Fullman N, Gosling RD, Feachem RG. (2013). The changing epidemiology of malaria elimination: new strategies for new challenges. *Lancet*, 382, 900–911.
- Coura JR, Suárez-Mutis M, Ladeia-Andrade S. (2006). A new challenge for malaria control in Brazil: asymptomatic Plasmodium infection - a review. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 101(3), 229-237.
- Demas A, Oberstaller J, DeBarry J et al. (2011). Applied genomics: data mining reveals species-specific malaria diagnostic targets more sensitive than 18S rRNA. *J Clin Microbiol.*, 49(7), 2411–2418.
- Elbadry MA, Al-Khedery B, Tagliamonte MS, Yowell CA, Raccurt CP, Existe A, Boncy J, Weppelmann TA, Beau De Rochars VEM, Lemoine JF, Okech BA and Dame JB. (2015). High prevalence of asymptomatic malaria infections: a cross-sectional study in rural areas in six departments in Haiti. *Malaria Journal*, 510(14): <https://doi.org/10.1186/s12936-015-1051-2>.
- Feachem RG, Phillips AA, Hwang J, Cotter C, Wielgosz B, Greenwood BM. (2010). Shrinking the malaria map: progress and prospects. *Lancet*, 376, 1566–1578.
- Imwong M, Nguyen TN, Rupam T, Peto JT., Sue JL., Lwin KM, Suangkanarat P, et al. (2015). The epidemiology of subclinical malaria infections in South-East Asia: findings from cross-sectional surveys in Thailand–Myanmar border areas, Cambodia, and Vietnam. *Malaria Journal*, 381(14), <http://doi.org/10.1186/s12936-015-0906-x>
- Lindblade KA, Steinhardt L, Samuels A, Kachur SP, Slutsker L. (2013). The silent threat: asymptomatic parasitemia and malaria transmission. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 11(6), 623-639.
- Maradiaga A., García J, Mejía-Torres R, Escobar L, Matamoros J, Enriquez L & Fontecha GA.

- (2016). Asymptomatic Malaria Infections in an Endemic City of Honduras. *Human Parasitic Diseases*, 8, 37–41.
- Okell LC, Bousema T, Griffin JT, Ouédraogo AL, Ghani AC, Drakeley CJ. (2012). Factors determining the occurrence of submicroscopic malaria infections and their relevance for control. *Nature Communications*, 3, 1237–. <http://doi.org/10.1038/ncomms2241>.
- Organización Mundial de la Salud / Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). (2013). *Prevalencia e intensidad de infección por geo-helminfos y prevalencia de portadores de malaria en escolares en El Salvador*. OPS.
- Peto TJ, Tripura R, Lee SJ, Althaus T, Dunachie S, Nguon C, Dhorda M, Promnarate C, Chalk J, Imwong M, Seidlein L, Day N, Dondorp A, White N, Lubell Y. (2016). Association between Subclinical Malaria Infection and Inflammatory Host Response in a Pre-Elimination Setting. *Public Library of Science*, 11(7): e0158656.
- Quintana M, Piper R, Boling HL et al. (1998). Malaria diagnosis by dipstick assay in a Honduran population with coendemic Plasmodium falciparum and Plasmodium vivax. *Am J Trop Med Hyg*, 59(6), 868–871.
- Roth JM, Korevaar DA, Leeflang MM, Mens PF. (2016). Molecular malaria diagnostics: A systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 53(2), 87–105.
- Sales M C, Queiroz EO, & Paiva AA. (2011). Association between anemia and subclinical infection in children in Paraíba State, Brazil. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 33(2), 96–99.
- Singh B, Bobogare A, Cox-Singh J, Snounou G, Abdullah MS, Rahman HA. (1999). A genus- and species-specific nested polymerase chain reaction malaria detection assay for epidemiologic studies. *Am J Trop Med Hyg.*, 60(4), 687–692.
- Starzengruber P, Fuehrer HP, Benedikt L, Kamala T, Swoboda. (2014). High prevalence of asymptomatic malaria in south-eastern Bangladesh. *Malaria Journal*, (13), <https://doi.org/10.1186/1475-2875-13-16>.
- Sturrock H., Hsiang MS, Cohen JM, Smith DL, Greenhouse B, Bousema T, & Gosling RD. (2013). Targeting Asymptomatic Malaria Infections: Active Surveillance in Control and Elimination. *PLoS Med*, 10(6), e1001467.
- Tadesse FG, Pett H, Baidjoe A, Lanke K, Grignard L, Sutherland C. (2015). Submicroscopic carriage of Plasmodium falciparum and Plasmodium vivax in a low endemic area in Ethiopia where no parasitaemia was detected by microscopy or rapid diagnostic test. *Malaria Journal*, 303(14), <https://doi.org/10.1186/s12936-015-0821-1>.
- Tietje K, Hawkins K, Clerk C, Ebels, K., McGray S, Crude, LaBarre P. (2014). The essential role of infection-detection technologies for malaria elimination and eradication. *Trends in Parasitology*, 30(5), 259-266.
- Worku L, Damtie D, Endris M, Getie S, and Aemero M. (2014). Asymptomatic Malaria and Associated Risk Factors among School Children in Sanja Town, Northwest Ethiopia. *International Scholarly Research Notices*, 2014 (1): <http://dx.doi.org/10.1155/2014/303269>.
- World Health Organization. (2015). *World Malaria Report*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

Prácticas de higiene bucal en escolares del Municipio de “San Ignacio de Loyola”, Francisco Morazán

Carmen Gutiérrez Andrade ¹

Miguel Flores Girón ²

Ernesto Jiménez Aguilar ³

RESUMEN

Salud bucal es la interacción de todos los factores económicos, sociales, biológicos y culturales que propician una permanencia más prolongada de los dientes en el individuo. Además, se sustenta en una actitud de prevención, nutrición, higiene bucal y armonía fisiológica que permita la mejor función con los órganos involucrados en la digestión; para ello es imperante que los niños se cepillen los dientes por lo menos dos veces al día, también utilizar la seda o hilo dental por lo menos una vez al día para retirar la placa bacteriana de los espacios interdentes (labor que el cepillo dental no puede realizar), y para efecto de control odontológico, se debe visitar al odontólogo cada seis meses por lo menos. El objetivo del estudio fue caracterizar las prácticas de higiene bucal en 1183 escolares del municipio de “San Ignacio de Loyola”, Francisco Morazán. Método: Estudio observacional, descriptivo de corte transversal, sobre las prácticas de higiene bucal de los escolares del municipio de San Ignacio, pertenecientes al Proyecto APS-Bucal que realizó la Facultad de Odontología, con estudiantes, pasantes en servicio social y docentes; mediante un cuestionario y observación clínica. Se aplicaron los principios éticos incluidos en la Declaración de Helsinki, por lo cual se solicitó el asentimiento informado; explicando que la evaluación dental no es sujeto de riesgo a su dignidad, secretividad, seguridad física ni a su vida. Una vez recopilada toda la información a partir del instrumento utilizado; se obtuvieron los siguientes resultados: Un 13% de los escolares no posee cepillo dental, a pesar de los esfuerzos realizados en materia de salud oral. Solo 40% de los escolares, practica el cepillado dental frecuentemente. 94% no usa seda o hilo dental diario. Al 75% de los niños, ninguna vez le han aplicado flúor. El 62% ninguna vez han visitado al odontólogo. El 32% de los escolares no ejerce cepillado lingual que es una

¹ Profesora de la Facultad de Odontología, UNAH: carmen.gutierrez@unah.edu.hn.

² Profesor de la Facultad de Odontología, UNAH: miguel.flores@unah.edu.hn

³ Profesor de la Facultad de Odontología, UNAH: ernesto.jimenez@unah.edu.hn

acción muy adecuada para disminuir la carga bacteriana de la cavidad bucal, así mismo para prevenir la halitosis o mal aliento. Conclusiones: Las prácticas de higiene bucal son deficientes, por esta razón se aplicará a futuro el modelo APS-B, ubicando al escolar como ser biopsicosocial al que se le brinde atención integral.

Palabras clave: *salud bucal, escolares, higiene bucal, APS-bucal, cepillado dental*

ABSTRACT

Oral health is the interaction of all the economic, social, biological and cultural factors that contribute to healthier teeth in the individual. In addition, it is based on an attitude of prevention, nutrition, oral hygiene and physiological harmony that allows a better function with the digestive organs; for this it is imperative that children brush their teeth at least twice a day, beside using floss at least once a day to remove the bacterial plaque from the interdental spaces (work that the toothbrush can't perform). For dental control effect, you must visit the dentist every six months at least. The objective of this study was to characterize the practices of oral hygiene in 1183 school children of the municipality of "San Ignacio de Loyola", Francisco Morazán. Method: An observational, descriptive, cross-sectional study on the oral hygiene practices of school children in the municipality of San Ignacio, belonging to the APS-Buccal Project carried out by the Faculty of Dentistry. Students, interns in social service and teachers made clinical observation and asked questions with the use of a poll. The ethical principles included in the Declaration of Helsinki were applied, for which informed consent was requested; explaining that dental evaluation is not subject to risk to their dignity, secrecy, physical security or life. Once all the information had been gathered from the instrument used; the following results were obtained: 13% of school children do not have a toothbrush, despite the efforts made in oral health. Only 40% of school children practice tooth brushing frequently. 94% do not use silk or floss daily. At 75%, fluoride has never been applied. 62% have never visited the dentist. 32% of school children do not exercise lingual brushing, which is a very appropriate action to reduce the bacterial load of the oral cavity, as well as to prevent halitosis or bad breath. Conclusions: The practices of oral hygiene are deficient, for this reason the APS-B model will be applied to the future, placing the school as a biopsychosocial person who will be provided with comprehensive care.

Keywords: *oral health, school, oral hygiene, APS-buccal, dental brushing*

INTRODUCCIÓN

El aporte científico fundamental, del presente estudio, realizado con la población escolar del Municipio de San Ignacio de Loyola, Francisco Morazán, fue obtener un diagnóstico de las prácticas de salud bucal, de los niños(as) de los diferentes centros educativos del municipio, permitiéndonos establecer una caracterización epidemiológica de la población escolar, así como una fuente de futuras investigaciones en cuanto a la incidencia y prevalencia de las enfermedades bucales más frecuentes; basados en evidencias científicas. Esta información, nos permite diseñar y aplicar un adecuado plan de prevención y tratamiento de las principales afecciones orales, que aquejan a esta población, y así contribuir a la satisfacción de la demanda de salud bucal de nuestras comunidades; que fortalezcan su salud integral.

METODO

Diseño: No experimental, por tanto, observacional, debido a que describe el comportamiento de cierto fenómeno en una población sin intervenir en éste. **Descriptivo:** Se recopiló información sobre las variables del objeto en estudio, ya que se profundizó sobre las prácticas de salud bucal de los escolares del municipio de San Ignacio de Loyola, Francisco Morazán. **Transversal.** Debido a que se realizó en un momento específico de tiempo. **Unidad de análisis:** Cada uno de los escolares que son parte de la población escolar y que fueron evaluados dentalmente.

Población: El muestreo utilizado fue determinado por conveniencia, el Universo está distribuido en nueve (9) jardines de niños y trece (13) escuelas y participaron todos los escolares, los cuales representan el total de sujetos en el estudio o Universo=N, donde N=1183. Contemplando el apoyo en cuanto a recurso humano y financiero de parte de La UNAH y del gobierno Local, se decidió trabajar con el universo completo de Escolares. Por lo anteriormente expuesto, no se trabaja con una muestra, sino con el universo completo. Se trabajó con escolares de ambos sexos y edades en el rango de 5-12 años. Las variables en estudio fueron obtenidas mediante la aplicación de un formulario clínico – odontológico, en el que se recolectó la información referente al estado bucal.

Técnicas e instrumentos: Se empleará la técnica del cuestionario, para obtener los datos generales y las condiciones socio demográficas, y que también contiene fichas

dentales para coleccionar los aspectos bucales del perfil, teniéndose en cuenta la observación clínica para valorar la condición bucodental, en el cual se utilizará el Instrumento Recolector de Datos: Formulario de Evaluación Odontopediátrica Poblacional (modificada), (documento elaborado y compilado por la Dra. MSc. Carmen Beatriz Gutiérrez Andrade).

Entorno: Municipio de San Ignacio de Loyola, municipio del departamento de Francisco Morazán. Su superficie territorial es de 333.21 km² con una población de 9000 habitantes y se ubica en el valle de Siria. Está formado por 7 aldeas y 29 caseríos limitando al norte con Marale, al sur con Guaimaca y Cedros; al este Orica y al oeste con el municipio de El Porvenir su principal actividad económica la constituyen el cultivo de granos básicos, caña de azúcar, café, aguacate y hortalizas, crianza de ganado vacuno, equino y porcino y avicultura, así como la actividad turística. En materia de salud, cuenta con 3 CESAMO y 2 CESAR, funcionando también 21 centros de educación básica, 9 centros de educación pre-básica y 3 centros de educación media.

Procesamiento de datos: Se utilizará el Microsoft Office (Word, Power Point) y para analizar se empleará el programa estadístico SPSS 18. Análisis de datos: Se empleará estadística descriptiva acorde cada variable (MTC, MD, Proporción, Frecuencia, porcentaje).

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

Escolares de ambos sexos, matriculados en el año escolar 2015 y que se encuentren en el rango de edad de 7 a 12 años.

Criterios de exclusión:

Estudiantes que no estén matriculados en el año escolar.

Estudiantes que no se encuentren en el rango de edad de 7 a 12 años.

Estudiantes portadores de aparatología ortodóntica.

Estudiantes portadores de prótesis.

Estudiantes con algún síndrome o patología sistémica que impida su evaluación.

Ética: Se aplicaron los principios éticos incluidos en la Declaración de Helsinki, por lo cual se solicitó el consentimiento informado. Explicando que la evaluación dental no es sujeto de riesgo a su dignidad, secretividad, seguridad física ni a su vida.

MARCO CONCEPTUAL

En el contexto internacional, se reconoce que el componente bucal de la salud es parte integral de la salud general y un factor determinante en la calidad de vida de las personas y las colectividades. A pesar de esto, en los últimos reportes mundiales sobre salud bucal, la Organización Mundial de la Salud -OMS- observa que varios problemas ampliamente identificados y estudiados, persisten, particularmente en los grupos menos privilegiados, tanto de países desarrollados como en desarrollo.

De allí que, en el Reporte Mundial de la Salud Oral, afirma que, por su extensión, las enfermedades bucales siguen siendo un problema prioritario en salud pública, con consecuencias sobre la calidad de vida y el bienestar de las personas.

Dicho Reporte se establece las bases políticas para el programa de salud bucal de la OMS, como: (i) La salud bucal es parte integral y esencial de la salud general; (ii) La salud bucal es un factor determinante de la calidad de vida; (iii).

Algunas enfermedades bucales comparten factores de riesgo con algunas enfermedades crónicas no transmisibles; (iv) Un apropiado cuidado bucal reduce la mortalidad prematura y, (v) Los factores sociales, ambientales y del comportamiento juegan un papel significativo sobre la salud/enfermedad bucal. (Petersen PE. The World Health Report 2003).

La Organización Panamericana de la Salud OPS-/OMS, plantea que es necesario reivindicar y fortalecer el trabajo en salud bucal desde la perspectiva de la salud general, buscando mediante un trabajo de contexto a nivel local, nacional e internacional, generar a partir de actores sociales informados -comunidad, gremios, la educación, la economía, medios de comunicación, el gobierno, la política, entre otros-, políticas públicas que respondan a las necesidades de salud de la comunidad a nivel individual y colectivo, en particular a sus necesidades de salud bucal más prevalentes y alternativas de solución.

A nivel internacional, las metas globales en salud bucal que proponen la OMS y la FDI para alcanzar en el año 2020, se resume en: "Minimizar el impacto de las manifestaciones orales y craneofaciales de las enfermedades sistémicas en los individuos y en la sociedad, y usar estas manifestaciones para el diagnóstico temprano, la prevención y el manejo efectivo de las enfermedades sistémicas". (OPS/OMS El Camino Hacia Delante: 2005-2015. Julio 2005).

El estudio de Gutiérrez Andrade (2007), sobre salud bucal realizado en la caracterización de escolares fue: 56.8 % presentó un cepillado dental deficiente, 88 % no utiliza hilo dental y 72.4 % no había recibido enjuagues fluorados. El 58.1 % nunca había visitado al odontólogo, 66.4 % presentó higiene bucal deficiente.

BASES TEORICAS (Salud y Salud Bucal)

Salud Bucal: Se define como la ausencia de dolor orofacial crónico, enfermedades periodontales, caries dental, perdida de dientes y otras enfermedades y trastornos que afectan a la boca y a la cavidad bucal. (OMS 2007).

Prácticas de higiene bucal.

Las prácticas de higiene bucal son un asunto individual, pero es necesario educar al individuo y a las colectividades para desarrollar los hábitos que les permitan mantener una higiene bucal adecuada. La educación para la salud constituye un elemento esencial, que tiene como objetivo promover, organizar y orientar a la población sobre lo que debe hacer para mantener una salud óptima. La higiene bucal es la práctica de mantener la cavidad oral limpia, sin enfermedades. Los cuidados preventivos consisten en cepillarse los dientes, utilizar hilo o seda dental y visitar al odontólogo cada seis meses para un control bucal y una limpieza dental.

El conocimiento apropiado de las prácticas adecuadas de salud bucal es el pilar fundamental para evitar las principales enfermedades bucales en los escolares. Este logro de salud bucal depende, entre otros aspectos, de la educación transmitida de padres a hijos desde que son pequeños, así como de las actividades de prevención y promoción de salud que efectúa el personal que brinda atención odontológica integral.

El mayor esfuerzo debe estar dirigido a disminuir la frecuencia de las afecciones bucales, mediante un incremento de las actividades de promoción, prevención e instrucción sanitaria, en las que la educación bucal para promover la salud integral desempeña una relevante función, por lo que debe constituirse en una enseñanza permanente para la vida, con influencia favorable en los conocimientos y comportamientos de los individuos, los grupos y las colectividades. (Riesgo Cosme, 2011)
Entre las principales técnicas de educación para la salud encontramos: entrevista, charla educativa, demostración, panel y mesa redonda, entre otras.

La prevención constituye el aspecto más importante de la práctica odontológica y los programas se dirigen hacia la prevención de las enfermedades bucales más frecuentes: caries dental, enfermedad periodontal y maloclusiones dentarias. Los objetivos básicos en lo que respecta a la educación para la salud son estudiar y desarrollar procesos de transmisión de conocimientos, actitudes y valores condicionados para crear buenos hábitos de salud en los individuos.

Las claves para promover una buena higiene bucal son:

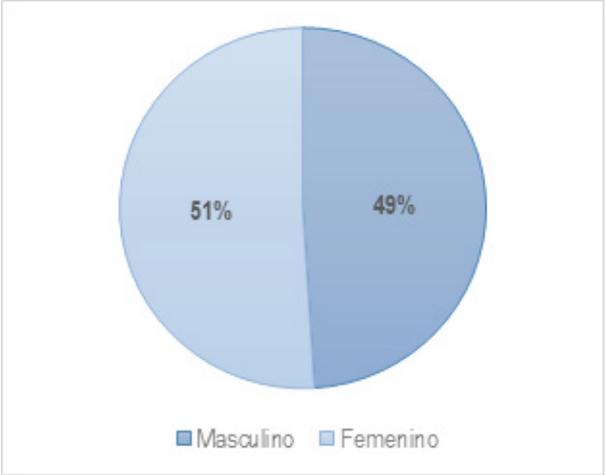
1. Utilizar el cepillado dental 3 veces al día, que ayuda a la remoción de residuos en la boca, causantes de la placa bacteriana. La lengua también debe ser cepillada.
2. Utilizar hilo dental después de cada cepillado, ya que es eficiente en la remoción de la placa dental bacteriana acumulada debajo de la encía, y entre diente y diente vecinos.
3. Emplear antiséptico de vez en cuando (enjuague 30 segundos, 2 veces al día), como complemento para combatir bacterias salivales que causan placa y gingivitis, reducir la velocidad de multiplicación de las bacterias en la boca y garantizar un aliento fresco y saludable.
4. La incorporación progresiva del niño a la atención dental favorece una actitud positiva hacia el cuidado de su boca y los procedimientos dentales, esta debe ser 2 veces al año para sus revisiones periódicas al odontólogo.

La implantación progresiva de las medidas preventivas en las edades anteriores llevará a que el niño que comienza su adolescencia tenga bien apegados hábitos de educación para una buena salud bucal. La educación para la salud ha sido definida por la OMS, como la encargada de promover, organizar y orientar los procesos educativos tendientes a influir en los conocimientos, actitudes y practicas relacionadas con la salud del individuo y la comunidad. (Cisneros, 2011).

RESULTADOS

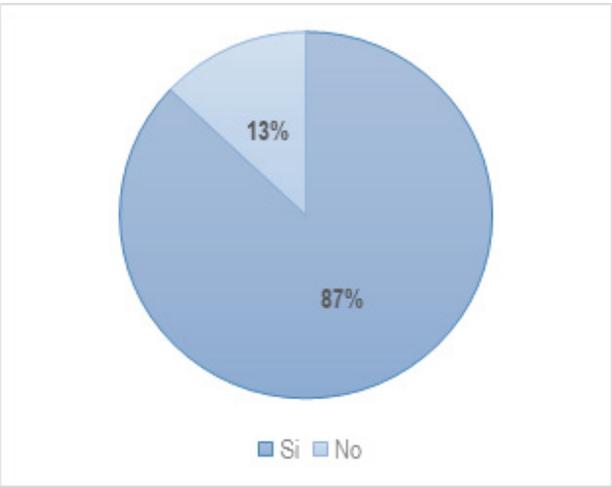
Una vez recopilada toda la información a partir del instrumento utilizado; se obtuvieron los siguientes resultados: Se evalúa una población de 1183 escolares del municipio, en donde el 51% pertenece al sexo femenino y el 49% al sexo masculino (Gráfico 1). Tomando en cuenta que en la mayoría de los estudios realizados el sexo femenino, lleva la vanguardia.

Gráfico 1. Sexo de los escolares



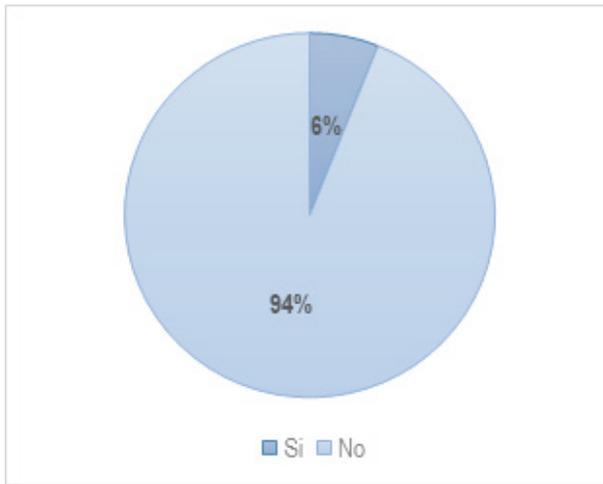
Posee Cepillo Dental: Una mayoría de los escolares (87%) posee uno de los más importantes auxiliares para la práctica de la higiene bucal, como lo es el cepillo de dental. Un 13% de los escolares no posee cepillo dental, a pesar de los esfuerzos realizados en materia de salud oral. (Gráfico 2).

Gráfico 2. Posee cepillo dental



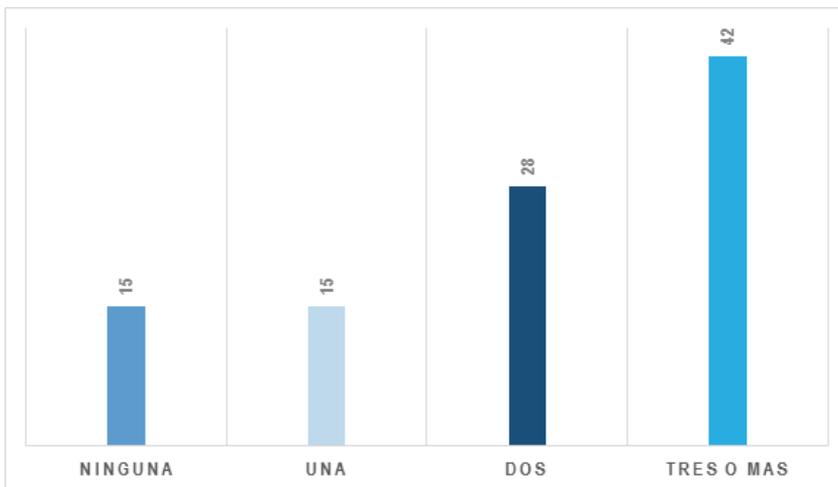
Comparte cepillo dental con algún familiar: De los escolares que poseen cepillo dental, un porcentaje bajo, pero importante (6%) comparte ese importante instrumento para practicar la higiene bucal. El 94% expresan que no comparten el cepillo dental. (ver gráfico 3).

Gráfico 3. Comparte cepillo dental con alguien de la familia



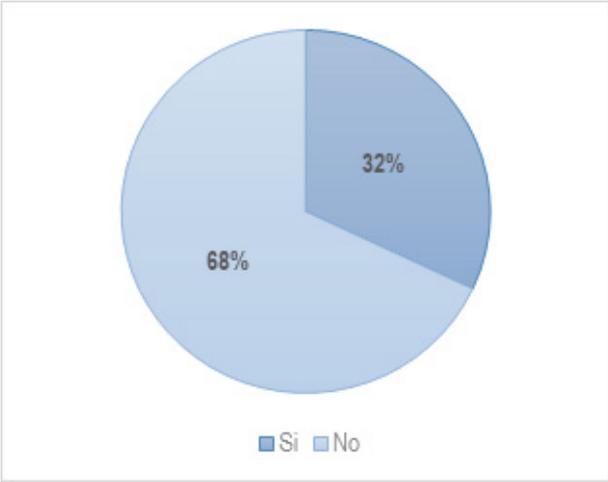
Frecuencia de cepillado dental: Un porcentaje importante de los escolares (58%) no están practicando frecuentemente el cepillado dental y 15% de los escolares abordados, no utilizan este importante instrumento de aseo oral (ver gráfico 4).

Gráfico 4. Frecuencia de cepillado dental diario



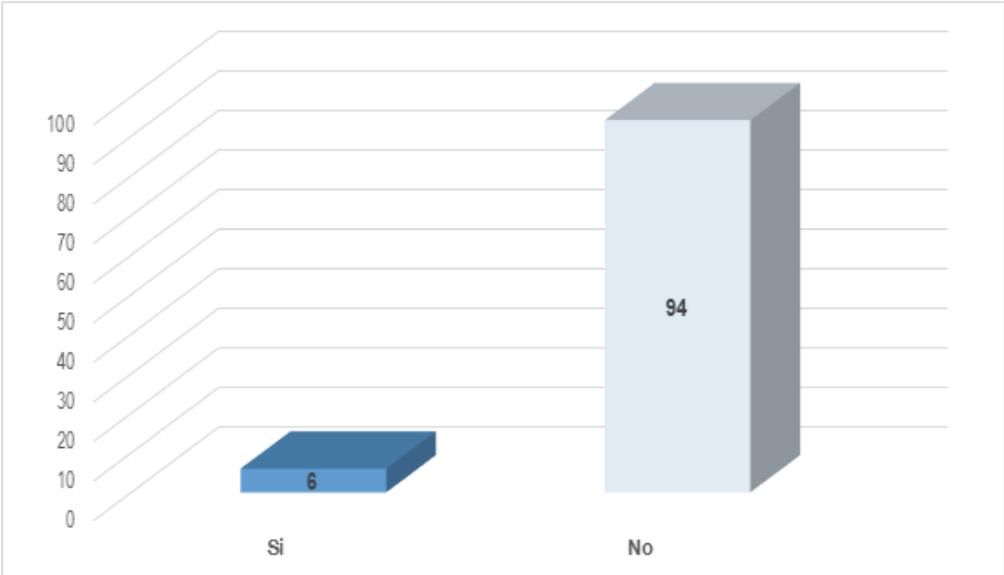
Cepillado lingual: Un 32% de los escolares expresa no cepillar su lengua. El 68% restante refiere cepillar su lengua al momento de realizar el cepillado dental (Gráfico 5).

Gráfico 5. Cepillado lingual diario



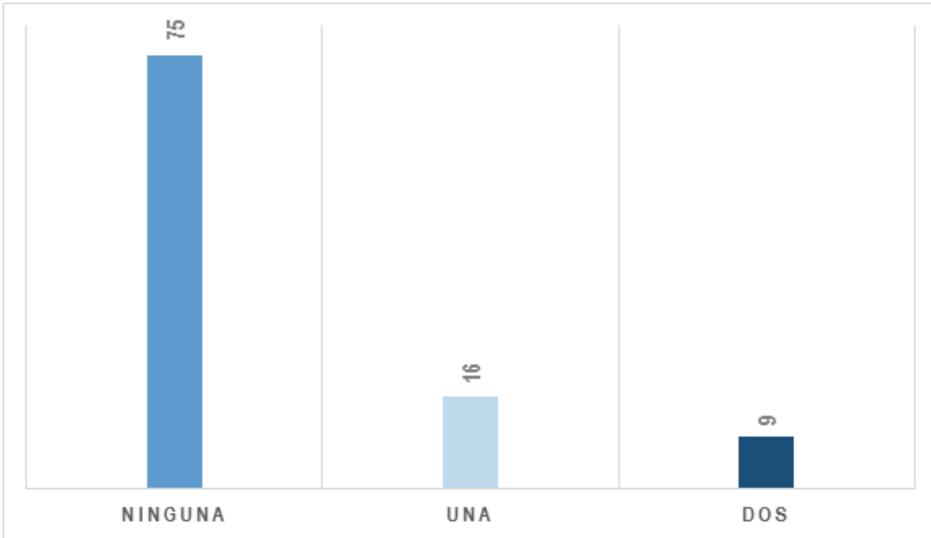
Utiliza hilo (seda) dental: Una mayoría muy marcada de los escolares (94%) no utilizan la seda o hilo dental, como auxiliar de higiene bucal, sólo 6% de los escolares abordados. (ver gráfico 6).

Gráfico 6. Uso de seda o hilo dental diario



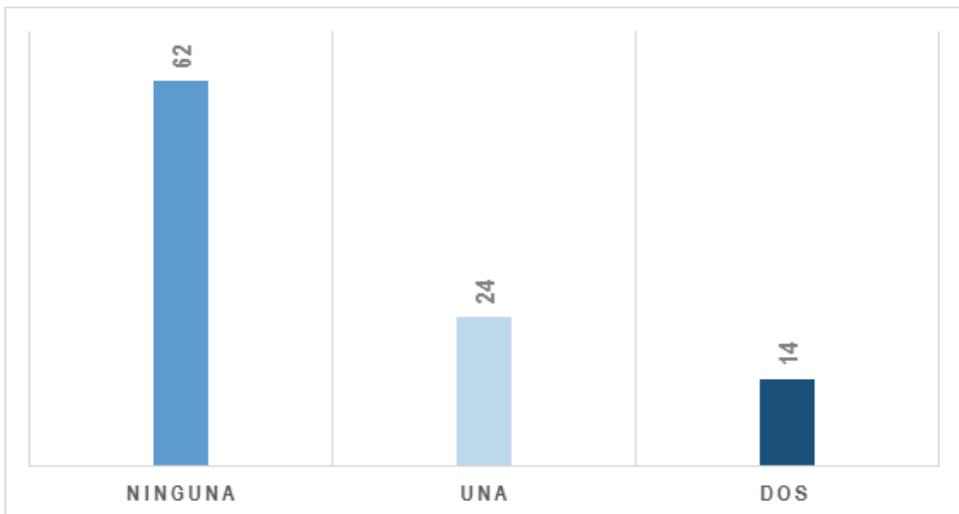
Aplicación de flúor (semestral): El 75% de los evaluados en este estudio, reportan que nunca han recibido una aplicación de flúor. 16% refiere haberlo recibido una sola vez y 9% restante dos veces al año (ver Gráfico 7).

Gráfico 7. Aplicación de fluor



Visita anual al odontólogo: El 62% de los escolares manifiestan que nunca han visitado un odontólogo. 24% refiere visitar al odontólogo 1 vez al año y 14% refiere visitar al odontólogo 2 veces al año (ver gráfico 8).

Gráfico 7. Visita anual al odontólogo



CONCLUSIONES

1. Un buen principio es saber, que la mayoría de los escolares poseen (tienen) cepillo dental, el cual es conocido como uno de los instrumentos más importantes para la práctica de la higiene bucal.
2. Es significativo que la mayoría de los escolares no están compartiendo con ningún familiar su cepillo dental, ya que esa situación acarrea la transmisión de un sinnúmero de microorganismos nocivos a la salud, lo cual asegura la adquisición de diferentes tipos de enfermedades.
3. La regularidad de cepillado dental es determinante, ya que la placa dentobacteriana se forma de manera continua y sólo eliminándola de manera incesante se evita su efecto perjudicial.
4. El cepillado lingual es una acción muy adecuada para disminuir la carga bacteriana de la cavidad bucal, así mismo para prevenir la halitosis o mal aliento.
5. No utilizar frecuentemente la seda o hilo dental, favorece la proliferación de microorganismos nocivos en los espacios interdenciales en donde el cepillo dental no puede llegar; provocando con esto la aparición de caries dental y también la gingivitis y/o la enfermedad periodontal.
6. El flúor es de las prácticas más aconsejables para prevenir la caries dental, ya que éste aumenta la resistencia del esmalte dental, también es antibacteriano, o sea, que actúa contra el crecimiento de bacterias y por último el flúor permite remineralizar la capa del esmalte.
7. El odontólogo es el profesional capacitado para promover la salud, prevenir la enfermedad, diagnosticar y tratar las afecciones de la cavidad bucal, por esa razón es importante hacer visitas semestrales.
8. En términos generales, las prácticas de higiene bucal son deficientes, es por ello que posterior a la presente investigación, se elaborará un modelo de atención primaria, que ubique al niño (a) como un ser biopsicosocial, al que se le brinde atención integral.

Aportes científicos generados mediante la realización de este estudio de Investigación:

1. Se obtuvo un diagnóstico de las prácticas de salud bucal, de los niños(as) de los diferentes centros educativos del municipio.
2. Se estableció una caracterización epidemiológica de la población escolar.
3. Se cuenta con una fuente de futuras investigaciones en cuanto a la incidencia y prevalencia de las enfermedades bucales más frecuentes; basados en evidencias

científicas.

4. Esta información, nos permite diseñar y aplicar un adecuado plan de prevención y tratamiento de las principales afecciones orales, que aquejan a esta población,
5. Contribuir a la satisfacción de la demanda de salud bucal de los escolares de estas comunidades; lo que fortalecerá junto con la salud general, la salud integral de los individuos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera muy especial al Dr. Elman Hidalgo, Alcalde del municipio de San Ignacio por su incondicional apoyo en el Proyecto de Vinculación e Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cisneros, G. D. (2011). La educación para la salud bucal en edades tempranas de la vida. *MEDISAN*, 1445-1458.
- Farith González Martínez, M. C. (2011). Conocimientos, actitudes y prácticas en salud bucal de padres y cuidadores en hogares infantiles, Colombia. *Salud. Publica Mex*, 247-257.
- González Martínez, Farith. Sierra Barrios, Carmen Cecilia. Morales Salinas, Luz Edilma. (2011). Conocimientos, actitudes y prácticas en salud bucal de padres y cuidadores en hogares infantiles. *Salud pública de México / vol. 53, no. 3*.
- Gutiérrez Andrade C. (2007). Condiciones Sociodemográficas, prácticas de higiene bucal y aspectos clínicos-odontológicos de los escolares del sector oficial. Distrito Educativo N° 6 MDC.
- Maria Esther Irigoyen-Camacho, C. M. (1997). Caries dental en escolares del Distrito Federal. *Salud pública Méx*, 133-136.
- Ministerio de Salud de Honduras/ OPS (1997). Estudio Epidemiológico de la Salud Bucal en Escolares Menores de 15 Años en la Escuelas Públicas de Honduras.
- OPS/OMS (2005). Estrategia para el mejoramiento de la salud general en las Américas a través de avances críticos en la salud oral. El Camino Hacia Delante: 2005-2015.
- Organización Mundial de la Salud. OMS (Febrero2007). Centro de Prensa. Salud Bucodental. Nota Informativa N° 318.
- Petersen PE. The World Health Report (2003): continuous improvement of oral health in the 21st century - the approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community Dent Oral Epidemiol*; 31:3-24.
- Riesgo Cosme, Yalili de la Caridad. (2011). Estado de salud bucal en escolares del Seminter-

nado "30 de Noviembre". *MEDISAN*, 442-446.

Rodríguez Salvál A. Alfonso Saguéll Karen. Bonet Gorbeall Mariano. (2008). Prácticas de salud bucal y características Sociodemográficas. *VIGILANCIA EN SALUD. La Salud en las Américas*, 454 y 475.

Yepes P. (2013). *La Salud Bucal en América Latina. Situación de la Salud Bucal*. Buenos Aires, Argentina. OPS/OMS 1993 Pág. 13.



Área
Económico
Administrativa

Percepciones de servicios y productos de la librería de la UNAH en Tegucigalpa, 2016.

Reina Lovo ¹
Fernando Flores ²
Lucy Gómez ³

RESUMEN

El propósito de este estudio es conocer la percepción de la comunidad universitaria (docentes, personal administrativo y de servicio) de la UNAH Tegucigalpa sobre la calidad de los productos y servicios que ofrece la Librería universitaria, durante el segundo periodo del 2016, de igual manera, se ausculta sobre las condiciones en las que opera actualmente la Librería Universitaria y de qué manera esto influye en la satisfacción de los clientes. La necesidad de información surge de la Secretaria de Desarrollo Institucional (SEDI), que solicita una investigación para conocer la situación actual de los servicios brindados en la Librería Universitaria, con la finalidad de tomar decisiones y diseñar estrategias para la mejora continua. Esta investigación es de carácter mixto con enfoque cualitativo y cuantitativo con un diseño concluyente, descriptivo transversal simple donde se obtuvo información de estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicios (total 775 encuestados) y de los empleados (10 entrevistas) que laboran en la Librería Universitaria. La principal conclusión es que el nivel de satisfacción con respecto a los productos y servicios que se oferta en la librería es de la categoría de satisfechos. Entre las recomendaciones están que se ofrezcan precios más bajos en los libros y productos, mejorar la atención al cliente por parte de los colaboradores, que se amplíe el área de la librería, que exista más variedad de textos, así como de autores de los mismos y ofrecer mayor variedad de literatura.

Palabras clave: *productos, servicios, satisfacción, calidad, percepción, comunidad universitaria.*

¹ Profesora del Departamento de Mercadotecnia, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, UNAH: reina.love@unah.edu.hn

² Profesor del Departamento de Mercadotecnia, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, UNAH: fernando.flores@unah.edu.hn

³ Profesora del Departamento de Mercadotecnia, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, UNAH: lucy.gomez@unah.edu.hn

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the perception of the university community (teachers administrative and service staff) of the UNAH Tegucigalpa on the quality of products and services offered by the University Library during the second period of 2016, we analyzed the conditions in which the University Library currently operates and how this influences customer satisfaction. The need for information arises from the Secretariat for Institutional Development (SEDI), from which an investigation was requested to help them to know the current situation of the services offered in the university library with the purpose of making decisions and design strategies for improvement keep going. This research is mixed with a qualitative and quantitative approach, with a conclusive and descriptive simple transversal design, where information was obtained from students, teachers, administrative staff (775 respondents) and collaborators (10 interviews) working at the university library.

Among the most important conclusions are that the level of satisfaction with respect to the products and services offered in the bookstore is "satisfied". Recommending that lower prices must be offered in books and products, improving customer service by the collaborators, expanding the area of the bookstore, providing more variety of texts as well as authors and offering more variety of literature.

Keywords: *Products, services, satisfaction, quality, perception, university community.*

INTRODUCCIÓN

La Secretaria de Desarrollo Institucional de la UNAH (SEDI), realiza investigaciones que permitan obtener información relevante para poder diseñar estrategias que conlleven a la mejora de cada una de las unidades. En esta ocasión, se solicitó una investigación que le ayudará a conocer la situación actual de los servicios brindados en la librería, su desempeño y la percepción de la comunidad universitaria sobre la calidad de los servicios y productos que se ofertaron durante el periodo del 2016.

El estudio tiene como propósito proveer insumos importantes a las autoridades universitarias quienes, en la búsqueda de la mejora continua, se han propuesto contribuir al logro de las metas institucionales y al desarrollo del país, llevando a la universidad a contribuir en la búsqueda de una educación globalizada, con altos estándares de servicio y mejorar posiciones en el ranking de universidades.

CONTENIDO

Para cualquier institución que decide ofertar sus productos y servicios, es necesario conocer como lo está haciendo y que debería mejorar. El ofertar no solo se trata vender un objeto físico, es saber ofrecer los beneficios que lleven al cumplimiento de las expectativas del cliente durante la adquisición de un producto.

Desde el punto de vista de la mercadotecnia tanto los productos tangibles como los intangibles se conciben como proporcionadores de la satisfacción, necesidades y deseos de los consumidores, por lo tanto, las organizaciones que brindan servicios deberán poner estricta atención a estos, aunque no se dediquen a elaborar productos directamente.

Para comprender mejor esta idea, es importante señalar la diferencia entre producto y servicio. Según Kotler, 2012 define:

Producto como cualquier cosa que se puede ofrecer a un mercado para su atención, adquisición, uso o consumo y que podría satisfacer un deseo o una necesidad y los servicios son una forma de producto que consiste en actividades, beneficios o satisfacciones que se ofrecen en venta y que son esencialmente intangibles y no tienen como resultado la propiedad de algo. (pp.224)

Percepción

Para (Kerin, 2014) percepción es el proceso por el cual el individuo selecciona, organiza e interpreta la información para formarse una imagen significativa del mundo, a su vez clasifica la percepción en dos grandes ramas, la percepción selectiva y la percepción subliminal.

La percepción selectiva es aquella donde el consumidor común y corriente opera en un entorno complejo de modo que el cerebro humano, este a su vez filtra e interpreta la exposición, comprensión y retención de los mensajes y en la percepción subliminal significa que la persona ve o escucha mensajes sin estar consciente de ello.

Satisfacción

Philip Kotler, establece que la mercadotecnia es una actividad humana que cuya finalidad consiste en satisfacer necesidades y deseos del ser humano mediante el proceso de intercambio.

Así mismo, (Kotler & Armstrong, Fundamentos de Marketing, 2012) describen la satisfacción como el grado en que el desempeño percibido de un producto concuerda con las expectativas del comprador. Si el desempeño del producto no alcanza las expectativas del comprador, quedará insatisfecho, por lo tanto, la satisfacción depende del desempeño que se perciba de un producto en cuanto a la entrega de valor.

El cliente, percibe el valor cuando evalúa las diferencias entre todos los beneficios y costos de una oferta de marketing con relación a la oferta de la competencia.

Servicio

Según (Kotler, Fundamentos de Marketing, 2014) las características y naturaleza de un servicio van en función de cuatro aspectos:

- Intangibilidad de los servicios: Implica que los servicios no se pueden ver, degustar, tocar ni oír.
- Inseparabilidad de servicios: implica que los servicios no se pueden separar de los proveedores, sean estas personas o máquinas.
- Variabilidad de los servicios: Implica que la calidad de los servicios depende de quién lo presta, además de cuándo, dónde y cómo se presentan.

- Caducidad de los servicios: Implica que los servicios no se pueden almacenar para venderse o usarse posteriormente.

Producto

Un producto en Mercadotecnia es hablar de todo aquello que se puede comercializar o vender, es por ello que Kotler define producto como cualquier cosa que se puede ofrecer a un mercado para su atención, adquisición, uso o consumo y que podría satisfacer un deseo o una necesidad y pueden ser tangibles e intangibles (Kotler, Fundamentos de Marketing, 2014).

Lo importante en relación a los planteamientos antes descritos, es que aunque la satisfacción del cliente es un parámetro que parece sencillo de determinar - por depender básicamente de dos aspectos (expectativas y percepciones) - es bastante complejo, ya que involucra la manera como las personas perciben la calidad, lo cual lleva inmersos un sin fin de aspectos psicológicos que varían de cliente en cliente, incluso cuando se trata de prestar un mismo servicio.

Definición de oferta, según expertos en Mercadotecnia y Economía

La oferta se refiere a "las cantidades de un producto que los productores están dispuestos a producir a los posibles precios del mercado". Complementando ésta definición, ambos autores indican que la ley de la oferta "Son las cantidades de una mercancía que los productores están dispuestos a poner en el mercado, las cuales, tienden a variar en relación directa con el movimiento". Laura Fisher y Jorge Espejo, autores del libro "Mercadotecnia" (Fisher & Espejo, 2010),

FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

Esta investigación es de carácter mixto con enfoque cualitativo y cuantitativo con un diseño concluyente, descriptivo transversal simple donde se obtuvo información de estudiantes, docentes, personal y de servicio (total 775 encuestados), de los colaboradores (10 entrevistas) que laboran en la librería universitaria. Previamente se realizó la investigación exploratoria, a través de la observación y la técnica de cliente oculto o simulado (Mystery Shopper). La muestra se calculó con base al dato poblacional de docentes, estudiantes, personal administrativo y de servicio según estadísticas en el anuario de la UNAH, del II período del 2016. La técnica de muestreo es no

probabilística, por cuotas distribuidas entre las carreras proporcionalmente a la matrícula (estudiantes) y cantidad de empleados por facultad. No se cuenta con antecedentes de la existencia de un estudio previo que esté registrado en alguna unidad de la UNAH.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos de medición que se seleccionaron son:

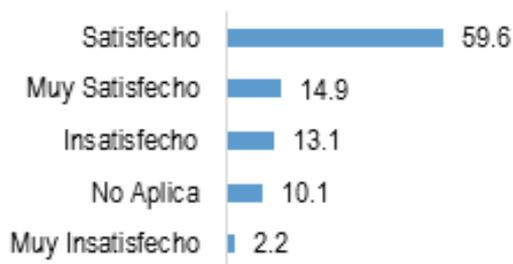
- La entrevista a experto (aplicada al ex director de la librería).
- La check list (para el mystery shopper).
- El cuestionario (aplicado a la comunidad universitaria y colaboradores).

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se realizó el proceso de edición de los cuestionarios y después se procedió a la transcripción de los cuestionarios, se elaboró una plantilla en el programa SPSS para la tabulación. Para el análisis de los datos, se realizó un análisis univariado y multivariado y se presentan cruces de variables para realizar un análisis de mayor profundidad. Las tablas y gráficas se editaron en el programa Excel.

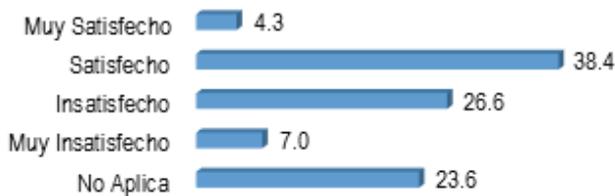
RESULTADOS

Gráfico 1. Orden de los productos



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Disponibilidad de productos-cafetería



Fuente: Elaboración propia

Las personas dentro de la comunidad universitaria, según el gráfico 1, muestran un 59.6% de satisfacción seguido de un 14.9% que están muy satisfechos respecto al orden en que los productos están colocados, sin embargo, un 13.1% manifestó estar insatisfecho. En relación a la disponibilidad de productos que se ofrecen en la cafetería, se puede observar en el gráfico 2, que el 38.4% de las personas muestran satisfacción, sin embargo, un 26.6 % muestra insatisfacción.

Con respecto a la variedad de los productos que se encuentran disponibles en la Librería Universitaria, el 43.6% de las personas están satisfechas y el 27.0% está insatisfecho según el gráfico 3, son porcentajes que revelan poca conformidad en esta variable fundamental de los servicios ofertados en la Librería universitaria.

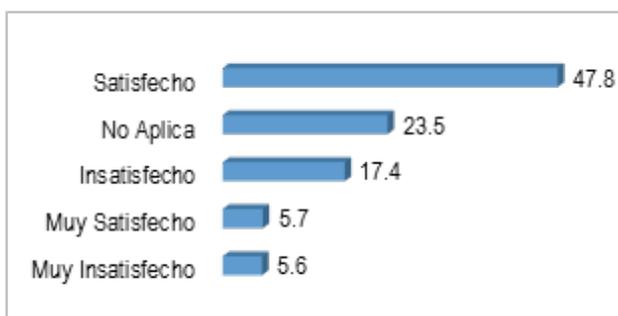
Gráfico 3. La variedad de los productos responde a las necesidades del usuario



Fuente: Elaboración propia

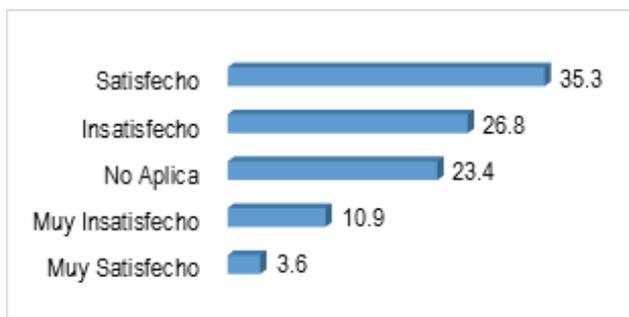
La calidad de los otros productos (uniformes, útiles y artículos promocionales) que se ofrecen en la librería, el gráfico 4 revela un 47.8% de satisfacción, aunque la variable precio muestra porcentajes de poca satisfacción ya que solo el 35.3% está satisfecho y un 26.8% muestra insatisfacción según se observa en el gráfico 5.

Gráfico 4. Calidad de los productos



Fuente: Elaboración propia

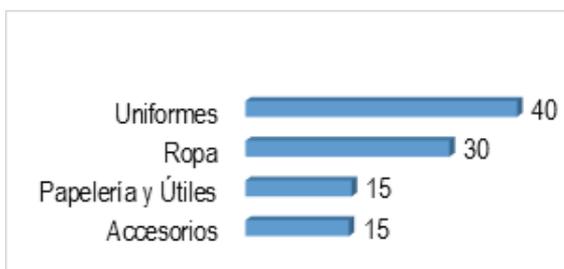
Gráfico 5. Precios de los productos



Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico muestra la opinión sobre los productos más demandados que son los uniformes (40%) y la ropa de vestir con serigrafía de la UNAH (30%).

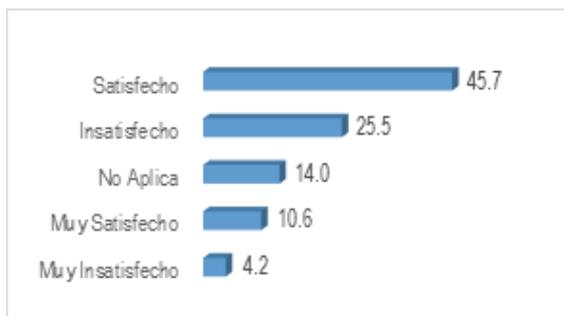
Gráfico 6. Productos de mayor preferencia



Fuente: Elaboración propia

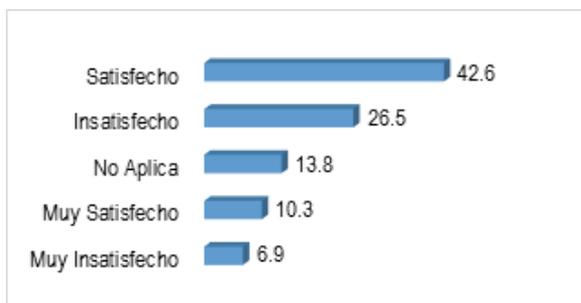
El gráfico 7 muestra el desempeño de los empleados que es evaluado en general como satisfactorio ya que las personas consideran son amables (45.7%), y en el gráfico 8, se menciona que los empleados muestran disposición para ayudar a los clientes (42.6%), sin embargo, es importante denotar que los resultados igualmente muestran cierto nivel de insatisfacción que es importante tomar en cuenta para efectos de lograr el máximo nivel de satisfacción.

Gráfico 7. Amabilidad de los empleados con los clientes



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Disposición de los empleados para ayudar a los clientes



Fuente: Elaboración propia

De igual manera, los entrevistados solicitan mayor variedad de artículos promocionales que sean creativos y de calidad, además que debe haber mayor disponibilidad de artículos o equipos para las diferentes carreras (calculadoras, papelería, dispositivos electrónicos, instrumento logia de las carreras, stickers, CD, DVD, cuadernos, mochilas, folders entre otros).

Las sugerencias que dan los miembros de la comunidad universitaria para que la librería pueda mejorar, se observa en el gráfico 9, es que realicen más publicidad por

diferentes medios de comunicación como las redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter), tomando en cuenta que el mayor porcentaje de la comunidad universitaria, que son estudiantes y docentes sí hacen uso y están expuestos a estos medios. También se menciona la importancia de que los estantes estén debidamente rotulados para hacer más agradable y fácil la búsqueda de los productos.

Gráfico 9. Recomendaciones para mejorar las ventas en la librería



Fuente: Elaboración propia

También recomiendan que ocasionalmente ofrezcan promociones reales donde puedan sentir que, a la administración de la librería, le interesa satisfacer y agradar al cliente.

Es por eso que se puede observar que en la segunda posición, las personas recomiendan bajar precios para poder realizar siempre sus compras en esta librería y no tener que buscar en la competencia por “unos cuantos lempiras menos” en los precios.

Así como crece la comunidad universitaria, crece la necesidad de ofrecer un espacio más amplio en la librería y sobre todo si se quiere manejar el concepto de librería y café que a pesar de ser una excelente idea, el espacio ya no es suficiente y se mezclan diferentes tipos de contaminantes como el ruido y los aromas.

Cruce de variables

Tabla 1. Cruce de variables tipo de usuario-amabilidad de los empleados

| Tipo de usuario | Los empleados son siempre amables con los clientes | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|------------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------|------------------|----------------|------------------|
| | No aplica | | Muy insatisfecho | | Insatisfecho | | Satisfecho | | Muy satisfecho | |
| | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila |
| Estudiante | 46 | 12.2 | 20 | 5.3 | 103 | 27.2 | 184 | 48.7 | 25 | 6.6 |
| Catedrático | 16 | 10.2 | 5 | 3.2 | 52 | 33.1 | 66 | 42.0 | 18 | 11.5 |
| Personal administrativo | 12 | 8.0 | 5 | 3.3 | 25 | 16.7 | 75 | 50.0 | 33 | 22.0 |
| Personal de mantenimiento y servicio | 34 | 40.0 | 2 | 2.4 | 16 | 18.8 | 27 | 31.8 | 6 | 7.1 |

Fuente: Elaboración propia

Si se analiza en la tabla número 1. el nivel de satisfacción por el tipo de usuario de los servicios y productos de la Librería universitaria, se observa que el personal administrativo muestra mayor satisfacción, sin embargo, son los estudiantes y docentes quienes más hacen uso de estos servicios, y estos muestran mayores niveles de satisfacción e insatisfacción. Una de las principales recomendaciones por parte de los usuarios es precisamente que los empleados sean más amables. El personal de mantenimiento y servicio hace poco uso de los servicios de la Librería universitaria.

Tabla 2. Cruce de variables tipo de usuario-variedad de productos

| Tipo de usuario | La variedad de los productos responde a sus necesidades | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------------|------------------|----------------|------------------|
| | No aplica | | Muy insatisfecho | | Satisfecho | | Muy satisfecho | |
| | Recuento | % del N° de fila | Recuento | % del N° de fila | Recuento | % del N° de fila | Recuento | % del N° de fila |
| Estudiante | 40 | 10.6 | 44 | 11.6 | 167 | 44.2 | 24 | 6.3 |
| Catedrático | 22 | 14 | 12 | 7.6 | 65 | 41.4 | 9 | 5.7 |
| Personal administrativo | 12 | 8 | 6 | 4 | 73 | 48.7 | 17 | 11.3 |
| Personal de mantenimiento y servicio | 34 | 40 | 0 | 0 | 31 | 36.5 | 6 | 7.1 |

Fuente: Elaboración propia

En relación al nivel de satisfacción sobre los productos ofertados y las necesidades básicas de los usuarios sobre el tipo de producto que busca en este tipo de librería, en general los estudiantes, catedráticos y personal administrativo muestran satisfacción con una tendencia a la insatisfacción reflejada sobre todo por los docentes y estudiantes, según datos de la tabla 2. Un mayor nivel de insatisfacción, aunque no tan elevado como se esperaría, mientras los niveles de insatisfacción son muy relevantes y exigen una acción de mejora.

Tabla 3. Cruce de variables tipo de usuario-disponibilidad de recomendar la Librería Universitaria

| Tipo de usuario | En general, estaría dispuesto a recomendar los productos y servicios que ofrece la librería Universitaria | | | | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | Definitivamente Sí | | Probablemente sí | | Indiferente | | Probablemente no | | Definitivamente no | |
| | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila | Recuento | % del n° de fila |
| Estudiante | 39 | 10.3 | 148 | 39.2 | 107 | 28.3 | 68 | 18.0 | 16 | 4.2 |
| Catedrático | 23 | 14.6 | 73 | 46.5 | 36 | 22.9 | 24 | 15.3 | 1 | .6 |
| Personal administrativo | 22 | 14.7 | 67 | 44.7 | 46 | 30.7 | 13 | 8.7 | 2 | 1.3 |
| Personal de mantenimiento y servicio | 6 | 7.1 | 36 | 42.4 | 33 | 38.8 | 5 | 5.9 | 5 | 5.9 |

Fuente: Elaboración propia

Analizando la respuesta de los usuarios de mayor representatividad en Centro Universitario en la tabla 3, observamos que los estudiantes probablemente sí (39.2%) recomendarían los productos y servicios de la librería, aunque un 28.3% muestra indiferencia a este tipo de consulta. En el caso de los docentes, el 46.5% un porcentaje representativo menciona que probablemente sí recomendaría a terceros los productos y servicios de la librería mostrando también indiferencia en su comportamiento de respuesta.

Hallazgos del cuestionario aplicado a colaboradores de la Librería universitaria

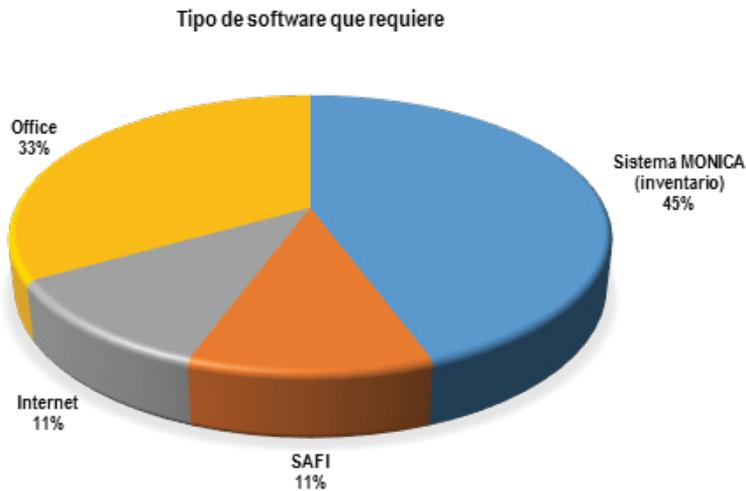
Después de realizado el trabajo de campo con los miembros de la comunidad universitaria, y basados en las necesidades básicas y oportunidades de mejoras detectadas en estos resultados cuantitativos, se impartió una capacitación sobre atención al

cliente y merchandising a los 14 colaboradores de la librería. En la capacitación los colaboradores expusieron algunos puntos importantes por los cuales se pueden ver reflejados estos resultados en el estudio, razón por la cual, se decidió analizar lo que pensaba la contraparte en este estudio, que en este caso son los colaboradores que laboran en la Librería universitaria, obteniendo los siguientes resultados de 10 de los 14 empleados:

La mayor parte tiene contacto con los clientes ya que laboran en el área de atención al cliente (60%), y el equipo que utilizan es básico (engrapadoras, calculadoras, probador de billetes) (38%) así como computadoras (31%).

Actualmente en la librería no se utiliza un software especial para el manejo de inventarios, siendo una herramienta de mucha importancia para poder agilizar las búsquedas o manejo eficiente de los productos que se ofertan en la librería y manejar control de inventarios. También consideran de importancia que puedan contar con internet para búsquedas específicas sobre textos, autores, disponibilidad, síntesis de libros de texto o literatura.

Gráfico 10. Tipo de software que requiere



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico 10, la mayoría de los colaboradores, deben manejar computadoras y software básico como el Sistema Mónica y Office, aunque en su mayoría, los colaboradores expresaron que requieren mayor capacitación con el manejo de paquetes de computación.

La opinión de los colaboradores con respecto a los cambios que estiman convenientes para poder mejorar los procesos en la librería y de esta manera ser más efectivos y eficientes en la atención al cliente, mencionaron que es necesario y conveniente que se pueda trasladar la bodega (15%) a un lugar más grande y fuera de la librería, pero que pueda estar cerca para poder abastecer con mayor rapidez en el caso que se requiera. Otro punto importante es que se pueda contar con mayor variedad de libros y artículos (10%) y con mejores precios (10%). Muchas personas llegan a consultar por variedad de textos con la que no se cuenta y ellos se ven en la situación de decir, no lo tenemos.

Haciendo un recorrido por la librería, es evidente que el espacio físico (10%) ya es muy pequeño para que se pueda manejar el concepto de librería y café. Al tener mayor espacio físico, su puede ordenar mejor las estanterías por disciplina y temática, colocando una debida rotulación que permita generar una mejor experiencia de búsqueda o que incite a la compra del producto.

Consideran que sería estratégico poder tener reuniones ocasionales con docentes, escritores o lectores frecuentes para poder detectar las necesidades en cuanto a libros de texto o literatura, de esta forma poder hacer las compras necesarias y mantener a los clientes satisfechos.

Gráfico 11. Quejas frecuentes por parte de los clientes



Fuente: Elaboración propia

Algunas de las quejas más frecuentes que hacen los clientes a los colaboradores, según se muestran en el gráfico 11, tienen que ver básicamente con los precios de los artículos (27%) así como el tiempo (20%) de espera que deben invertir en el momento que un libro no está en góndola y el colaborador se moviliza hasta la bodega a traerlo, se tardan mucho.

Entre otras quejas está el reducido espacio físico entre góndolas, así como la falta de rotulación en cada una de las áreas disciplinarias.

CONCLUSIONES

- El nivel de satisfacción de la comunidad universitaria en relación a los productos resultó satisfactorio, durante el estudio se mantuvo una tendencia entre satisfactorio e insatisfactorio, lo que hace existan oportunidades de mejoras en algunas áreas.
- En cuanto a la variedad de productos y servicios prestados por la librería, la percepción de los entrevistados está satisfecha, pero con tendencia a la insatisfacción, existen algunos servicios y productos que la población está demandando lo que conlleva a una oportunidad de mercado considerable que se debería implementar en el futuro para tener una satisfacción plena del mercado objetivo de la librería.
- En relación a la atención al cliente estudiado como variable, se determinó que la percepción es que están satisfechos, pero existe inconformidad sobre todo por parte de los estudiantes quienes expresan que no reciben la atención adecuada, que podría mejorar.
- De igual manera con la investigación exploratoria a través del cliente oculto, se pudo establecer que la Librería Universitaria, tiene una ubicación adecuada, con poco espacio y con falta de decoración. Los productos que se ofertan desde textos, elementos publicitarios, uniformes, útiles de igual manera es limitado e insuficientes y poco atractivo para sus compradores. El personal siempre está presente, sin embargo, no ofrece opciones a los compradores.
- En relación a que la cafetería y librería comparten el mismo espacio, se experimenta contaminación ambiental por el ruido y tráfico de personas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de Honduras por habernos otorgado la beca para poder realizar la investigación a través de la Dirección de Investigación Científica y Posgrados, a la decanatura, a los estudiantes investigadores, colaboradores, personal técnico y de gestión de la DICYP personal del Depto. de Mercadotecnia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fisher, L., & Espejo, J. (2010). *Mercadotecnia*. México: McGraw Hill.
- Grande, I. (2000). *Marketing de los Servicios*. España: ESIC.
- Grande, I. (2000). *Marketing de los Servicios*. España: ESIC.
- Kerin, R. A. (2014). *Marketing*. México: McGraw Hill.
- Kotler, P., & Keller, K. (2006). *Dirección de Marketing*. España: ESIC.
- Kotler, P. (2009). *Dirección de Mercadotecnia*. México: Prentice Hall.
- Kotler, P. (2014). *Fundamentos de Marketing*. México: Pearson.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2012). *Fundamentos de Marketing*. México: Pearson.
- Kotler, P., & Cruz, C. (2010). *Marketing 10 edición*. México: Prentice Hall.
- La Tribuna. (2012). *Librerías en Honduras*. Recuperado de: <http://www.latribuna.hn/2012/02/05/las-librerias-en-honduras-1851-1950/>
- Lehman, D., & Winer, R. (2007). *Administración del Producto*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Lehman, D., & Winer, R. (2007). *Administración del Producto*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Mankiw, G. (2010). *Principios de economía*. México: MacGraw Hill.
- Marketingpower.com. (s.f.). *Marketingpower.com*. Recuperado de: <http://www.marketingpower.com/mg-dictionary.php>
- Roberto Hernández Sampieri, C. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.
- Simón, A. (2011). *Diccionario de Economía*. México: Editorial Andrade.
- UNAH. (2016). *Anuario Estadístico*. Obtenido de: <https://estadistica.unah.edu.hn/anuario-estadistico/>
- Walker, O., Boyd H, M., & Larréché, J. (2005). *Marketing Estratégico, enfoque toma de decisiones*. Ciudad: México Editorial. McGraw Hill
- Walker, O., Boyd H, M., & Larréché, J. (2005). *Marketing Estratégico, enfoque toma de decisiones*. Ciudad: México Editorial. McGraw Hill
- Wikimedia. (2015). *Sistema bibliotecario UNAH*. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Biblioteca_de_la_Universidad_Nacional_Aut%C3%B3noma_de_Honduras#cite_note-2



Área
Físico
Matemática

Erosión hídrica en suelos de laderas cultivadas con café sin sombra, en Copán Honduras

Juan Manuel López Guevara ¹

RESUMEN

Se analizaron efectos de la erosión hídrica en suelos de laderas cultivados con café sin sombra en una zona del departamento de Copán Honduras, durante la época lluviosa de 2016, por medio de la estimación de las variaciones en la pérdida del suelo y en el escurrimiento superficial. Se planteó un diseño completamente al azar, cuyas unidades experimentales fueron constituidas por parcelas de escorrentía y erosión instaladas en áreas con 46% promedio de pendiente, cultivadas con café en tres diferentes rangos de edades. Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias estadísticas que indican que la reducción de la escorrentía y de las pérdidas de suelo se deben a cambios en la densidad del follaje del cultivo del café a medida que va creciendo. Los análisis de correlación y regresión entre la precipitación, la escorrentía, y entre ésta y la pérdida de suelo muestran que existe una asociación positiva media en ambos casos. En todos los casos, la diferencia en los volúmenes de escorrentía y las pérdidas por erosión entre la cobertura boscosa y las diferentes edades es significativa, demostrando la capacidad del follaje para interceptar y amortiguar la energía cinética de las gotas de lluvia que generan el arrastre de las partículas de suelo, y el potencial de absorción y almacenamiento de la capa de material orgánico que cubre el suelo y del tejido radicular para influir en la circulación del agua en el suelo.

Palabras clave: : *Erosión hídrica, escurrimiento superficial, cultivos de café*

¹ Profesor en el Centro Universitario Regional de Occidente (CUROC) de la UNAH: lopezgjm@gmail.com

ABSTRACT

The study assesses the effects of water erosion on slope soils cultivated with no shaded coffee in the protected area named Cocoyagua, at the western department of Copan, Honduras, during the 2016 rainy season, through the estimation of variations of soil loss, of the surface runoff and of the soil nutrient content. a completely randomized design was outlined, whose treatments were coffee crop plots of three different age's ranges, plus the comparison group, it is to say, and forest plots adjacent to coffee plantations. Experimental units were composed by runoff and erosion plots, installed at coffee cultivated and at the woods plots, with average slope of 46%. Analysis of Variance (ANOVA) results show statistical differences indicating that runoff and soil loss reduction are due to foliar density changes of the coffee plantation according to its growth process, although post hoc tests don't show the same coincidence on all results. Correlation and regression analysis between precipitation and runoff and between this one and the soil loss indicate an intermediate positive association in both cases. In all cases, difference in runoff and soil erosion loss between woods protection and the different coffee ages is significant, demonstrating foliage capacity for intercepting and absorbing raindrops kinetic energy that cause soil particles dragging, and the potential of absorption and storage of the organic material covering the soil and of the root tissue for influencing on the soil water circulation

Keywords: *Water erosion, surface runoff, coffee crops*

INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica de los suelos es considerada uno de los más importantes problemas ambientales en el mundo (Konz, Baenninger, Konz, Nearing y Alewell, 2010), tan grave como el calentamiento global y la pérdida de biodiversidad, y el principal que aqueja la agricultura (Hincapié y Ramírez, 2010), cuyo control es uno de los principales temas de la agenda ambiental mundial (Ananda y Herat, 2003, citados por Cisneros, et al, 2012; Lobos, ed., 2013). Las repercusiones se manifiestan en pérdida de la productividad y degradación de los suelos (Hincapié y Salazar, 2011), y según Zamora, (2011), abandono del campo y pobreza extrema.

Los suelos de laderas de la región occidental, particularmente aquéllos cuyo uso es destinado a la producción de café, son vulnerables ante los impactos del cambio climático, estimándose, como en otros suelos de laderas del país, que “la reducción de los niveles de humedad del suelo, propiciarían la erosión y eventualmente el inicio de procesos de desertización en los suelos de laderas” (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [SERNA], 2010, p. 20). La erosión se ha visto acelerada por las prácticas de agricultura migratoria, la ganadería extensiva, los incendios forestales y los aprovechamientos ilegales de productos derivados del bosque. Otras situaciones que se presentan en los sistemas de producción se integran en la problemática, como la poca diversificación de cultivos, la ausencia de prácticas de conservación y mejoramiento de los suelos, las condiciones inseguras de tenencia de la tierra y la poca utilización de tecnologías apropiadas en los cultivos.

Los estudios relacionados con los suelos, particularmente enfocados al análisis de los procesos erosivos, son escasos en la región occidental del país. Es por ello, que la ejecución de investigaciones que conduzcan a propuestas que promuevan el manejo racional del recurso suelo, particularmente en aquellas áreas dedicadas a la producción cafetalera, que es el rubro agrícola de mayor importancia para la región, se hacen necesarias.

Se espera que la información generada contribuya a crear conciencia en los productores e instituciones acerca de los impactos de la pérdida de suelos en la productividad y en la salud de los ecosistemas y al diseño de estrategias integradas de manejo de los suelos en la zona, minimizando la pérdida de suelos, aprovechando los nutrientes que se encuentran en el suelo y conservando los recursos naturales.

Se procura validar la aplicabilidad de una técnica conocida y utilizada en forma recu-

rente en diferentes lugares para determinación de la erosión del suelo. La técnica de las parcelas de escorrentía y erosión es indicada cuando la finalidad es demostrar hechos conocidos, en estudios comparativos o para obtener datos para construir o validar un modelo o ecuación destinado a predecir la escorrentía o la pérdida de suelo (Hudson, 1997). Existen registros del desarrollo incipiente de la técnica de las parcelas de escorrentía desde la segunda década del siglo XX (Hayward, 1968). Desde entonces, se han conocido experiencias de uso del método en diferentes partes del mundo: en Suiza (Konz et al., 2010), Chile (Vega, 2008), Ecuador (Chela, Monar, Valverde y Cruz, 2008), España (de Alba, Benito y Pérez, 2002), Guatemala (Santos, 2010) y Costa Rica (Garzón, Faustino, Ferreira y Kass, 1993), entre otros. Se han desarrollado manuales y lineamientos metodológicos para el diseño y las mediciones (Perret, 1993, Felipe-Morales, 1996; Hudson, 1997; Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central [PASOLAC], 2005; Da Silva, Vaquero y Tejada, 2006).

METODOLOGIA

Diseño: La investigación presenta un diseño experimental, que se ejecutó a nivel de campo, en el ambiente natural en el que ocurren los fenómenos que generan la erosión del suelo. Los tratamientos seleccionados fueron: a) cultivo de café sin sombra en suelos de ladera, en tres diferentes rangos de edades: ≈ 1 año; ≈ 2 años; ≈ 3 años; b) cobertura forestal, que constituye el grupo de control del experimento.

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA). Se plantearon tres repeticiones por cada tratamiento, más el grupo de control, para un total de 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental (parcela de escorrentía) se instaló en un área promedio de 42 m²; las que se instalaron en el bosque, en un área de 55 m². Las parcelas se instalaron en terrenos con rangos de pendientes ente 40 y 50%.

Población sobre la que se ha hecho el estudio: El universo está constituido por áreas de terreno, que según Pennock, (2004) deben compartir algunas características comunes. Criterios como los planteados por Da Silva, Vaquero y Tejada (2006), fueron aplicados para la selección de los sitios de medición: a) manejo agronómico similar en todos los lotes; b) microrrelieve uniforme de la pendiente del terreno; c) textura similar del suelo de las parcelas; d) el tamaño del área cultivada debe permitir la instalación de las parcelas y sus equipos de medición de escorrentía; e) los sitios de medición deben ser de fácil acceso y permitir el monitoreo de los mismos.

Las unidades experimentales corresponden a las parcelas de escorrentía y erosión, que se instalaron dentro de la zona de estudio; éstas son esencialmente instrumentos de evaluación a nivel de campo que permiten medir la producción de escorrentía y sedimentos en “una superficie de terreno delimitada, de la que se conoce con detalle sus características edáficas, topográficas y morfológicas, y aquellas relativas al estado de la vegetación, recubrimiento del suelo, prácticas de manejo, etc.” (De Alba, Benito y Pérez, 2002, p. 45).

Entorno: El área de estudio se localiza en el departamento de Copán, en la región occidental de Honduras, dentro de la zona conocida como Cocoyagua, declarada como Zona de Vocación Forestal. Es una zona montañosa y de relieve irregular, con un amplio sistema de drenaje. La altitud se encuentra entre 900 y 1500 msnm. La precipitación ocurre entre 1300 y 1500 mm de agua por año, la temperatura varía entre 20 y 30° C (Consejo Intermunicipal Higuito, 2006). Los tipos de uso de suelo son el bosque latifoliado, el cultivo de café, de granos básicos y la ganadería extensiva. La vegetación muestra fuertes influencias antropogénicas debido a acciones de tala – roza y quema realizadas en las últimas décadas para el establecimiento y manejo de cultivos.

Intervenciones: Las parcelas de escorrentía y erosión están constituidas por un campo experimental, “de forma rectangular ubicado en el sentido de la pendiente del terreno” (Felipe-Morales, 1996, p. 13). Se construyeron de láminas metálicas incrustadas en el suelo unos 20 cm, y sobresaliendo sobre la superficie otros 20 cm. El sistema receptor, ubicado en el lado inferior del campo, se conformó por un canal colector, un canal conductor y tanques receptores cilíndricos, integrados por un tanque principal y un auxiliar.

La toma de datos de los volúmenes de escurrimiento superficial se realizó entre los meses de mayo y septiembre, cada vez que se registró un evento de lluvia, midiendo la profundidad de agua escurrida en el tanque, para luego determinar el volumen en m³/ha. Para medir las pérdidas de suelo se agitó el tanque, se tomó una muestra de un litro, se filtró y se determinó el peso de los sólidos secados a una temperatura aproximada de 60°C. Este valor se multiplicó por el volumen colectado en el tanque para calcular la pérdida de suelo, que luego se expresó en ton/ha. Se determinó la variación de nutrientes, tomando muestras del suelo erosionado a 20 cm de profundidad en cada parcela de escurrimiento al inicio, a la mitad y al final del periodo de estudio, que fueron enviadas a un laboratorio para determinar las concentraciones de nutrientes en cada parcela.

ANÁLISIS DE DATOS

El estudio mide las variaciones del escurrimiento superficial, el suelo erosionado y los nutrientes perdidos en cada una de las parcelas de escorrentía y entre los tratamientos. La organización y el procesamiento de los datos se realizó utilizando hojas de cálculo de Excel y el programa estadístico SPSS.

El análisis se realizó por medio de medidas de estadística descriptiva de los lotes de escorrentía y los tratamientos. El análisis estadístico inferencial se realizó por medio del Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar las diferencias estadísticas de los volúmenes de agua escurrida, de las cantidades de suelo erosionado y de las pérdidas de nutrientes entre tratamientos, analizando las variaciones con niveles de significancia $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$. Posteriormente, se realizaron pruebas post hoc de las medias (la prueba de rango de la diferencia altamente significativa [DHS] de Tukey), para determinar las diferencias entre las medias en forma individual entre cada uno de los tratamientos.

Se llevó a cabo un análisis para determinar el grado de asociación entre los factores estudiados por medio del coeficiente de correlación r de Pearson y el análisis de regresión lineal. Los análisis de correlación se sustentaron con hipótesis sometidas a prueba. Se realizaron análisis de significancia por medio de la distribución muestral t y la prueba de razón F . Las correlaciones que se analizaron fueron: volumen de precipitación y de escorrentía, y volumen de escorrentía y el peso de suelo erosionado.

RESULTADOS

Variaciones en los volúmenes de escurrimiento superficial

La precipitación acumulada durante el período de estudio alcanzó 750 mm, registrándose precipitaciones máximas de 42 mm y medias de 18.29 mm. Se presentaron valores elevados a mediados del mes de junio, a finales de agosto y durante el mes de septiembre, mientras que los volúmenes más bajos se observaron de mediados de julio a mediados de agosto, período que corresponde a la ocurrencia de la canícula en la zona.

Los resultados sugieren que el escurrimiento del agua se va reduciendo a medida

que se incrementa el área foliar en la plantación de café, y es considerablemente menor en las parcelas de bosque en las cuales se presenta una mayor cobertura foliar que intercepta el agua precipitada, además de la presencia de una mayor cantidad de material orgánico que absorbe el agua que se deposita sobre la superficie del suelo.

En general, las cantidades de agua escurrida son bajas (menos de 20%) en relación a las cantidades de agua interceptada e infiltrada. El coeficiente de escurrimiento encontrado en cada uno de los tratamientos disminuye a medida que se incrementa la edad del cultivo, desde 0.22 en el tratamiento 1 (≈ 1 año), hasta 0.13 en el 3 (≈ 3 años). El grupo de comparación presentó un coeficiente de 0.05. Esa disminución expresa una disminución en la cantidad de la escorrentía superficial en relación con los volúmenes de precipitación caída.

Se utilizó un ANOVA para probar las diferencias entre las medias del escurrimiento superficial entre cada uno de los tratamientos. El estadístico F de la prueba calculado fue 30.78, mayor que el tabulado (3.94), a un nivel de significancia $\alpha = 0.01$ (Little y Hills, 1989), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el nivel de confianza de 99% (cuadro 1). Se concluye que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre las medias de los tratamientos para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que la variabilidad entre las edades no se debe al azar sino al efecto de los cambios en el follaje entre ellas.

Cuadro 1. Resumen de las fuentes de variación (tratamientos incluyendo el control).

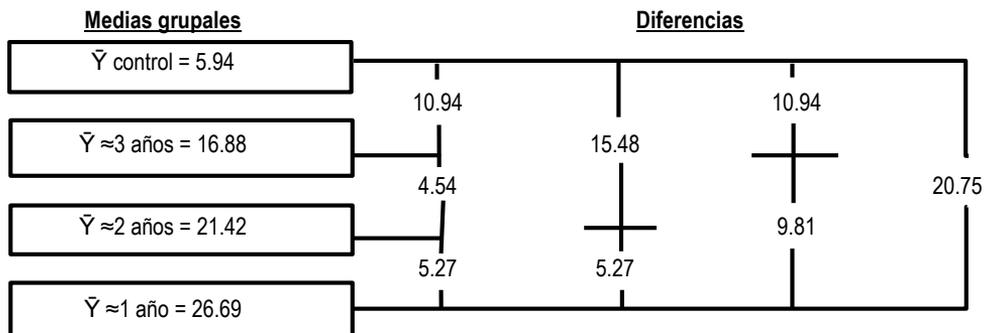
| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Varianza de los cuadrados medios | Valores tabulados de la razón F | | F calculado = CME/CMD |
|------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Entre tratamientos (SCE) | 8,179.25 | 3 | 2,726.42 | $\alpha = 0.05$ | F=2.68 | 30.78 |
| Dentro de tratamientos (SCD) | 12,044.64 | 136 | 88.56 | $\alpha = 0.01$ | F=3.94 | |
| Total (SCT) | 20,223.89 | 139 | 145.50 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo obtenido diferencias significativas entre los tratamientos, se realizaron pruebas de rango post ANOVA para determinar las diferencias particulares entre cada uno de ellos. La prueba de rango DHS de Tukey, con un nivel de confianza de 95%, dio un valor de 5.77, por consiguiente, una diferencia de por lo menos 5.77 m³/ha entre cualquier par de medias resulta estadísticamente significativa.

Las diferencias en el volumen de escorrentía no son significativas entre las edades de ≈1 año y ≈2 años, ni entre ≈2 y ≈3 años, probablemente por ser periodos relativamente cortos en los que el follaje desarrollado no produce la suficiente cobertura para reducir de forma significativa la escorrentía. Son significativamente diferentes entre las edades de ≈1 y ≈3 años, dada una mayor amplitud de tiempo en la que se pueden producir cambios en el follaje de las plantas que se manifiesten en una reducción significativa de la escorrentía (Gráfico 1).

Gráfico 1. Diagrama de árbol de las diferencias entre medias para las comparaciones de la prueba de rango DHS del escurrimiento superficial.



Fuente: Elaboración propia.

El volumen de escorrentía es significativamente diferente entre el grupo de control y cada uno de los tratamientos. La cobertura boscosa presenta una marcada superioridad en la intercepción de las gotas de lluvia y en la absorción de agua por el material orgánico depositado en el suelo y por el sistema de raíces de las plantas.

Variaciones en la cantidad de suelo erosionado

La cuantificación de los datos de pérdida de los suelos por erosión en cada uno de los lotes proporciona promedios hasta de 25 ton/ha. Se encontraron pérdidas promedio de más de 18 Ton/ha en los lotes de ≈1 año, que se reducen hasta cerca de 6 Ton/ha en los lotes de ≈3 años y a menos de 1 Ton/ha en el área boscosa.

Las diferencias entre las medias de las pérdidas de suelo por erosión en cada uno de los tratamientos se analizaron por medio de un ANOVA, calculándose el estadístico F de la prueba, que dio como resultado 24.0. Al comparar el valor de F calculado con los valores tabulados a un nivel de significancia $\alpha = 0.01$, se encuentra que la F observada es mayor que la F tabulada, ($24.00 > 5.34$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en el nivel de confianza de 99% (véase el cuadro 2).

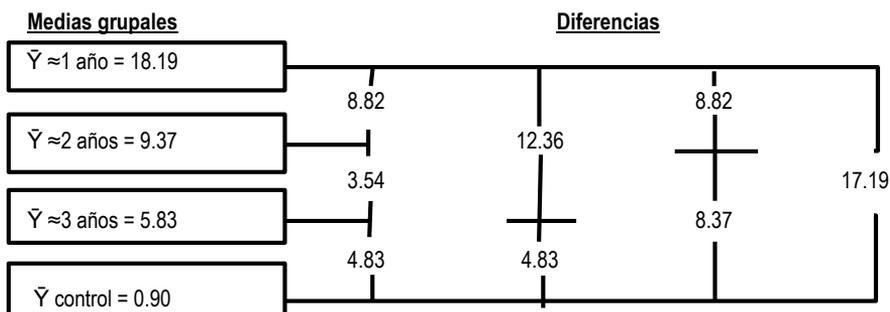
Cuadro 2. Resumen de las fuentes de variación en los tratamientos (cantidades de suelo perdido).

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Varianza de los cuadrados medios | Valores tabulados de la razón F | | F calculado = CME/CMD |
|------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------|-----------------------|
| Entre tratamientos (SCE) | 1,436.52 | 2 | 478.84 | $\alpha = 0.05$ | F=3.30 | 24.00 |
| Dentro de tratamientos (SCD) | 638.35 | 32 | 19.95 | $\alpha = 0.01$ | F=5.34 | |
| Total (SCT) | 2,074.87 | 34 | 59.29 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre las medias de los tratamientos para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que la variabilidad entre los tratamientos no se debe al azar sino a un efecto distinto entre dichos tratamientos. Posteriormente se realizaron pruebas de rango post ANOVA para determinar las diferencias particulares entre cada uno de los tratamientos (gráfico 2). Los resultados de la prueba de rango DHS de Tukey, con un nivel de confianza de 95% fueron 4.3, por consiguiente, una diferencia de por lo menos 4.3 Ton/ha entre cualquier par de medias resulta estadísticamente significativa.

Gráfico 2. Diagrama de árbol de las diferencias entre medias para las comparaciones de la prueba de rango DHS de las cantidades de suelo perdido.



Fuente: Elaboración propia.

Variaciones en la pérdida de nutrientes

La cuantificación de la pérdida de nutrientes del suelo requiere el análisis las pérdidas por diferentes vías: a) por escorrentía superficial, que se encuentran en forma soluble en las muestras de agua de escorrentía; b) por arrastre de suelo (erosión), en las muestras de sedimentos recogidos, que se encuentran en suspensión en los recipientes de recolección; c) por lixiviación, mediante muestreos de la solución del suelo, de materiales que se encuentran en solución en el suelo, y; d) por exportación por los cultivos. Para la determinación de las variaciones en el tiempo se requiere el muestreo y análisis en diferentes puntos dentro de un período de evaluación.

Por razones de disponibilidad de recursos para la ejecución de la investigación, solamente se realizaron muestreos de las parcelas a 25 cm de profundidad, en tres diferentes fechas, partiendo con el inicio, luego a mediados y al final del período de lluvias.

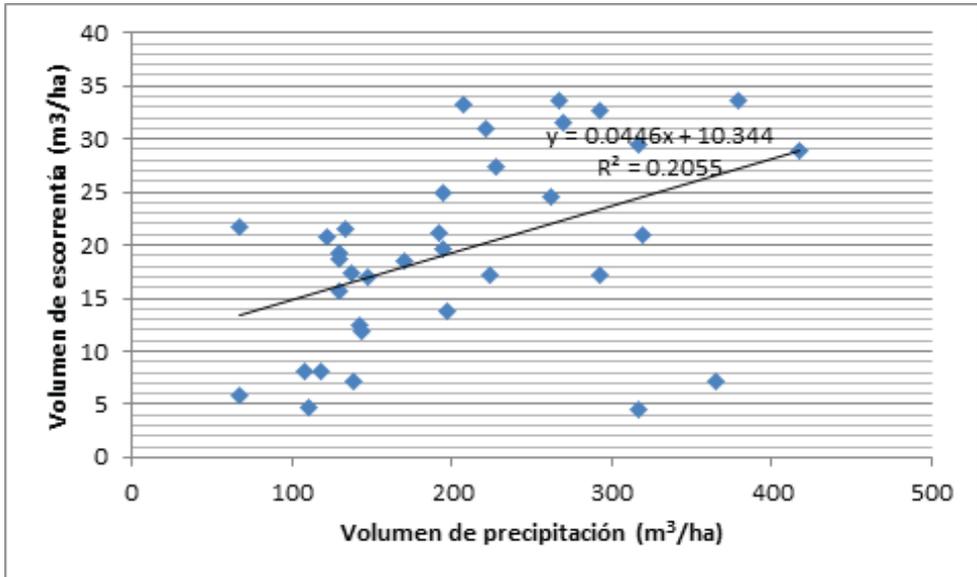
Por las razones mencionadas, no se espera realizar en este estudio la cuantificación de las variaciones en la pérdida de nutrientes relacionada con los diferentes procesos hídricos en el suelo. Solamente se realizan comparaciones de las cantidades encontradas en tres muestreos, sin pretender atribuir a la erosión de los suelos los cambios que se presenten en las parcelas analizadas.

Asociación entre los diferentes tratamientos

La asociación entre la precipitación y la escorrentía se analizó por medio del coeficiente de correlación lineal r de Pearson y la regresión lineal. El coeficiente de correlación obtenido fue de 0.4533, mostrando que existe una asociación positiva medianamente estrecha entre la precipitación y la escorrentía. Los valores tabulados mostraron un coeficiente de correlación r de 0.4182 para un nivel de significancia de 0.01, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para ese nivel de significancia. El coeficiente de regresión b (gráfico 3) obtenido es 0.0446. La pendiente de la recta, con una inclinación hacia arriba, indica una correlación positiva: un incremento de 1 m³/ha de precipitación se relaciona con un incremento de 0.0446 m³/ha en la escorrentía.

A manera de verificación de los niveles de significancia obtenidos se utilizó la prueba de razón F y la distribución muestral t aproximadamente normal, encontrándose la misma significancia para la asociación entre los factores.

Gráfico 3. Recta de regresión lineal entre los volúmenes de precipitación y los volúmenes de escorrentía.



Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de correlación r de Pearson obtenido entre el suelo erosionado y la escorrentía fue 0.6072, indicando una asociación positiva medianamente estrecha entre los factores. Los cambios en los volúmenes de escorrentía se manifiestan en cambios en las cantidades de suelo perdido, no obstante que la coparticipación de otras variables inherentes a los suelos (textura, estructura, pendiente, capacidad de infiltración, permeabilidad, porosidad) y externas (intensidad de la lluvia, cobertura del suelo, prácticas de cultivo), influyen también en la erosión del suelo. Los valores tabulados del coeficiente de correlación, muestran un coeficiente de 0.5494 para un nivel de significancia de 0.10, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para ese nivel de significancia.

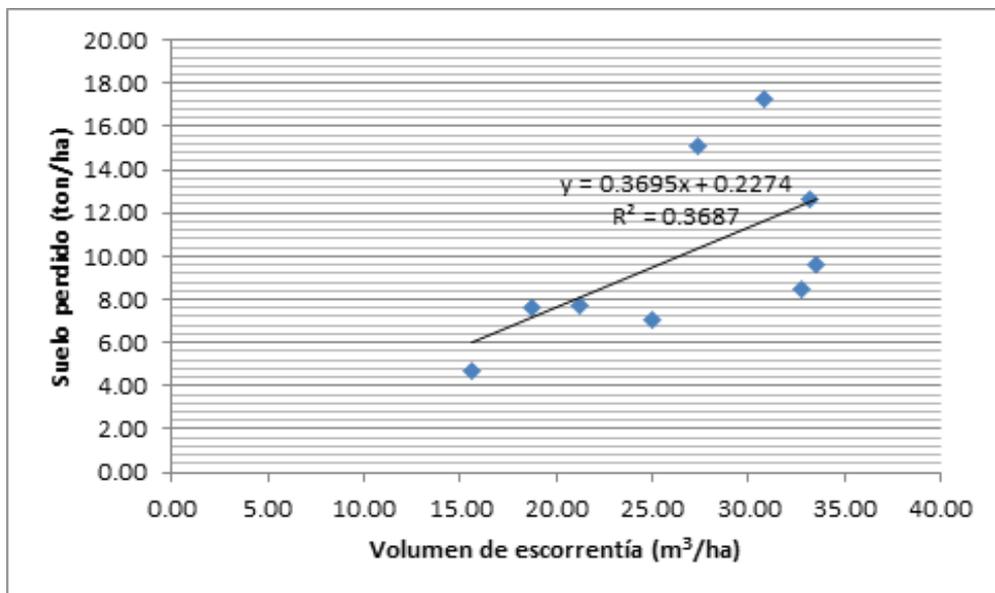
Sin embargo, aunque las correlaciones sean significativas, es necesario ser cuidadoso al afirmar que una fluctuación de la precipitación causa una fluctuación en la escorrentía y que una fluctuación de ésta causa una fluctuación en la pérdida de suelo. Si bien es cierto que estadísticamente existe una asociación explicada por los efectos que los volúmenes de precipitación ejercen para provocar la ocurrencia de la escorrentía y los efectos que los volúmenes de escorrentía pueden ejercer para provocar la ocurrencia de la erosión, a su vez, éstas pueden ser generadas por otros factores

cuya participación puede representar importantes proporciones en la expresión de los fenómenos. Otras variables que no se han considerado en los cálculos, como la intensidad de las lluvias, las características propias de los suelos, el tiempo de los eventos, etc., pueden también ser responsables de aportar considerablemente a los volúmenes de escorrentía y a la pérdida de suelo.

El coeficiente de regresión b (gráfico 4) obtenido es 0.3695. La pendiente de la recta muestra una inclinación hacia arriba, lo que indica una correlación positiva: un incremento de 1 m³/ha de precipitación se relaciona con un incremento de 0.3695 ton/ha (369 Kg/hectárea) en la pérdida de suelo.

A fin de verificar los resultados de los niveles de significancia obtenidos se utilizó la prueba de razón F y la distribución muestral t aproximadamente normal, encontrándose la misma significancia para la asociación entre los factores.

Gráfico 4. Recta de regresión lineal de las cantidades de erosión del suelo y los volúmenes de escorrentía.



Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

La reducción del escurrimiento del agua a medida que se va incrementando la edad en la plantación de café en el proceso de crecimiento se explica (en un 39%) por el desarrollo de la cubierta foliar protectora que intercepta el agua precipitada; sin embargo, otros factores coparticipan en la ocurrencia del fenómeno, explicando el porcentaje restante, como las diferencias en el microrrelieve de los terrenos, las pendientes, la profundidad de los suelos, las variaciones e intensidad en las precipitaciones, entre otros. Las variaciones en las cantidades de suelo perdido entre los tratamientos son explicadas por los cambios en la cobertura vegetal (en un 66%); pero también por otros factores que participan en una proporción considerable en la ocurrencia del fenómeno.

Tanto el escurrimiento como la erosión son considerablemente menores en las parcelas de bosque en las cuales se presenta una mayor cobertura foliar, además de una mayor cantidad de material orgánico que absorbe el agua depositada sobre la superficie e impide el arrastre de las partículas. Aunque el coeficiente de correlación muestra una relación medianamente estrecha entre la precipitación, la escorrentía, y entre ésta la pérdida de suelo, extrapolar los resultados a otras zonas similares debe ser una acción que se haga con cuidado, considerando la intervención de diferentes variables que hacen que la relación sea imperfecta.

La metodología es eficaz para la finalidad del estudio, relacionada con la demostración de hechos conocidos, como, mostrar que la escorrentía y la erosión son mucho menores en una parcela cubierta de vegetación que en una parcela desnuda, y mostrar argumentos sobre cómo la cubierta vegetal influye en el control de la erosión. Los resultados deben interpretarse con las debidas reservas, dadas las características del fenómeno en el que participan diferentes variables, cuya acción es difícil de aislar en una investigación ejecutada en condiciones de campo. La obtención de resultados más consistentes requeriría, además, la ejecución de observaciones en series cronológicas en el mediano o largo plazo, para analizar la influencia de la precipitación sobre la escorrentía y de ésta sobre la erosión y sobre la pérdida de nutrientes, y realizar inferencias con respecto al fenómeno.

Las estimaciones de las pérdidas de suelo en sistemas de producción de café presentan bastante variabilidad entre diferentes estudios. Hincapié y Ramírez (2010) estiman que la pérdida de suelo por erosión en la zona cafetalera colombiana se encuentra en 6 a 30 ton/ha/año, mientras que Chávez y Bojórquez (2012) la valoran

en 19 a 34 ton/ha/año para una zona cafetalera en Ahuachapán, El Salvador. Entretanto, Martínez, López y López (2001) señalan rangos de entre 0.047 y 1.37 ton/ha para café en zonas de laderas en Oaxaca, México y Bermúdez (1980) señala cantidades de 0.366 ton/ha en parcelas de café en Turrialba, Costa Rica, pero Quiñonez (2012) indica pérdidas hasta de 48 ton/ha para una microcuenca en Zacapa, Guatemala. En la presente investigación se estimaron en promedio, pérdidas de 25 ton/ha en los lotes cultivados con café.

Las variaciones se manifiestan en función de diferentes factores relacionados con el clima, el relieve, el suelo y con el sistema de producción. Sin embargo, en investigaciones a nivel de campo, resulta difícil separar y controlar los diferentes factores. La utilización de diferentes métodos directos e indirectos (PASOLAC, 2005; Hudson, 1997) podría ser fuente considerable de variación en los resultados.

CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias estadísticas que indican que la reducción de la escorrentía entre las edades no se debe al azar sino a los cambios en la densidad del follaje del cultivo de café que se van desarrollando a medida que éste va creciendo, generando una cubierta vegetal protectora ante la precipitación.
2. El volumen de escorrentía no es significativamente diferente entre cada una de las edades en forma sucesiva, probablemente por ser un período relativamente corto para que el follaje desarrollado produzca la suficiente cobertura para reducir de forma significativa los volúmenes de escorrentía.
3. Se encontraron diferencias en las pérdidas de suelo entre cada uno de los tratamientos, en las cuales puede observarse una reducción de manera proporcional de las cantidades de suelo perdido a medida que se va incrementando la edad del cultivo. La cantidad de suelo perdido es significativamente diferente entre el tratamiento de ≈ 1 y el de ≈ 2 años y entre el tratamiento de ≈ 3 años y el control. El incipiente desarrollo del sistema foliar el primer año permite las condiciones para la pérdida de grandes cantidades de suelo.
4. Las diferencias en la escorrentía y en las pérdidas por erosión entre la cobertura boscosa y las diferentes edades, demuestra la capacidad del follaje para interceptar y amortiguar la energía cinética de las gotas de lluvia que generan la escorrentía y el arrastre de las partículas de suelo, el potencial de absorción y almacenamiento de la capa de material orgánico que cubre el suelo y del tejido radicular para influir en la circulación del agua en el suelo.

5. No puede establecerse con los análisis realizados, la existencia de variaciones en las cantidades de nutrientes producto de la pérdida física del suelo, ya que esto requeriría la evaluación de las pérdidas por escorrentía superficial, por arrastre de suelo, por lixiviación y por exportación en los cultivos, lo que se encuentra fuera de las posibilidades financieras del presente estudio. Se recomienda la ejecución de estudios, si es posible, longitudinales, en los que puedan analizarse cambios en las cantidades de nutrientes perdidos en el suelo, que puedan contribuir a determinar cómo afecta la erosión hídrica al crecimiento y la productividad del café.
6. Las correlaciones entre la precipitación y la escorrentía y entre ésta y la pérdida de suelo muestran que existe una asociación positiva media en ambos casos. Sin embargo, aunque estadísticamente existe una asociación explicada por los efectos que la precipitación puede ejercer para provocar la ocurrencia de la escorrentía, y por los efectos que la escorrentía ejerce sobre las cantidades de suelo perdido, la participación de otros factores puede representar importantes proporciones en la expresión del fenómeno, como la intensidad de las lluvias, las características propias de los suelos, el tiempo de los eventos, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Al Coordinador Regional de Investigación Científica del CUROC, Kevin Estévez, por todo el apoyo en la ejecución de la investigación. A la Dirección de Investigación Científica y Posgrados de la UNAH, por el apoyo para el desarrollo del estudio a través de la beca de investigación y la asesoría brindada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bermúdez, M., (1980). *Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café, poró y laurel*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Chávez Ramírez, Krissia Marlyn y Bojorquez Aguirre, José Eduardo. (2012). *Plan de conservación de suelos en laderas y fertilización para el cultivo de café en Ahuachapán, El Salvador*. (Tesis de licenciatura). Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.
- Chela, E., Monar, C., Valverde, F. y Cruz, E. (2008). *Evaluation of soil loss from water erosion in three production systems of the Alumbre River watershed*, Ecuador. Quito: SANREM CRSP.
- Cisneros, J., et al, (2012). *Erosión hídrica: principios y técnicas de manejo*. Río Cuarto –

- Argentina: UniRío Editora.
- Consejo Intermunicipal Higuito, (2006). *Indicadores socioeconómicos línea de base del Municipio de Dolores, Copán* (en el marco de los ODM y la ERP). Dolores, Copán: Levantados y preparados con el apoyo técnico y financiero de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).
- Da Silva, D., Vaquero, R. y Tejada, J. (2006). *Propuesta metodológica para medir la escorrentía en sistemas agropecuarios del cantón de Guácimo, zona del caribe de Costa Rica*. *Tierra Tropical*, 2 (2): 133-142.
- De Alba, S., Benito, G., y Pérez, A., (2002). *Parcelas experimentales para el estudio de la erosión hídrica: finca experimental la Higuera*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 13 (1): 45-53.
- Felipe-Morales, C., (1996). *Manual evaluaciones en la parcela de escorrentía y erosión: Método de Medición directa de la erosión del suelo*. Lima: GTZ.
- Garzón, H., Faustino, J., Ferreira, P. y Kass, D. (1993). *Evaluación de la erosión hídrica y escorrentía superficial, bajo sistemas agroforestales, en tierras de laderas*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Hayward, J., (1968). *The measurement of soil loss from fractional acre plots*. *Lincoln Papers in Water Resources*. Canterbury, New Zealand: The New Zealand Agricultural Engineering Institute, Lincoln College.
- Hincapié, E., Salazar, L. (2011). Impacto de la erosión sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y la producción de café. *Revista Cenicafé*, 62 (2): 79-89.
- Hincapié, E. Ramírez, F. (2010). *Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera: avances técnicos CENICAFE*. Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Hudson, N. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. (Boletín de Suelos de la FAO - 68). Roma: FAO.
- Konz, N., Baenninger, D., Konz, M., Nearing, M. y Alewell, C. (2010). Process identification of soil erosion in steep mountain regions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14 (1): 675-686.
- Little, T. y Hills, F., (1989). *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura* (2ª ed.). México: Trillas.
- Martínez, M., López, R. y López, C. (2001). *Caracterización geográfica y escalamiento de cuencas en zonas de laderas de Oaxaca*. Guanajuato, Guanajuato, México: XI Congreso Nacional de Irrigación.
- Lobos, I. (Ed.), (2013). *Tierra y suelos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible Rio+20, Estudio de caso Guatemala*. Instituto de Estudios Avanzados de Sostenibilidad.
- Pennock, D. (2004). Designing field studies in soil science. *Canadian Journal of Soil Science*, 84 (1): 1-10.
- Perret, S. (1993). Una metodología simple para el dimensionamiento de parcelas de escorrentía. *Ciencia e Investigación Forestal*, 7 (2): 339-357.
- Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC), (2005). *Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica*. Managua, Nicaragua: UNA, PASOLAC, CIAT.

- Quiñonez Berganza, Gerardo Osvely. (2012). *La degradación del suelo por erosión hídrica en cultivos de granos básicos y café en la microcuenca Torjá, cuenca del río Grande de Zacapa, Guatemala*. (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Santos Velásquez, Alfredo Alberto. (2010). *Determinación de la erosión hídrica para diferentes rangos de pendientes en finca Santa Albina, municipio de Colomba Costa Cuca, departamento de Quetzaltenango*. (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) (2010). *Estrategia Nacional de Cambio Climático Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: Dirección Nacional de Cambio Climático.
- Vega Torres, Leonardo Patricio. (2008). *Evaluación de la erosión hídrica superficial por parcelas experimentales en suelos desnudos de la región de Coquimbo*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Talca. Chile.
- Zamora, C. (2011). *Crisis rural, cambio climático y pobreza: Hacia la búsqueda de alternativas para la definición de políticas públicas en México*. México, D.F.: Oxfam México.

Efecto bactericida del clavo de olor, canela y benzoato de sodio en la conservación del mango haden y melón

Juan Alexander Torres Mejía ¹

Elyn Antonieta Romero ²

Maribel Medina Barahona ³

RESUMEN

Se realizó estudio experimental para determinar la inhibición y/o destrucción de los microorganismos patógenos en los siguientes muestras: controles, M-EC, M-S, Me-EC, Me-S, Tratamientos M-EC-CL, M-S-CL, Me-EC-CL, Me-S-CL, M-EC-C, M-S-C, Me-EC-C, Me-S-C, M-EC-B, M-S-B, Me-EC-B y Me-S-B. Dónde: M = mango, Me = melón, EC = *Escherichia coli*, S = *Salmonella spp*, CL = clavo de olor, C = canela, B = benzoato de sodio. Calificando cada tratamiento de acuerdo al poder bactericida, como: no efectivo, efecto mínimo, letal y fulminante, en los días 0 (t0), 7 (t7) y 15 (t15); se evaluó el efecto bactericida de extractos acuosos de canela, clavo de olor en concentraciones de 2.5% y benzoato de sodio en concentraciones permitidas según la FDA 0.1%; utilizando el método de cuantificación o conteo de unidades formadoras de colonia (UFC), sobre dos cepas bacterianas, *Escherichia coli* y *Salmonella enteritidis*, que se inocularon en muestras de frutas tropicales, mango haden (*Mangifera indica*) y melón cantaloupe (*Cucumis melo*). El efecto bactericida de clavo de olor fue diferente en las dos frutas tratadas; en el mango inoculado con *E. coli* se observó un mínimo efecto y en el inoculado con *Salmonella spp*, no hubo efecto bactericida. En el melón inoculado con ambas bacterias, se observó el efecto bactericida del clavo de olor. El efecto de la canela fue mínimo en ambas frutas inoculadas con *E. coli*. En el mango inoculado con *Salmonella spp*, no hubo efecto bactericida. En el melón si tuvo un efecto letal. El uso del benzoato de sodio ejerció un efecto bactericida, tanto en el melón como el mango, inoculadas con ambas bacterias. En el

¹ Beneficiario de una beca básica de la DICYP-UNAH. Coordinador de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Centro Universitario Regional de Occidente (CUROC-UNAH): juan.torres@unah.edu.hn.

² Beneficiaria de una beca básica de la DICYP-UNAH. Profesora del Departamento de Biología y Química, Centro Universitario Regional de Occidente (CUROC-UNAH).

³ Beneficiaria de una beca básica de la DICYP-UNAH Profesora del Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Centro Universitario Regional de Occidente (CUROC-UNAH).

análisis se observó que en el mango inoculado con *E. coli* el efecto fue fulminante, (muerte en el día 0). Se determinó materia seca, balance de materia y análisis sensoriales, para tener una mejor conclusión de la investigación.

Palabras clave: *mangifera indica*, *cucumis melo*, *syzygium aromaticum*, *cinnamomum verum*, *e. coli*, *salmonella*.

ABSTRACT

An experimental study was conducted to determine inhibition and / or destruction of pathogens in the following; Controls, M-EC, MS, Me-EC, Me-S, Treatments M-EC-LC, LC-MS, LC-EC-I, Me-S-CL, M-EC-C, M-S-C, Me-EC, Me-SC, M-EC-B, M-S-B, Me-EC-B and Me-S-B. Where: M = mango, Me = melon, EC = *Escherichia coli*, S = *Salmonella sp*, CL = clove, C = cinnamon, B = sodium benzoate. Qualifying each treatment according to the bactericidal power, as: non-effective, minimum, and fulminant lethal effect on days 0 (t0), 7 (t7) and 15 (t15); the bactericidal effect of aqueous extracts of cinnamon, clove in concentrations of 2.5% and sodium benzoate at concentrations permitted by FDA 0.1% was evaluated using the method of quantification or counting of forming colony units (FCU), on two bacterial strains, *escherichia coli* and *salmonella enteritidis*, were inoculated in samples of tropical fruits, mango haden (*mangifera indica*) and cantaloupe melon (*cucumis melo*). The bactericidal effect of clove was different in the two fruits treated; in the mango inoculated with *E. coli* was observed a minimal effect and in the other hand, the sample inoculated with *salmonella spp.* there was no bactericidal effect. In the melon sample inoculated with both bacteria, the bactericidal effect of clove was observed. The effect of cinnamon was minimal in both fruits inoculated with *E. coli*. In the mango inoculated with *salmonella spp.* there was no bactericidal effect. In the melon, it was a lethal effect. The use of sodium benzoate had a bactericidal effect, in both, the mango and in the melon inoculated with both bacteria. The analysis found that the mango inoculated with *E. coli* had a devastating effect (death at day 0). Dry matter, matter balance and sensory analysis were determined to have a better conclusion of the investigation.

Keywords: *mangifera indica*, *cucumis melo*, *syzygium aromaticum*, *cinnamomum verum*, *e. coli*, *salmonella*.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito evaluar la propiedad bactericida de la canela, clavo de olor y benzoato de sodio en la conservación de frutas tropicales como el mango y melón. De igual manera determinar balance de materia en las frutas estudiadas y analizar el comportamiento sensorial de las frutas sometidas al tratamiento de la canela, clavo de olor y benzoato de sodio. Investigación denominada “Estudio del efecto bactericida del clavo de olor, canela, benzoato de sodio en la conservación del mango haden y melón”, ejecutado con fondos de beca básica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, desarrollado en las instalaciones del Centro Universitario Regional de Occidente. En el marco de la investigación científica, eje sobre Ambiente, biodiversidad y desarrollo, donde se pretende generar conocimiento científico en cuanto a la valoración del ambiente y su biodiversidad, así como las repercusiones directas sobre las condiciones y la calidad de vida, la salud, seguridad alimentaria; siendo el aporte de nuestra investigación en el tema prioritario de seguridad alimentaria y nutricional en los pilares de utilización biológica y consumo.

¿La canela y clavo de olor pueden ser alternativas de conservación en alimentos procesados provenientes de las frutas tropicales como el mango y melón, inhibiendo y/o eliminando bacterias de origen patógeno presentes de manera natural o inoculada en el proceso de manipulación de las mismas? En la zona de Occidente se está comenzado a desarrollar pequeñas empresas artesanales que no tienen el conocimiento técnico de sanitización e higienización, del manejo de productos agroindustriales post-cosecha, por lo cual se espera darles un instrumento de apoyo para lograr la inocuidad de los procesos que desarrollan.

Las frutas suelen ser contaminadas por bacterias como ser la *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, por lo que es necesario hacer aplicaciones de productos bactericidas preventivos, para evitar el crecimiento de dichas bacterias en estos productos. En estudios previos realizados en otros países se ha determinado que la canela, clavo de olor y benzoato de sodio, han tenido efectos bactericidas en diferentes alimentos, se considera preciso el estudio en el mango y el melón, frutas preferidas en la gastronomía hondureña y de exportación, de igual manera resulta necesario que los procesadores, adquieran ciertos conocimientos básicos de la existencia y control de bacterias en los productos elaborados.

El criterio de novedad de la investigación es que en la historia se ha utilizado como

especie para procesos culinarios, por lo cual se quiere demostrar que también posee propiedades antisépticas que pueden ser un conservante y/o preservante natural, ya que en la actualidad la industria alimentaria a nivel mundial requiere alimentos con procesos más limpios, eliminando los aditivos de síntesis química.

Haciendo referencia a denuncias de la FDA, sobre la supuesta detección de *Salmonella* en melones de Honduras, la Administración para el Control de Drogas y Alimentos de Estados Unidos emitió una nueva alerta sobre la importación de melones producidos en Honduras, contaminados con salmonella, informaron autoridades hondureñas. Con la realización de actividades experimentales es de suma importancia encontrar o validar hipótesis sobre la eficiencia de clavo de olor y canela vs algunos de uso preventivo como el benzoato de sodio, experimentos realizados con dos de las frutas más importantes de nuestro país, como ser el mango y melón, ambas frutas con características diferentes en valor nutricional y pH, para así tener un criterio del ambiente organoléptico estudiado en ambas frutas, para lograr mejores resultados en la investigación.

La investigación pretende dar fundamentos sobre la conservación de alimentos e inocuidad en los productos elaborados utilizando materias primas como frutas tropicales cultivadas en el país, para lo cual se realizaron actividades experimentales en el laboratorio de química y biología del CUROC, con el propósito de alcanzar resultados en la investigación, sobre el efecto bactericida de las sustancias naturales presentes en la canela y clavo de olor, y así determinar la eficiencia en inhibir el crecimiento y/o eliminación de bacterias, como la *Salmonella* y *Escherichia coli*, bacterias que pueden estar presentes en productos elaborados con mango y melón, cuando no se realizan buenas prácticas de manufactura en el proceso de manipulación de los mismos.

El consumo de alimentos se ha definido como la capacidad de la población para decidir adecuadamente sobre la forma de seleccionar, almacenar, preparar, distribuir y consumir los alimentos a nivel individual, familiar, comunitario. El consumo de los alimentos está íntimamente relacionado con las costumbres, creencias, conocimientos, prácticas de alimentación y el nivel educativo de la población, pero en todas estas variables el propósito es lograr la inocuidad para asegurar la seguridad alimentaria y nutricional. Por esta razón es importante el conocimiento que, durante la cosecha, la microbiota superficial de las verduras y frutas comprende principalmente bacterias gram negativas, como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp, bacterias entéricas involucradas en los grandes brotes de origen alimentario en todo el mundo, causando síntomas de gastroenteritis, e incluso las infecciones crónicas (D'Aoust,

2007; Francis et al., 1999).

Además, es importante mencionar que el repunte de los cultivos se debe a que el productor ha tenido conciencia en el manejo de éstos, las retenciones de los contenedores por plagas hasta el momento han sido nulas y eso es resultado de una serie de capacitaciones impartidas a los campesinos para lograr productos de calidad". Las áreas donde más se cultivan hortalizas y frutas son Comayagua; la zona de occidente, el municipio de Florida, Copán y Tocoa en el departamento de Colón, y el melón específicamente en la zona sur.

Taxonomía y morfología del mango (*mangifera indica*):

Este fruto carnoso, sabroso y refrescante, es también conocido como "melocotón de los trópicos". Es el miembro más importante de la familia de las Anacardiáceas o familia del marañón, género *Mangifera*, el cual comprende unas 50 especies, nativas del sureste de Asia e islas circundantes, salvo la *Mangifera africana* que se encuentra en África. Está reconocido en la actualidad como uno de los tres o cuatro frutos tropicales más finos. (Unión Europea, 2013). Mango (*Mangifera indica*) es uno de las más populares frutas tropicales y subtropicales que se consumen tanto en forma fresca como procesada. La India es el mayor productor de mango en el mundo, sin embargo, su exportación es muy limitada debida principalmente a que la vida útil de la fruta es deficiente. (Burg y Burg, 1962; Krishnamurthy et al., 1971; Cua y Lizada, 1990; Ramos y Srivastava, 1999).

Morfología y taxonomía del melón (*cucumis melo*)

Melón, Familia: Cucurbitaceae, nombre científico: *Cucumis melo* L. Planta: anual herbácea, de porte rastroso o trepador, sistema radicular: abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo. Tallo principal: están recubiertos de formaciones pilosas, y presentan nudos en los que se desarrolla hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas. Hoja: de limbo orbicular aovado, reniforme o pentagonal, dividido en 3-7 lóbulos con los márgenes dentados. Las hojas también son velloas por el envés. Flor: las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos, mientras que las femeninas y hermafroditas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre junto a las masculinas. El nivel de elementos fertilizantes influye en gran medida sobre el número de flores masculinas, femeninas y hermafroditas así como sobre el momento de su aparición. La polinización es entomófila. Fruto: su forma es variable

(esférica, elíptica, aovada, etc.); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La placenta contiene las semillas y puede ser seca, gelatinosa o acuosa, en función de su consistencia. Resulta importante que sea pequeña para que no reste pulpa al fruto y que las semillas estén bien situadas en la misma para que no se muevan durante el transporte. (infoagroCopyri-ght infoagro.com, 2017)

En Honduras las exportaciones de hortalizas y frutas que habían caído en 2012 están registrando un importante repunte en lo que va de 2013 y casi triplicaron el envío de contenedores al extranjero, aseguran los exportadores y representantes del Gobierno. A nivel nacional, el cultivo de productos no tradicionales como las legumbres, hortalizas y frutas, en conjunto, el año pasado registró ingresos por 110 millones de dólares. Solo las exportaciones de melón y sandía reportaron al Estado divisas por \$51 millones, mientras que las legumbres y hortalizas registran unos \$60 millones; por lo cual son dos productos de gran importancia en la economía nacional, igualmente las hortalizas se ubican como el tercer producto de la actividad agrícola de Honduras y es el Valle de Comayagua el principal nicho de estos cultivos y de una variedad de frutas tropicales.

Por lo cual en la actualidad se buscan vegetales mínimamente procesados que tienen una gran demanda en el mercado actual de consumo (Sloan, 2005). La razón más importante de las ventas de verduras y frutas mínimamente procesadas se refiere a la comodidad y rapidez de preparación (Ragaert et al., 2004). En Europa Occidental, las verduras frescas procesadas representan una proporción cada vez mayor del total de productos frescos del mercado con un crecimiento estimado de 10-25% por año desde 1990 (Ragaert et al., 2004). El mango es una de las frutas tropicales más vendidas en Europa y su comercialización como fruta fresca cortada está ganando importancia en el mercado. Sin embargo, las frutas recién cortadas tienen una vida útil muy corta debido a las dificultades en la preservación de su calidad como producto fresco (Beaulieu y Lea, 2003; Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003). Los mecanismos de procesamiento, tales como, selección, pelado, despulpado y trituración provocan el corte de la ruptura celular, con la consiguiente liberación de enzimas y sustratos, lo que resulta en una tasa mayor de reacciones fisiológicas. Por otra parte, las superficies golpeadas y la manipulación intensiva proporcionan condiciones favorables para el crecimiento de los microorganismos. Los principales signos de pérdida de calidad no son deseables, cambios en el color a través de pardeamiento enzimático, la reducción de la firmeza en la textura, desarrollo de mal sabor y crecimiento de microorganismos patógenos (Brecht, 1995; Baldwin et al, 1995; Watada et

al, 1996; Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003). En la actualidad, cada vez se hace más importante para el consumidor ingerir alimentos que además de los beneficios originales que este le pueda aportar le ayude en el mantenimiento de su salud y en la prevención de enfermedades. Por tal motivo, cada vez más, un buen porcentaje de la producción mundial de frutas está siendo utilizada en procesos de producción de alimentos funcionales (Milacatl, 2003). Con el propósito de conseguir productos inocuos, haciendo uso de sustancias naturales para la conservación de estos productos como el mango y melón.

Escherichia coli

La E. Coli que habita normalmente en el intestino del hombre y animales de sangre caliente, es una bacteria Gram negativa típica de la familia Enterobacteriaceae, de respiración anaerobia facultativa en el interior del intestino y aerobia en el exterior (Huang et al., 2000). E. coli es un bacilo grueso, corto, de 0.4 a 0.7 micras de grosor y de 1 a 4 micras de longitud, la motilidad varía según los medios de cultivo, no forma esporas; es gram negativa y se tiñe uniformemente por los colorantes de anilina, y no presentan estructuras íntimas características. E. coli es parte de la flora normal del intestino grueso en el hombre y de los animales. Algunas cepas de E. coli son por naturaleza patógenas y pueden producir infección entérica o enfermedades extra intestinales; estas cepas patógenas se han englobado en seis diferentes grupos o categorías: E. coli enteropatógenicos (EPEC), E. coli enterotoxigénico (ETEC), E. coli enteroinvasivos (EIEC), E. coli enterohemorrágica (EHEC), E. coli enteroagregativa (EAEC), E. coli con adherencia difusa (DAEC), siendo de estas anteriores la ETEC y la EHEC las de mayor prevalencia. Las infecciones por E. coli provocan en los seres humanos del orden de 630 millones de casos de diarrea en el mundo y aproximadamente 775,000 muertes al año, afectando fundamentalmente a la población infantil de los países en vías de desarrollo. (Nataro, y Kaper, 1998); (Wang, et al., 1997).

Salmonella

El género Salmonella pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Los miembros del género Salmonella son bacilos gram-negativos, de 0,7-1,5 x 2,0-5µm, generalmente móviles por flagelos peritricos (excepto S. gallinarum), son anaerobios facultativos, no esporulados. No fermentan la lactosa (excepto S. entérica subsp. arizonae y S. entérica subsp. diarizonae), fermentan glucosa con producción de gas (excepto S. typhi); no producen indol; no degradan urea; decarboxilan lisina y ornitina. (Bopp et al., 1999), Se encuentra en las aves crudas, los huevos, la carne vacuna y algunas veces, en las frutas y vegetales sin lavar (EEUU, 2017). Los productos alimentarios

que han sido sometidos a un adecuado tratamiento térmico durante el proceso son generalmente libres de los patógenos. Sin embargo, las investigaciones epidemiológicas en brotes relacionados con varios productos listos para el consumo han demostrado que la presencia de *Salmonella* spp. en los productos que se consumen con frecuencia, se debe al postproceso de recontaminación (Reij y Den Aantrekker, 2004). En estos productos, principalmente afectados por su contaminación superficial. Los envases antimicrobianos podrían evitar la necesidad de añadir grandes cantidades de antibióticos a los alimentos y disminuir la reducción de la actividad antimicrobiana debido a las interacciones con constituyentes de los alimentos. (Appendini y Hotchkiss, 2002).

El benzoato de sodio

La principal causa de deterioro de los alimentos es el ataque por diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos). El problema del deterioro microbiano de los alimentos tiene implicaciones económicas evidentes, tanto para los fabricantes (deterioro de materias primas y productos elaborados antes de su comercialización, pérdida de la imagen de marca, etc.) como para distribuidores y consumidores (deterioro de productos después de su adquisición y antes de su consumo). El benzoato de sodio, es conocido también como benzoato de sosa, benzoato sódico, sal sódica del ácido benzoico, sal sódica del ácido benceno-carboxílico; sal sódica del ácido dracílico; sal sódica del ácido fenil-carboxílico. Es una sal del ácido benzoico, blanca, cristalina o granulada, de fórmula C_6H_5COONa . Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol. La sal es antiséptica y se usa generalmente para conservar los alimentos. (Sauceda, 2011)

Existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, con menor proporción de carbohidratos, grasas y aceites y con una mayor participación de la fibra dietaria, vitaminas y minerales. Esto se fundamenta, en parte, en las menores necesidades calóricas de la vida moderna, caracterizadas por un mayor confort y sedentarismo. Sin embargo, la tendencia es cada vez consumir productos más frescos y sanos, y lo más parecido a su forma original. Esto debido a que se ha asociado el consumo de conservadores químicos con intoxicaciones, cáncer y otras enfermedades degenerativas, como son los benzoatos, nitritos y nitratos, anhídrido sulfuroso (SO_2), entre otros. Esto genera la necesidad de buscar alternativas de conservación que cubran las mismas propiedades antimicrobianas y compatibilidad con el alimento (Álvarez-Parrilla, 2005). Citado por (Sauceda, 2011).

Hierbas culinarias a estudiar sus propiedades conservantes

Se han encontrado muchas otras propiedades medicinales en la canela. En la medicina popular se utiliza para tratar el reumatismo y otras inflamaciones. Se cree que sus propiedades anti-inflamatorias, antiespasmódicas y anti-coagulantes son debidas a su contenido de cinamaldehído. Los extractos de canela son agentes activos frente al *Candida albicans*, el hongo responsable de la infección vaginal por hongos, así como el *Helicobacter pylori*, la bacteria responsable de las úlceras estomacales. Se cree que las propiedades antimicrobianas de la canela son debidas al eugenol y un derivado del cinamaldehído. Los extractos de canela también inhiben el crecimiento de los cultivos de las células tumorales. Este efecto puede ser debido a la presencia de procianidinas y de eugenol en el extracto de la corteza. La canela es también útil como conservante de alimentos para inhibir el crecimiento de las bacterias comunes transmitidas por los alimentos como pueden ser la *Salmonella* y *E. coli*. El clavo de olor se utiliza para el malestar estomacal y como un expectorante. Los expectorantes ayudan a expulsar la flema al toser. El aceite de clavo de olor se utiliza para la diarrea, las hernias y el mal aliento. El clavo de olor y el aceite de clavo de olor se utilizan para los gases intestinales, las náuseas y los vómitos.

La Canela

Anteriormente a la canela se le utilizaba para conservar los alimentos, ya que sus propiedades fungicidas, bactericidas o bacteriostáticas mataban o inhibían el crecimiento de los organismos que podrían estropear los alimentos. Su función conservadora se demuestra en los bálsamos que los egipcios utilizaban para conservar las momias. La mayor parte de su composición estaba formada por especias como canela, casia y mirra. En su presentación en rama o molida, en Occidente la canela se utiliza como ingrediente para las salsas, algunos platillos como el mole y sobre todo en los postres como cremas, mousses, natillas, arroz con leche, pasteles, capirotada, tamales, torrijas, pudín, helado de canela, etc.. En oriente y Arabia también se le da uso en la cocina. Por su aroma dulce, cálido y penetrante, le da un excelente sabor al café, atole y desde luego al té, que puede tomarse ya sea solo como en un té negro de canela o acompañada de limón o manzana. En el Oriente suelen mezclarla con otras especias como el clavo de olor o el cardamomo. Más usos de la canela, La industria licorera utiliza la canela como un ingrediente para aromatizar los licores. El sector de las fragancias le da uso en la preparación de perfumes y jabones de tocador. Uno más es en el área decorativa, sobre todo en las manualidades, los arreglos florales y frutales. Para que la canela conserve ese aroma tan especial por más tiempo, guárdese en frascos de cristal bien cerrados y en un lugar seco.

Metodología de la investigación

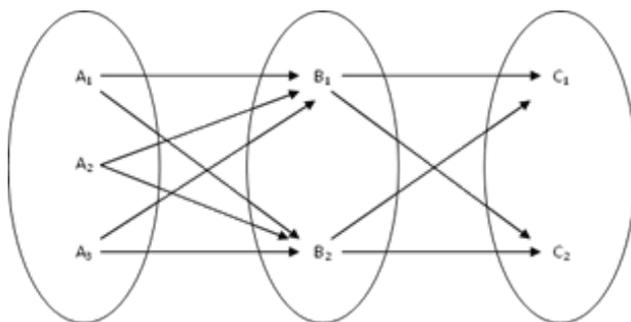
El mango y melón se compraron en el mercado municipal de Santa Rosa de Copan, con una calidad uniforme, fueron procesados, pelado cortado y despulpado, se realizó un balance de materia, se pesaron las muestras en estados frescos y procesados para determinar los porcentajes de composición de las partes de la fruta de mango. Luego se procedió a preparar las muestras para los tratamientos y controles. Posteriormente se hizo la inoculación en los medios de cultivos correspondientes en el laboratorio de microbiología del Centro Universitario Regional de Occidente, las cepas de los microorganismos a estudiar, (*Escherichia coli* y *Salmonella spp.*) que se utilizaron en la investigación se obtuvieron haciendo las gestiones con el laboratorio central de microbiología. Se realizó un estudio experimental para determinar la fase de crecimiento o destrucción de los patógenos con tres repeticiones en controles y tratamientos, utilizando el método de cuantificación o conteo de unidades formadoras de colonia (UFC) en placa sobre los medios selectivos para cada bacteria estudiada.

Toma de muestra

Las muestras analizadas en el presente trabajo fueron la pulpa de Mango, *Mangifera indica L.*, familia, botánica: Anacardiaceae, llevando las muestras de fruta de mango y melón Cantaloupe (*Cucumis melo*), al laboratorio, es necesario seguir los pasos de procesamiento para obtener la pulpa, la operación de preparación de muestras para el análisis microbiológico, exige unas reglas de manipulación asépticas muy estrictas, así como la utilización de material y diluciones estériles, para evitar la contaminación exterior del alimento.

Medios utilizados: Eosina azul de metileno agar (Agar EMB). Medio diferencial selectivo para el aislamiento de coliformes en el agua se emplea como medio diferencial para el aislamiento y diferenciación de bacterias entéricas Gram negativas. XLD, Medio (Ph. Eur.) Se emplea para el aislamiento de Enterobacteriáceas patógenas, principalmente *Salmonella* y *Shigella*, a partir de muestras biológicas y productos alimenticios.

Diseño experimental:



Dónde:

C1 = Canela, B1 = Mango, C1 = Escherichia coli, C2 = Clavo de olor, B2 = Melón, C2 = Salmonella, B3 = Benzoato de sodio. Los tratamientos: A1 B1C1, A1 B1C2, A1 B2C2, A1 B2C1, A2 B1C1, A2 B1C2, A2 B2C1, A2 B2C2, A3 B1C1, A3 B1C2, A3 B2C1, A3 B2C2 y controles Control B1C1, Control B2 C1, Control B1 C2 y Control B2 C2.

Resultados

El método aceptado para la determinación del porcentaje de materia seca es secando la muestra en un (vacío) horno a 110°C hasta que los pesos consecutivos hechos en intervalos de 2 horas varíen por menos de 3 mg (Métodos AOAC 1980). Aunque se pueden secar varias muestras en cualquier momento, este método tiene la desventaja de requerir por lo general muestras que van a ser secadas toda la noche para completar la prueba. La tecnología de secado por Microondas tiene sus méritos debido a su velocidad, simplicidad, bajo costo y repetibilidad, pero tiene como resultado un secado localizado y proporciona una alta variabilidad en los tiempos de secado dependiendo de los ajustes de potencia y del tipo de muestra.

Se observa que en término de 10 horas la muestra perdió un 90.51% de humedad, el cual se mantuvo constante a partir de la hora seis de tratamiento térmico a una temperatura constante de 105 °C.

Se determina que la pulpa del mango congelado, tiene un 9.49% de materia seca, como puede observarse en la gráficas, resultados de tres repeticiones.

Gráfico 1. Porcentaje de humedad en mango.

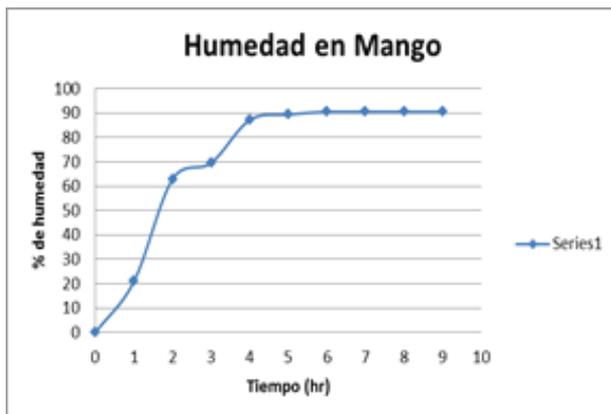


Gráfico 2. Porcentaje de materia seca en mango.

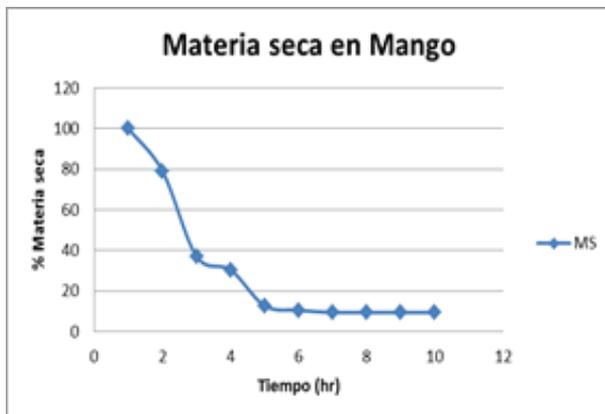


Gráfico 3. Porcentaje de humedad en melón.

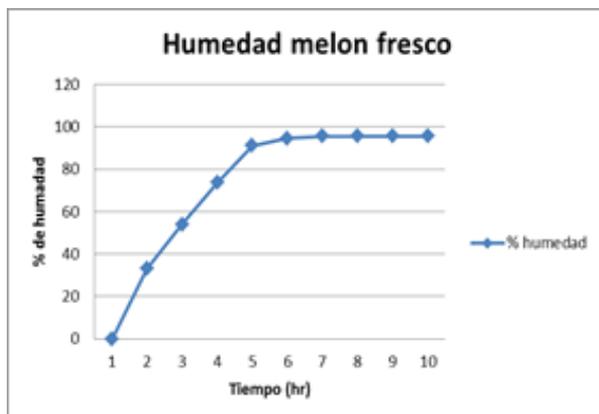
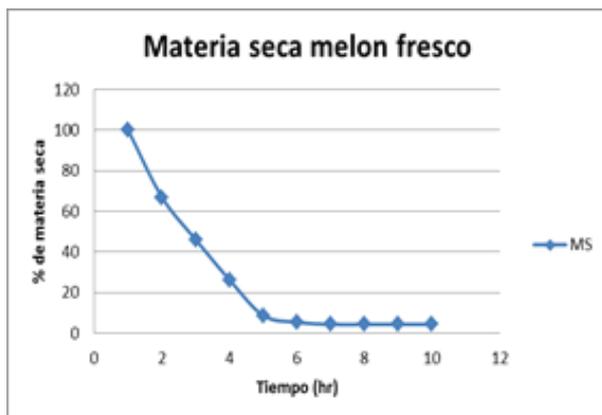


Gráfico 4. Porcentaje de materia seca en melón.



Se observa que en termino de 10 horas la muestra perdió un 95.60% de humedad, el cual se mantuvo constante a partir de la hora seis de tratamiento térmico a una temperatura constante de 105 °C.

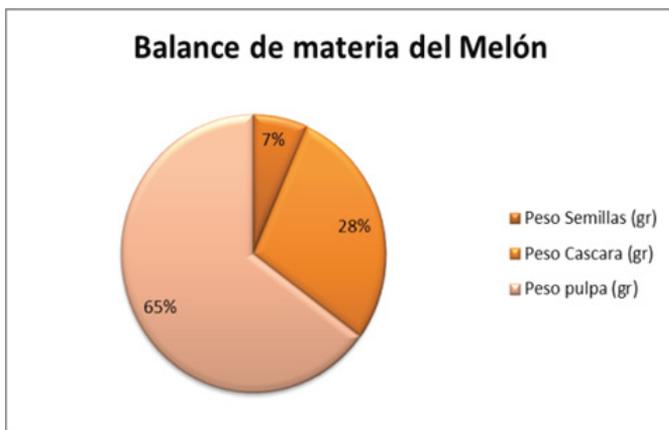
Se determina que la pulpa del melón en estado fresco, tiene un 4.40% de materia seca, como puede observarse en la gráfica No. 4. Para dicho análisis fueron utilizadas 4 muestras, las cuales fueron promediadas para la respectiva gráfica.

Balance de materia del mango (*Mangifera indica*) variedad Haden y Melón (*Cucumis melo*) variedad cantaloupe.

El balance de masa es el principal cálculo dentro de la industria alimentaria, este ayudará a controlar cantidades de materia prima que entran y salen de los procesos. Con este se facilita el poder identificar la cantidad de producto terminado que se obtendrá a partir de determinada cantidad de materia prima con la que se cuenta. (Lomas 2002).

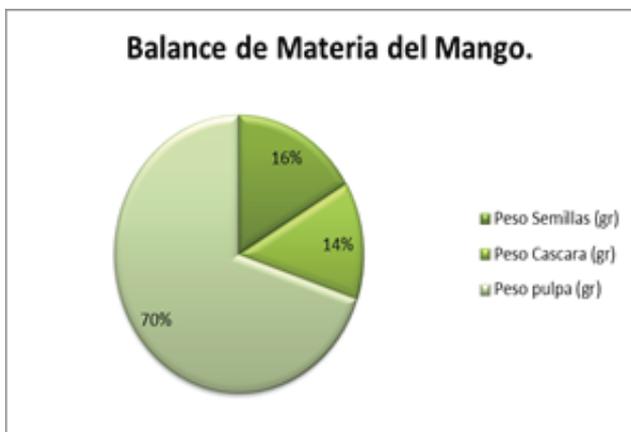
Se procedió a procesar la fruta del mango y melón para preparar las muestras, tanto los controles como las muestras a tratar con clavo de olor, canela y benzoato de sodio, se pesó la fruta fresca para determinar el peso total, luego se procedió a pelar la fruta se pesó el epicarpio (piel o cascara de la fruta), se rebano la fruta dejando solamente el endocarpio (semilla o hueso) en el caso del mango y en el melón las semillas, a las cuales se les determino el peso, y finalmente el mesocarpio (pulpa) se convirtió en la muestra problema para el presente estudio.

Gráfico 5. Balance de materia en melón.



El 35% del melón representado por peso de la semilla y cascara son considerados desperdicios, pero podrían ser utilizados, en la elaboración de piensos en la alimentación animal, así como abono orgánico para plantas. El mayor porcentaje del fruto de melón representa el 65% de pulpa utilizado en la industria alimenticia.

Gráfico 6. Balance de materia en mango.

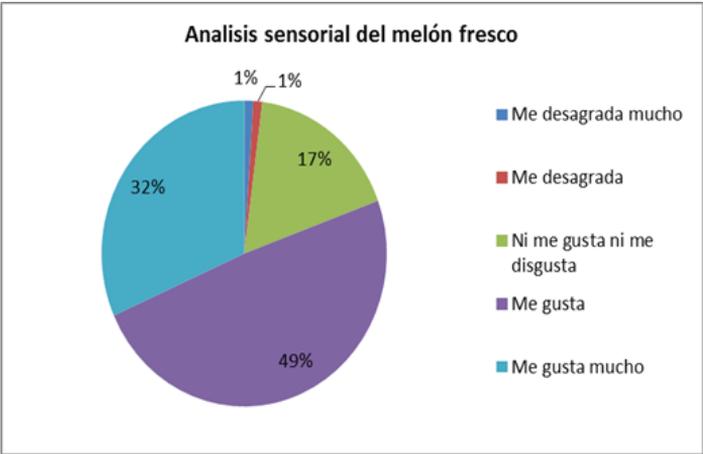


El 30% del mango representado por peso de semilla y cascara son considerados desperdicios, pero podrían ser utilizados, en la elaboración de piensos en la alimentación animal, así como abono orgánico para plantas. El mayor porcentaje del fruto de mango representa el 70% de pulpa utilizado en la industria alimenticia.

Resultados encontrados en el proceso de análisis sensorial muestras estudiadas

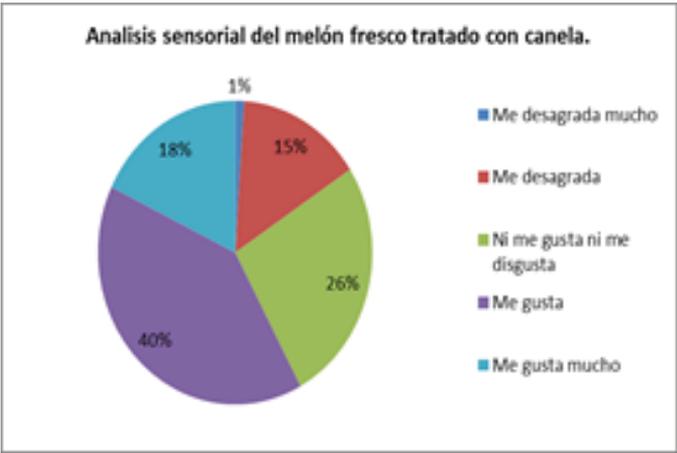
Se realizó degustación de melón fresco, tratada con canela, clavo de olor y benzoato de sodio, así mismo la fruta fresca sin ningún tratamiento.

Gráfico 7. Análisis sensorial, melón fresco sin tratamiento.



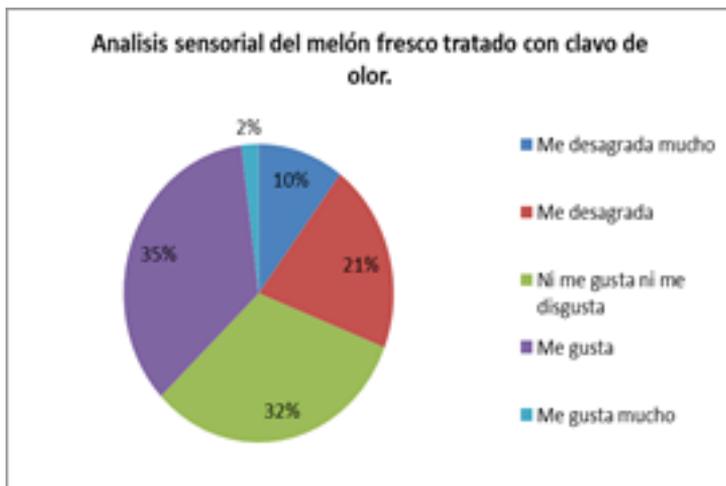
El 81% de los degustantes aprobaron su sabor, aroma y color característico de esta fruta, resaltando el aroma y sabor, en forma global el 98% de los catadores aprueban las características organolépticas del melón fresco, el sabor es la característica sensorial más destacable en la muestra.

Gráfico 8. Análisis sensorial, tratamiento melón-canela.



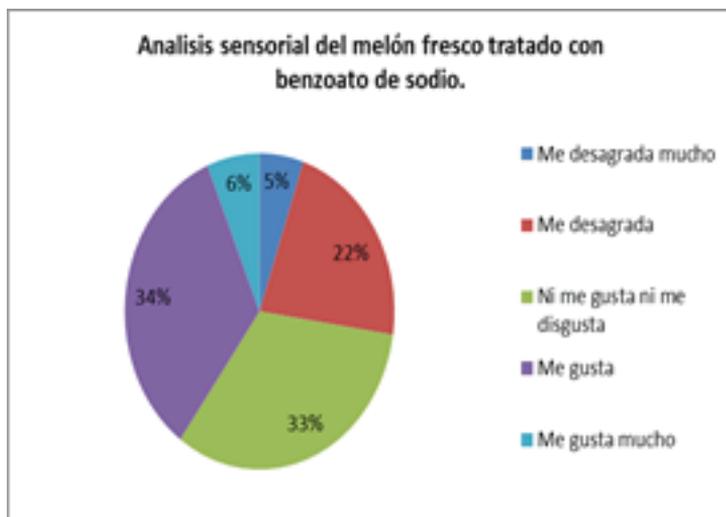
Solamente un 58% de los degustantes percibieron el sabor y aroma a canela aceptable, la aprobación global de melón más canela fue de un 84%, y no aceptable 16%.

Gráfico 9. Análisis sensorial, tratamiento melón-clavo de olor.



El clavo de olor fue percibido y aceptados por los degustantes en forma global 69% aceptado y un rechazo de 31%.

Gráfico 10. Análisis sensorial, tratamiento melón-benzoato de sodio.

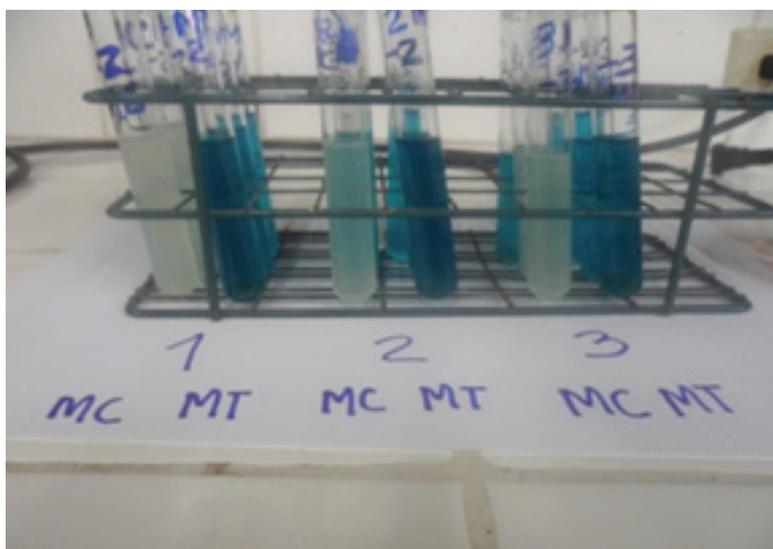


Melón más el tratamiento de benzoato de sodio, la aceptación global fue de un 73% y el rechazo de un 27% al químico.

Pre- ensayos

En el pre-ensayo de investigación experimental, la muestra mango con un pH de 3.4, se inoculó con *Salmonella* spp. observando que el tratamiento con clavo de olor a una concentración del 5%, eliminó el crecimiento bacteriano registrado en el control, por lo cual el tratamiento es fulminante, se analizó la presencia o ausencia de bacterias en el caldo Rapapport, de acuerdo al cambio de coloración del medio en los tubos de ensayo sometidos al tratamiento.

Fotografía 1. Cambio de coloración en caldo Rapapport



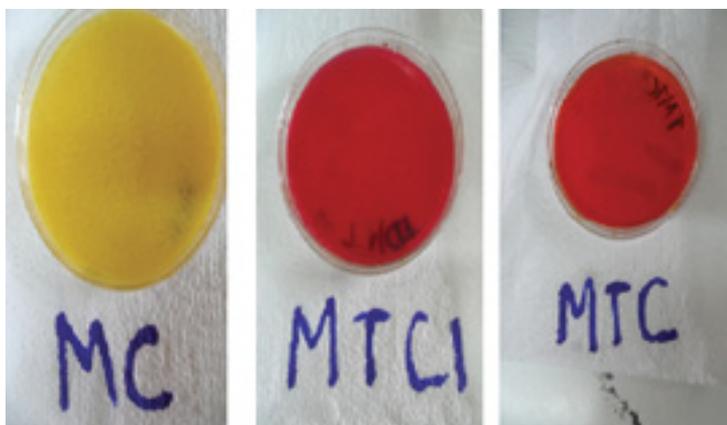
El segundo pre-ensayo, se realizó con dos tratamientos: clavo de olor y canela, el control registró un crecimiento microbiano de 5 Log₁₀, las muestras de mango fueron sometidas al tratamiento con clavo de olor y canela en solución acuosa a .

En las figuras se observa un cambio de color del XLD medio selectivo para *Salmonella* en el cual el control presenta un crecimiento microbiano, con el tratamiento MTCL (Mango tratado con Clavo de Olor), se observó muerte bacteriana total de la *salmonella* en el medio debido al tratamiento, de igual forma en el caso del MTC (Mango tratado con canela) se observa una eliminación del crecimiento bacteriano por lo cual los tratamientos se consideran fulminantes.

Tabla 1. Ensayo día cero con clavo de olor y canela.

| MOO Bacteria | Diluciones | Ensayo día 0 | | | | |
|-----------------|------------|--------------|----------|---------------|----------|--------|
| | | Control | | Clavo de olor | | Canela |
| Salmonella spp. | 1.00E-01 | Incontables | | 0.00 | | 0.00 |
| | | Incontables | | 0.00 | | 0.00 |
| | | Incontables | | | | |
| Salmonella spp. | 1.00E-02 | 30 | | 0 | | 0 |
| | | 46 | | 0 | | 0 |
| | | 38 | 1.04E+03 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Salmonella spp. | 1.00E-03 | 13 | | 0 | | 0 |
| | | 30 | | 0 | | 0 |
| | | 21.5 | 2.15E+05 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Salmonella spp. | 1.00E-04 | 4 | | 0 | | 0 |
| | | 4 | | 0 | | 0 |
| | | 4 | 4.00E+05 | 0 | 0.00E+00 | 0 |

Fotografía 2. Cambio de color en medio selectivo para Salmonella.



Resultados de los análisis de laboratorio

MANGO – E. COLI.

Según la tabla resumen con el mango y la bacteria E. coli, se obtuvieron los siguientes resultados, el control presentó crecimiento constante hasta el día 7 y se redujo hasta 2 log₁₀, el día 15.

En tratamiento mango – E. coli – clavo de olor crecimiento constante hasta el día 7 y disminuyó a 3 log₁₀, el día 15, igual se presentó con el mango-E. coli – canela. Situación diferente se presentó con mango – E. coli – benzoato de sodio, que el día 0 presentó una disminución de 9 log₁₀.

MANGO – SALMONELLA.

En el control de mango – Salmonella, se observó crecimiento constante hasta el día 7. Y disminución en su crecimiento de 4 log₁₀ el día 15. Igual situación se observó en el tratamiento de mango- Salmonella- Clavo de olor, mango- Salmonella – canela que disminuyo 4 log₁₀ al día 15.

Situación muy diferente con la muestra tratada con benzoato de sodio que el día 7 disminuyo 9 log₁₀.

MELÓN – E. COLI.

En el control E. coli el crecimiento se mantuvo constante hasta el día 15. En el tratamiento melón – E. coli – clavo de olor, bajo 4 log₁₀ el día 7, lo que se mantuvo constante hasta el día 15. En el tratamiento melón – E. coli – canela, se mantuvo constante en el día 7, y disminuyo su crecimiento a 3 log₁₀ el día 15. En el tratamiento melón – E. coli – benzoato de sodio, hasta el día 7, se mantuvo constante y disminuyo su crecimiento a 5 log₁₀ el día 15.

MELÓN – SALMONELLA.

En el control se mantuvo constante hasta el día 7, disminuyendo su crecimiento a 3 log₁₀ el día 15. En el tratamiento de Melón – Salmonella – Clavo de olor disminuyo su crecimiento a 5 log₁₀ el día 7 y a 6 log₁₀ el día 15. En caso de melón – salmonella - canela el crecimiento se mantuvo constante hasta el día 7, y disminuyo a 6 log₁₀ el día 15, Igual efecto se observó en el tratamiento melón-salmonella y benzoato de sodio.

Gráfico 15. Controles inoculados con las bacterias patógenas Escherichia coli O157 y Salmonella enteritidis en Mango Haden y Melón.

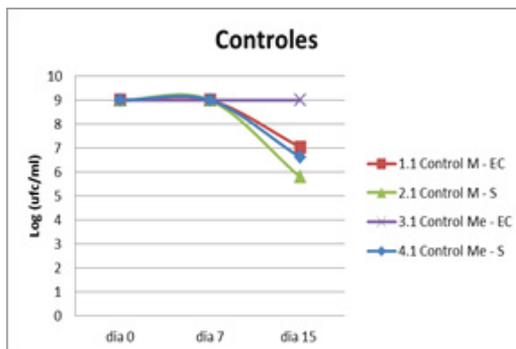


Gráfico 16. Efecto del clavo de olor a una concentración de 5% sobre el crecimiento de Escherichia coli O157 y Salmonella enteritidis en Mango Haden y Melón.

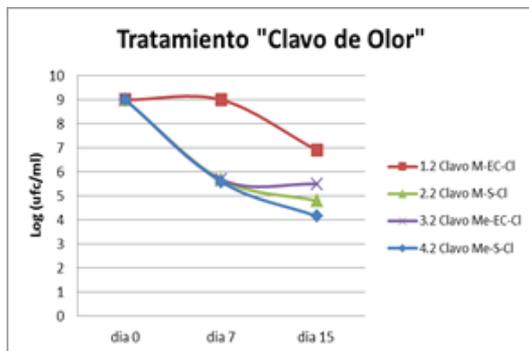


Gráfico 17. Efecto de la canela a una concentración de 5% sobre el crecimiento de Escherichia coli O157 y Salmonella enteritidis en Mango Haden y Melón.

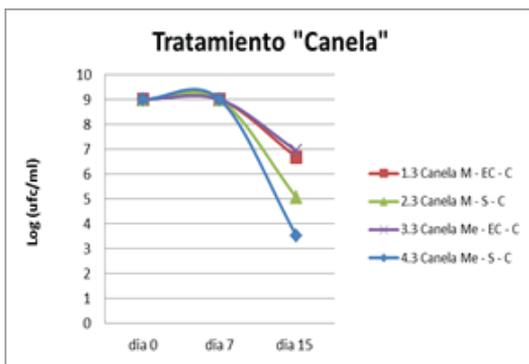


Gráfico 18. Efecto del Benzoato de sodio a una concentración de 0.1% sobre el crecimiento de Escherichia coli O157 y Salmonella enteritidis en Mango Haden y Melón.

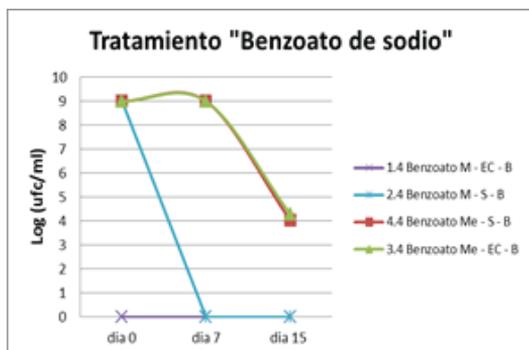


Tabla 2. Resumen de tratamientos y resultados.

| Concentración | (2.5%) | (2.5%) | (0.1%) |
|--|--|---|---|
| Control M - EC | M-EC-CI | M-EC-C | M-EC-B |
| Constante día 7, día 15 2 log ₁₀ . | 15 días 3 log ₁₀ . | Día 7 constante, 15 día 3 log ₁₀ . | Día 0, 9 log ₁₀ . |
| Control M - S | M-S-CI | M-S-C | M-S-B |
| Constante día 7, día 15 4 log ₁₀ . | 15 días 4 log ₁₀ . | Día 7 constante, día 15 4 log ₁₀ . | 7 días 9 log ₁₀ . |
| Control Me - EC | Me-EC-CI | Me-EC-C | Me-EC-B |
| Constante 15 días. | 7 días 4 log ₁₀ , constante a los 15 días. | Día 7 constante, día 15 3 log ₁₀ . | 7 día constante, 15 día 5 log ₁₀ . |
| Control Me - S | Me-S-CI | Me-S-C | Me-S-B |
| Constante día 7, día 15 3 log. | 7 días 5 log ₁₀ , 15 días 1 log. Mas (total 6 log.) | Día 7 constantes, 15 día 6 log ₁₀ . | 7 día constante, 15 día 5 log ₁₀ . |



CONCLUSIONES

1. El efecto bactericida de clavo de olor fue diferente en las dos frutas tratadas; en el mango inoculado con *E. coli* se observó un mínimo efecto y en el mango inoculado con *Salmonella* spp. no hubo efecto bactericida. En el caso del melón inoculado con ambas bacterias, si se observó el efecto bactericida del clavo de olor.
2. El efecto bactericida de la canela fue mínimo en ambas frutas inoculadas con *E. coli*. En el mango inoculado con *Salmonella* spp. no hubo efecto bactericida, pero en el melón si tuvo un efecto letal.
3. El uso del benzoato de sodio ejerció un efecto bactericida, tanto en el melón como el mango, inoculadas con ambas bacterias. En el análisis se observó que en el mango inoculado con *E. coli* el efecto fue fulminante, (muerte en el día 0).
4. El 35% del peso de melón está representado por la semilla y cascara, los cuales son considerados desperdicios, pero podrían ser utilizados, en la elaboración de piensos en la alimentación animal, así como abono orgánico para plantas. El mayor porcentaje del fruto de melón representa el 65% de pulpa utilizado en la industria alimenticia. En el análisis de materia seca de la pulpa se observó que en termino de 10 horas la muestra perdió un 95.60% de humedad, el cual se mantuvo constante a partir de la hora seis de tratamiento, a una temperatura constante a 105 °C. Por lo tanto observamos que el alto contenido de humedad de este fruto, es un ambiente ideal para el desarrollo de las bacterias.
5. El 30% del mango está representado por el peso de la semilla y cascara que son considerados desperdicios, pero podrían ser utilizados, en la elaboración de piensos en la alimentación animal, así como abono orgánico para plantas. El mayor porcentaje del fruto de mango representa el 70% de pulpa utilizado en la industria alimenticia. En el análisis de materia seca de la pulpa de mango se observa que en termino de 10 horas la muestra perdió un 90.51% de humedad, el cual se mantuvo constante a partir de la seis horas, tratamiento térmico a una temperatura constante a 105 °C, por lo tanto, al igual que el melón tiene un ambiente ideal para el desarrollo y crecimiento de bacterias.
6. En el comportamiento sensorial de las frutas sometidas al tratamiento de la canela, clavo de olor y benzoato de sodio; se observó que el melón tratado con canela tuvo mayor aceptación por el grupo de catadores, tanto en color, sabor y aroma. En el caso del melón tratado con clavo de olor tuvo menor aceptación ya que impactó negativamente en el color el cual se tornó más oscuro. De igual forma en el melón tratado con benzoato de sodio se detectó el sabor de dicho químico y se intensificó de manera positiva el color de la fruta. En el caso del mango el tratamiento más aceptado fue el tratado con clavo de olor, en cuanto a sabor y aroma, a pesar de

que el color se tornó más oscuro.

7. En el tratamiento de mango con canela fue aceptado en menor porcentaje que el tratado con clavo de olor, pero en cuanto a color este se intensificó. El mango tratado con benzoato de sodio fue la muestra que tuvo menor aceptación en sabor y aroma, que al igual que en el melón fue detectado el sabor a químico utilizado, aunque el color fue intenso.

RECOMENDACIONES

1. El uso de benzoato de sodio deberá probarse en menor concentración, conjuntamente con la canela y clavo de olor, y a extractos acuosos de estas especias que son fuente natural de benzoato de sodio.
2. Incentivar en el agricultor la producción y procesamiento de diferentes especias que puedan ser utilizadas como conservantes en los alimentos, ya que en la ejecución del proyecto de investigación no se pudo encontrar extractos acuosos de las especias utilizadas.
3. Estudiar el poder bactericida de otras especias diferentes existentes en el país.
4. En este tipo de investigación científica es necesario mayor tiempo disponible por parte del docente investigador, el cual debería estar en una condición de exclusividad, ya que es necesario ampliar el número de repeticiones por tratamiento, para obtener resultados más confiables.
5. Es necesario mejorar las condiciones de las instalaciones, equipo y material de laboratorio de microbiología y procesamiento de alimentos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María del Carmen Morales, del Laboratorio Central de Bacteriología, de la Secretaría de Salud, en Tegucigalpa. A la Dra. Karla Patricia Torres y Dr. Francis Díaz, Ing. Omar Vicente Ayala, Lic. Yadira Rivera por el apoyo técnico. A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, Samuel Isaac Tabora, Doris Alicia Alcántara y Elisa Saavedra, por su colaboración y participación en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beaulieu J.C. y Lea J.M. (2003). Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharvest Biology and Technology* 30: 15–28.
- Brecht J.K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30: 18–22.
- Bostick, R. M.; Potter. D.; Fosdick, L.; Grambsch, P. ; Lampe, J. W.; Wood, J.R. ; Louis, T. A.; Ganz, R. y Grandits. (1993). G. Calcium and colorectal epithelial cell proliferation: A preliminary randomized, double-blinded, placebo controlled clinical trial. *Journal of National Cancer Institute*, 85: 132–141.
- Burg, S.P. y Burg, E.A. (1962). Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.* 37: 179–189.
- CDA - Fintrac Inc. (2009). Programa de Apoyo a Procesadoras de Alimentos "Resultados reales para personas reales". Washington DC: Centro de Desarrollo de Agronegocios (CDA).
- Díaz, C. (2005). Manual práctico de microbiología (Mango y Aguacate). Elsevier España: EUNED.
- D'aoust, J.-Y. (2007). Current foodborne pathogens: salmonella. In M. Storrs, M.- C. Devoluy, & P. Cruveiller (Eds.), *Food safety handbook: Microbiological challenges*. France: BioMérieux Education., 128-141.
- Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa*. 7 (1) 153-170.
- FAO. (1997). *Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas*. Manual técnico, Gaetano Paltrinieri, cap. i, Ministerio de Cooperación Técnica del Reino de los Países Bajos.
- Giraldo G. A. (2003). *Deshidratación osmótica de mango (Mangifera Indica) Aplicación al escarchado* [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Kleibeuker, J. H., Welberg, J. W.; Mulder, N. H.; Van Der Meer, R.; Cats, A.; Limburg, A. J.; Kreumer, W.M.; Hardonk, M. J.; De Vries, E. G. (1993). Epithelial cell proliferation in the sigmoid colon of patients with adenomatous polyps increases during oral calcium supplementation. *Journal of Cancer*, 67: 500–503.
- Hauben, K.J.A., Bartlett, D.H., Soontjens, C.C.F., Cornelis, K., Wuytack, E.Y. y Michiels, C.W. (1997). *Escherichia coli* mutants resistant to inactivation by high hydrostatic pressure. *Applied and Environmental Microbiology* 63: 945– 950.
- Milacatl, V. (2003). *Cambios en atributos sensoriales y degradación de ácido ascórbico en función de la temperatura en puré y néctar de mango* [Trabajo de grado]. Puebla, México Universidad de las Américas, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos.
- Pascual Anderson, M. del R. y Calderón y Pascual, V. (2000). *Microbiología alimentaria metodología analítica para alimentos y bebidas*. Ediciones Díaz de Santos (Ed.), Madrid.
- Sloan A.E. (2005). Top ten functional food trends. *Food Technology* 59(4): 20–32.

- Ragaert P., Verbeke W., Devlieghere F. y Debevere J. (2004). Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Quality and Preference* 15: 259–270.
- Unión Europea, G. A. (2013). Promoción de inversiones e intercambios comerciales apoyo al sector de la micro y pequeña empresa en Guatemala. *Revista Unión Europea, por la paz y la cohesión social.*, 18 (1) 1

Elaborar modelos hidrológicos al alcance de estudiantes universitarios

Roberto Fredy Avalos Lingan ¹

RESUMEN

La novedad de las implicaciones y consecuencias del cambio climático ha permitido, entre otros, el resurgimiento de la modelación matemática para predecir con cierto grado de certeza diferentes escenarios que faciliten la planificación para atenuar sus diferentes y complejos efectos. En el área de hidrología las investigaciones y las ofertas comerciales de modelos adaptados con nuevas tecnologías de programación y de sistema de información geográfica se han multiplicado.

Los objetivos de la investigación se centran en proponer dos modelos hidrológicos (A y B) propios y sencillos que permitan simular caudales medios mensuales. Uno de ellos es obtenido por innovación y el otro por conceptos sencillos de hidrología; con el fin de mostrar, sobre todo, a los estudiantes universitarios de las áreas de estudio del recurso agua, que la modelación hidrológica está a su alcance.

El modelo A al cual se le ha aplicado innovación, está basado en el balance de agua mensual propuesto por Thornthwaite y el modelo B es un modelo conceptual muy simple basado en los conceptos de hidrología básica. Ambos modelos simularon los caudales medios mensuales de la estación hidrométrica Los Encuentros en Agua Caliente. El índice de Nash-Sutcliffe permitió concluir que los resultados de las predicciones son alentadores.

Palabras Claves: *Modelo hidrológico, calibración, simulación y eficiencia de Nash-Sutcliffe*

¹ Profesor del Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, UNAH: robertofredy2010@gmail.com

ABSTRACT

The novelty of the implications and consequences of climate change has allowed, among others, the resurgence of mathematical modeling to predict with some degree of certainty different scenarios that facilitate planning to mitigate their different and complex effects. In the area of hydrology research and commercial offers of models adapted with new programming technologies and geographic information system have multiplied.

The objectives of the research are to propose two simple and hydrological models (A and B) that allow simulating average monthly flows. One is obtained by innovation and the other by simple concepts of hydrology; In order to show, above all, the university students of the areas that have to do with the water resource, that hydrological modeling is within their reach.

The model A to which innovation has been applied is based on the monthly water balance proposed by Thornthwaite and the model B is a very simple conceptual model based on the concepts of basic hydrology. Both models simulated the average monthly flows of the hydrometric station Los Encuentros in Agua Caliente. The Nash-Sutcliffe index allowed us to conclude that the results of the predictions are encouraging.

Palabras Claves: Hydrological model, calibration, simulation and Nash-Sutcliffe efficiency

INTRODUCCION

El uso de modelos hidrológicos aparentemente resurge dada la importancia que ellos tienen, en estos tiempos, donde la escasez de agua dulce, para los diferentes usos, se incrementa día a día. Uno de los elementos principales que ha influenciado en este problema, es la intervención del hombre sobre la naturaleza, ocurrida a lo largo del tiempo; sin considerar seriamente sus consecuencias. Esto ha trastocado el equilibrio natural de la misma, al grado que sus efectos son innumerables a la fecha actual y posiblemente, empeorándose para los años futuros (Naciones Unidas, 2017 y 1992). El interés de saber que va a pasar con la cantidad de agua disponible en los tiempos venideros y más aún, sabiendo que en la actualidad. Las evidencias indican que ha disminuido en cantidad y además, modificado el comportamiento y distribución de la misma, la modelación hidrológica viene a ser una de las herramientas que bien se puede utilizar para estudiar, a partir del pasado, presente y escenarios futuros, las posibilidades de cantidad y comportamiento del recurso agua con una mirada hacia adelante. Concretamente, disponer de información anticipada que permita fortalecer las perspectivas de una planificación seria es de mucho valor; a fin de garantizar el mínimo efecto en la calidad de vida de las personas.

Las universidades, a parte de la docencia, son las fuentes de producción y transmisión de nuevos conocimientos, a mencionar en las áreas de la ciencia y la tecnología (Reglamento de la Educación Superior decreto 142-89, La ley Orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras Decreto 209-2004, Estatuto del Docente Universitario y sus Reformas, 2002). Dentro de esta responsabilidad nace la idea de presentar, sobre todo a los estudiantes de estudio del recurso agua y también a los profesionales especialistas sobre estos temas, dos modelos hidrológicos simples que podrían encaminarse, mediante la investigación, a modelos más completos y actuales.

El primer objetivo de este informe es presentar dos modelos hidrológicos que son denominados como Modelo A y Modelo B, que han sido elaborados, con la mayor sencillez, para simular caudales medios mensuales para la cuenca del rio Agua Caliente en Los Encuentros que contiene un área de cuenca de 2658 km². Se seleccionó esta cuenca simplemente porque se disponía en nuestra base de información algunos datos hidrológicos de la misma.

También es importante resaltar que la simpleza de la concepción de ambos modelos, aparentemente estos soportan datos insuficientes y posiblemente de baja calidad.

Como segundo objetivo es incentivar a los estudiantes universitarios y a profesionales especialistas a la innovación y creación de modelos que permitan predecir el comportamiento de variables; por su supuesto cada uno en función de su área de estudio y no depender tanto de los modelos comerciales, que han sido elaborados en otros países bajo sus propias condiciones.

Es importante mencionar, también, que ambos modelos no son modelos terminados y que necesitan mayor investigación; pero que podrían, con su simplicidad de elaboración, mostrar que no es difícil entrar al área de la modelación con el fin de aportar nuevos conocimientos y nuevas tecnologías que puedan colaborar en la solución de los problemas del país.

Modelos hidrológicos

Los modelos hidrológicos son simplificaciones de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren dentro de una o más unidades hidrográficas, llamadas también cuenca y que están compuestas de suelo, geología, morfología, cobertura vegetal, asentamientos humanos, etc., y que se encuentran expuestas a la influencia de los fenómenos atmosféricos y climáticos locales e intercontinentales.

Los modelos hidrológicos han sido clasificados de diferentes puntos de vista. A nuestro criterio, esto puede clasificarse de manera general en modelos hidrológicos analógicos, físicos y matemáticos. De los cuales los más usados, en la actualidad, son los matemáticos. Dentro de los matemáticos existen los denominados determinísticos, los probabilísticos y los combinados; es decir, parte determinística y parte probabilística. Dentro de los determinísticos se encuentran los estadísticos sin términos al azar y los conceptuales, y dentro de los conceptuales los empíricos y los propiamente conceptuales. Se menciona esto, por el motivo que los modelos elaborados en el presente artículo caen dentro del último modelo mencionado (propiamente conceptual).

Por otra parte cabe señalar también, que los modelos hidrológicos pueden aplicarse bajo un diseño distribuido (Jorquera E, Sin fecha) o no distribuido dentro de la cuenca. Además, con el apoyo de imágenes satelitales y de la teledetección la modelación puede realizarse de manera espacial y mult-temporal. En la actualidad con el avance de la tecnología en sistema de información geográfica SIG, se está impulsando el uso de esta herramienta para el apoyo de la modelación hidrológica. Conocido esto como integración de modelos hidrológicos con el SIG (Mendoza, M y al., 2002). Sobre esto, ya se encuentran artículos publicados en diferentes países.

Información disponible

Para llevar a cabo la investigación se utilizó datos de lluvia mensual (mm) y de evaporación mensual (mm) de las estaciones El Coyolar y Agua Caliente; estaciones que son manejadas por la Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Con respecto a los caudales medios mensuales a utilizar durante la calibración se seleccionó los correspondientes a la estación hidrométrica Los Encuentros en río Agua Caliente (manejada por La Empresa Nacional de Energía Eléctrica) con un área de cuenca de 2658 km². Estos datos fueron obtenidos de la base de datos y fueron los que se dispuso para alcanzar los objetivos de la investigación. Es importante señalar que posiblemente existan datos de más estaciones de lluvia y también evaporación; ya que es una cuenca grande, pero como se mencionó antes, se trabajó con lo que se obtuvo de la base de datos. El periodo de estos datos fue de 1980 a 1996; es decir, 17 años de información.

El río Agua Caliente es afluente al río Grande y este al río Sulaco. Al lado Oeste del río Sulaco se encuentra el río Humuya y que juntos los dos son los afluentes principales del embalse El Cajón o llamado también Central Hidroeléctrica Francisco Morazán.

La Figura 1 muestra la ubicación general del área de estudio, La Figura 2 la ubicación de la estación hidrométrica Los Encuentros en el río Agua Caliente y la Figura 3 la ubicación de las estaciones de lluvia y evaporación.

Figura 1. Ubicación general del área de estudio



Figura 2. Ubicación de la estación hidrométrica Los Encuentros

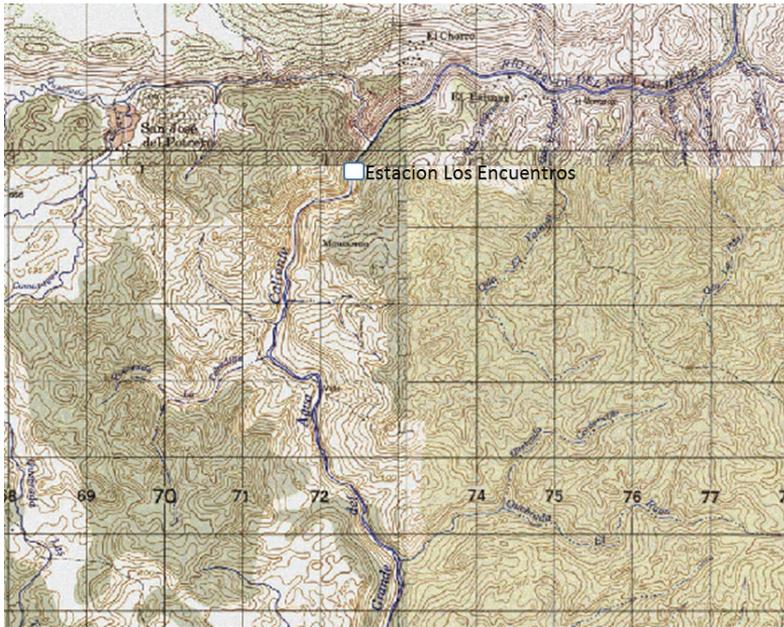
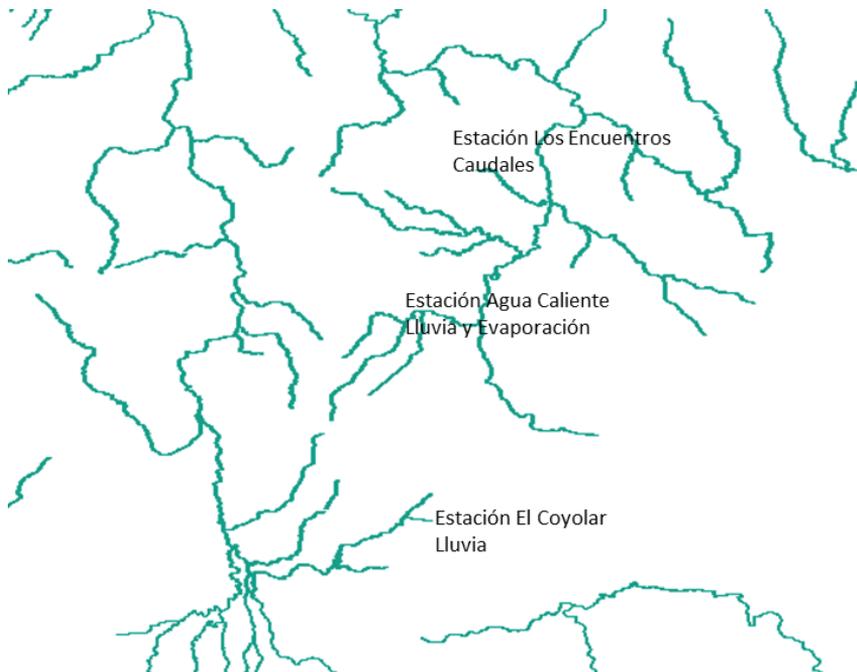


Figura 3. Ubicación de las estaciones de lluvia y evaporación



PROCEDIMIENTO

Modelo A

El modelo A esta basado en el planteamiento de balance de agua mensual propuesto por Thornthwaite (Thornthwaite, C, 1948, mencionado por Tuñón, C, 2000. Thornthwaite, C., Wilm, H., et al, 1944, obtenido de Marin, V. 2010. Thornthwaite and Mather 1955, obtenido de USGS 2010). Para aplicar el modelo de Thornthwaite se requiere disponer de una serie de datos mensuales de lluvia (P en mm/mes) y evapotranspiración potencial (ETP en mm/mes) de por lo menos 10 años de información. El promedio mensual de dichos datos son los datos de entrada para el balance; además se requiere de estimar una capacidad máxima de retención de agua dependiendo del tipo de suelo.

El balance de agua se realiza mes a mes y se inicia en el mes donde se tiene la certeza que la P inicia a ser es mayor que la ETP. El balance se desarrolla bajo el siguiente criterio. El Cuadro 1 muestra el balance el cual inicia en el mes de octubre y la capacidad máxima de retención de agua en el suelo es de 100mm (Remenieras 1965):

Habrá escurrimiento cuando hay excedente de agua; esto ocurre cuando el almacenamiento de agua en suelo (reserva de agua) es sobrepasado; es decir, cuando la suma de la reserva de agua en el suelo con la diferencia de P-ETP sobrepasa la capacidad máxima de retención de agua del suelo. De la diferencia de agua que queda, la mitad escurre en el mes y la otra mitad en el mes siguiente. Habrá déficit si en el mes la suma de la lluvia más la reserva del agua en el suelo no cubre la demanda de la ETP. El déficit será la diferencia. El coeficiente de humedad es simplemente el cociente entre P-ETP y la ETP.

Los conceptos del modelo de balance de Thornthwaite fueron respetados en el modelo A; pero la innovación consistió en adicionar parámetros al procedimiento de balance de agua de Thornthwaite, que permitan la calibración del modelo; es decir, realizar el ajuste del modelo a los datos observados mediante parámetros y además, que se pueda aplicar de forma continua a diferentes meses y años. Estos parámetros se centraron en las variables Excedente gobernado por el parámetro E1 y el Escurrimiento gobernado por el parámetro E2.

Cuadro 1

BALANCE DE AGUA MENSUAL SEGÚN EL METODO DE THORNTHWAITTE
Máxima Capacidad de retención de agua del suelo: 100 mm

| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | <u>OCT</u> | NOV | DIC | AÑO |
|----|---------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|------|------|-----|
| 1 | ETP | 11 | 16 | 31 | 51 | 84 | 109 | 127 | 115 | 83 | 50 | 24 | 14 | 715 |
| 2 | P | 58 | 66 | 69 | 64 | 70 | 74 | 51 | 55 | 56 | 80 | 79 | 82 | 804 |
| 3 | Variac. Hum. | 47 | 50 | 38 | 13 | -14 | -35 | -76 | -60 | -27 | 30 | 55 | 68 | |
| 4 | Reserva Agua | 100 | 100 | 100 | 100 | 86 | 51 | 0 | 0 | 0 | 30 | 85 | 15 | |
| 5 | ETR | 11 | 16 | 31 | 51 | 84 | 109 | 102 | 55 | 56 | 50 | 24 | 14 | 603 |
| 6 | Déficit Agua | | | | | | | 25 | 60 | 27 | | | | 112 |
| 7 | Exced. Agua | 47 | 50 | 38 | 13 | | | | | | | | 53 | 201 |
| 8 | Escorrimento | 37 | 43 | 41 | 27 | 13 | 7 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 26 | 200 |
| 9 | P-ETP | 47 | 50 | 38 | 13 | -14 | -35 | -76 | -60 | -27 | 30 | 55 | 68 | |
| 10 | Coef. Humedad | 4.27 | 3.13 | 1.23 | 0.25 | -0.17 | -0.32 | -0.60 | -0.52 | -0.33 | 0.60 | 2.29 | 4.86 | |

Nota:

Las unidades están expresadas en mm/mes excepto la línea 10 que se encuentra en decimal y no tiene unidades

Las funciones que gobiernan los excedentes y el escurrimiento son:

F(Excedente, E1)

F(Escorrimento, E2)

Por otra parte, durante la calibración se puede llegar a ajustar también, la capacidad máxima de retención de agua del suelo. En resumen este modelo es manejado por dos parámetros.

Modelo B

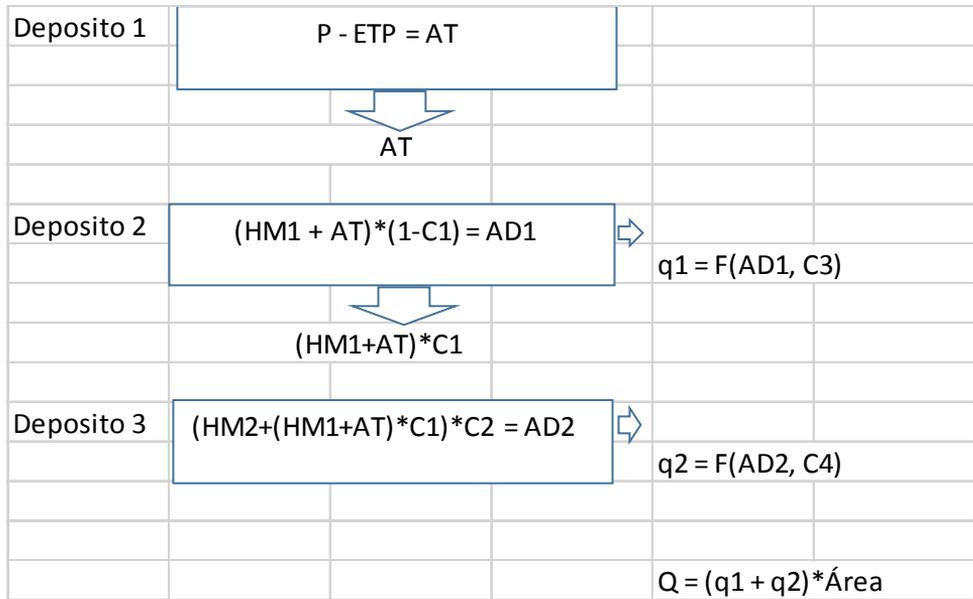
El modelo B es un modelo conceptual muy simplificado y simple, en el cual se ha tomado en cuenta solamente tres depósitos. El primer depósito retiene el agua de la diferencia (lluvia mensual – evaporación) y la sede al segundo depósito, el cual suministra agua al tercer depósito y además permite el escurrimiento denominado q1 y el tercer depósito entrega agua como escurrimiento q2 y además retiene también una cantidad de agua para la continuidad del escurrimiento de los meses siguientes. Toda la circulación del agua está expresada en mm/mes y además están gobernadas por funciones matemáticas. La suma de los escurrimientos parciales q1 y q2 es multiplicada por el área con el fin de calcular el caudal en m3/s.

Las condiciones iniciales de humedad en el suelo están expresadas por HM1 para el primer depósito y HM2 para el segundo. La cantidad de agua que el depósito 1 cede al depósito 2 está gobernado por el parámetro C1 y lo que queda de agua para el escurrimiento q1 es gobernado por (1 - C1), llamada variable AD1. La cantidad de agua disponible para la escorrentía del depósito 3, llamada variable AD2; es decir, para la escorrentía q2 es gobernado por el parámetro C2. Las funciones matemáticas que gobiernan los escurrimientos q1 y q2 son:

$$q1 = F(AD1, C3)$$

$$q2 = F(AD2, C4)$$

La Figura 4. muestra el flujograma del modelo B



Calibración de los modelos A y B

Para el procedimiento de calibración de los modelos A y B se utilizó el método visual; en el cual los parámetros son sometidos a un análisis de sensibilidad con el fin de lograr que los caudales simulados se acerquen a los caudales observados.

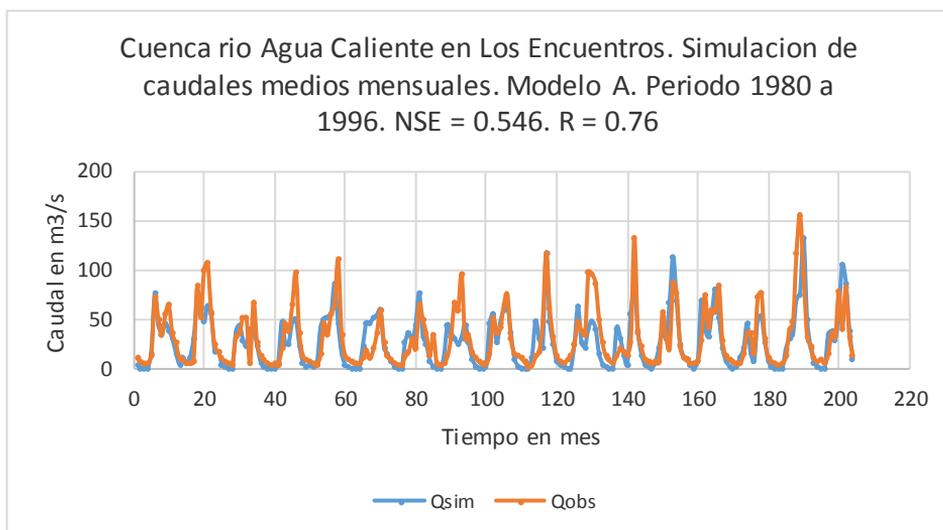
El coeficiente (Eficiencia) de Nash- Sutcliffe (NSE) fue el utilizado para medir el grado

de ajuste de la modelación (mencionado por Alcántara, A. Montalvo, N. Ingol, E. Validación de modelos hidrológicos lluvia-escorrentía para su aplicación a la cabecera de cuenca del río Jetepeque, 2014). Este coeficiente es muy utilizado para medir el grado de ajuste de un modelo hidrológico a datos observados de caudales. Es simplemente una relación entre la varianza de los datos (caudal simulado – caudal observado) con respecto a la varianza de los observados (caudal observado – la media de los caudales observados) y todo esto, restado de uno.

APLICACIÓN Y RESULTADOS

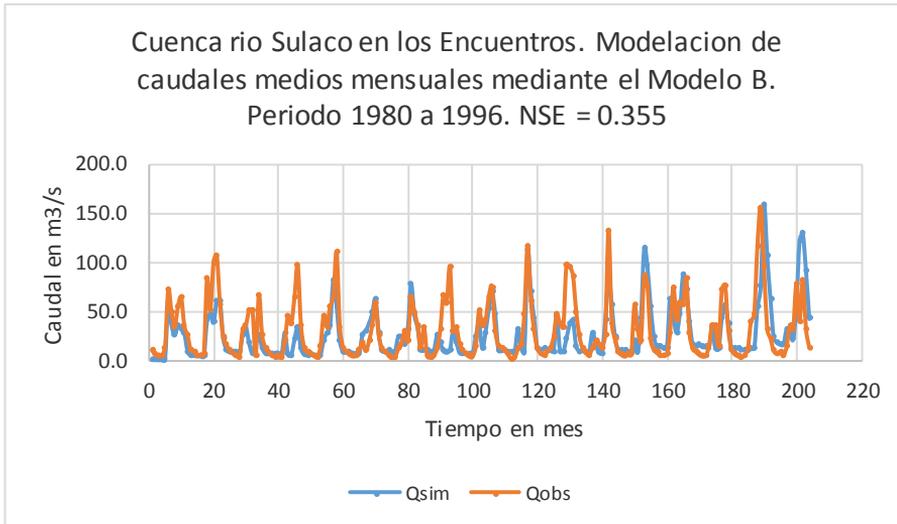
El modelo A es calibrado a los caudales medios diarios de la estación hidrométrica Los Encuentros en Agua Caliente para el periodo comprendido entre 1980 a 1996. La Figura 5 muestra el resultado de la calibración del modelo. El coeficiente NSE obtenido fue de 0.546; el cual se califica, dentro de los rangos del coeficiente, como bueno

Figura 5. Resultado de la calibración del Modelo A



De igual forma el modelo B fue calibrado para el periodo 1980 a 1996. La Figura 6 muestra los resultados. El coeficiente NSE obtenido fue de 0.346; el cual se califica, dentro de los rangos del coeficiente, como satisfactorio.

En cuanto al coeficiente de correlación línea la aplicación del modelo A es de 0.76 y del modelo B de 0.66.

Figura 6. Resultado de la calibración del Modelo B

DISCUSION

Los modelos A y B han sido concebidos bajo un criterio simplista y que además, se encuentran todavía en proceso de diseño. Estos han sido aplicados para simular caudales mensuales para la cuenca del río Agua Caliente a la estación de aforo Los Encuentros con un área de drenaje de 2658 km².

Los datos disponibles de lluvia y evaporación fueron obtenidos de las estaciones Agua Caliente y El Coyolar. La primera se ubica en la parte media de la cuenca y la otra en la parte alta (al extremo sur de la cuenca). Todo esto nos hace comprender que la información disponible nos es suficiente para representar el comportamiento de la lluvia y la evaporación para una cuenca de esa dimensión. Las normas del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano patrocinado por la Organización Meteorológica Mundial indican que el límite recomendado es de 10 estaciones (Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano 1971).

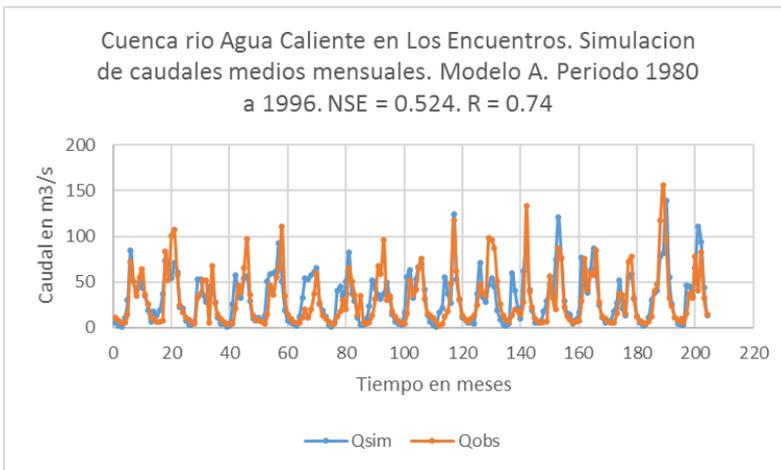
Ambos modelos simulan los diferentes eventos del comportamiento hidrológicos de los caudales medios mensuales del río Agua Caliente durante el periodo 1980 a 1996; es decir, los caudales máximos, promedios y mínimos. El grado de calidad del ajuste de los mismos, es función de la conceptualización de ambos modelos y sobre todo, de la calidad de los datos disponibles (lluvia, caudal y evaporación); por supuesto, también, de la cantidad de estaciones medidoras y de su distribución a lo largo y

ancho de la cuenca. En nuestro caso solamente se utilizó dos estaciones climatológicas para una cuenca de 2658 km².

El proceso de calibración de los modelos A y B fueron orientados a obtener el valor más alto del coeficiente Nash-Sutcliffe, los resultados obtenidos se muestran alentadores y sobre todo, aparentan soportar datos con cantidad y calidad insuficiente. Probablemente investigaciones posteriores podrían proporcionar mayor conocimiento sobre este tema.

En la Figura 7 y 8 se muestran nuevas calibraciones de los modelo A y B. Donde se puede observar, visualmente, que los resultados aparentemente parecen tener un mejor ajuste de lo que se presenta en las Figura 5 y 6. El valor obtenido de NSE para el modelo A de NSE es de 0.524 y para el modelo B de 0.221. Esto no lleva a reflexionar que habría que considerar nuevos calificadores de ajuste de calibración de un modelo.

Figura 7. Nueva calibración del modelo A

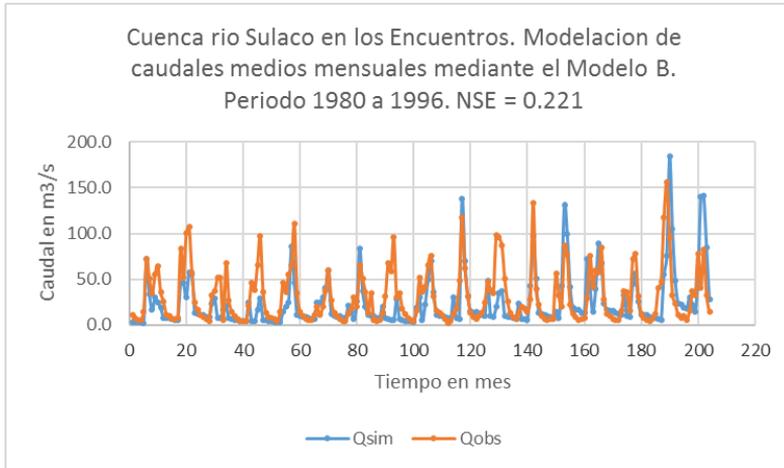


A parte de lo mencionado en los párrafos anteriores de este capítulo, uno de los objetivos de la investigación fue mostrar, que en el área de modelos hidrológicos, es posible aplicar los conceptos de la innovación y además, que partiendo de conocimientos generales de hidrología, es también posible iniciar diseños de modelo hidrológicos.

Los resultados obtenidos a lo largo de la investigación muestran una posible forma de incentivar a los estudiantes universitarios de áreas relacionadas con el recurso agua,

a que ellos mismos puedan iniciar el desarrollo de capacidades en modelación hidrológica y continuar avanzando con el uso de tecnologías recientes que cada día son nuevas. El desarrollo de esto, permitirá a través del tiempo enriquecer el estado actual de la ciencia y la tecnología.

Figura 8. Nueva calibración del modelo B



CONCLUSION

A pesar de la simplicidad de conceptualización en que fueron diseñados los modelos A y B, y además, que todavía no se encuentran en la etapa final de diseño, estos proporcionaron simulaciones de caudales medios mensuales bastante alentadores. Se mostró, con un ejemplo, que en el área de la hidrología se puede aplicar los conceptos de la innovación. El método de balance de Thornthwaite de ser un procedimiento rígido de promedios mensuales, con pequeños agregados puede convertirse en un modelo conceptual continuo.

Con conceptos de hidrología básica se mostró que es posible iniciar el diseño de un nuevo modelo hidrológico, que en este caso fue por medio de un modelo conceptual de depósitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Naciones Unidas (2017) *Adaptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*.
- Alcántara A, Montalvo N, Mejía A, Ingol E. (2014). *Validación de modelos hidrológicos lluvia-escorrentía para su aplicación a la cabecera de cuenca del río Jetepeque*. Universidad Nacional de Agraria La Molina. Programa de Doctorado en Ingeniería de Recursos Hídricos. Lima, Perú.
- USGS. (2010). *A modified Thornthwaite – Mather. Soil-water-balance code for estimating ground water recharge*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Marín, V. (2010). *Evaluación de la relación entre la evapotranspiración potencial teórica y la evaporación registrada en los Departamentos de Cundinamarca y valle del Cauca*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- La ley orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras* (2004). La Gaceta. Decreto 209-2004.
- Mendoza M, Bocco G, Bravo M, Siebe C, Ortiz M. (2002) *Spacially distributed hydrological modeling a review of componentes, integration levels and implications for estimating hydrological processes in no-instrumented bassin*. Instituto de Ecología, UNAM.
- Tuñón, C. (2000). *Determinación experimental del balance hídrico del suelo y evaluación de la contaminación asociada a las prácticas agrícolas*. Tesis Doctoral. Universidad de Jaume I Castellón.
- Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.
- Reglamento de la Ley de Educación Superior de Honduras*. (1989). Decreto 142- 1989.
- Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano patrocinado por la OMM. (1971) *Manual de Instrucciones: estudios hidrológicos*. San José Costa Rica.
- Jorquera E, Weber J, Reyna S. (s.f). *Revisión del estado del arte en la modelación hidrológica distribuida e integrada*. Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
- Thornthwaite, C.W., and Mather, J.R. (1955) *The water balance*. Centerton. Laboratory of climatology, Publication in Climatology.

Arqueoastronomía en el Sitio Arqueológico de Yarumela

Josué Erubel Ramos Castro ¹

RESUMEN

El Sitio Arqueológico de Yarumela es considerado como uno de los sitios prehispánicos más antiguos del corredor mesoamericano en honduras, tiene una existencia casi de aproximadamente 3200 años, hoy en día se encuentra localizado entre los departamentos de Comayagua y La Paz. Se cree que los habitantes que ocuparon el sitio en su momento más asombroso tenían un conocimiento avanzado en cuanto a observación de los cuerpos celestes. En esta investigación se consideró específicamente los movimientos aparentes del sol sobre el horizonte oeste para determinar el alineamiento entre las estructuras en los días de los equinoccios y solsticios. Según las investigaciones realizadas por arqueólogos este sitio fue ocupado durante el período formativo (1000 a.C. a 250 d.C) donde se desarrolló una sociedad indígena que formó la base de la cultura Lenca encontrada por los conquistadores en 1537 (Dixon, Boyd, 1991) citado en (Ramos , 2014, en prensa). La metodología utilizada fue medir el acimut de la puesta del sol por el horizonte y el acimut de las estructuras como también la altura de la montaña específicamente por donde se oculta el sol y así determinar la orientación y alineamientos de las estructuras con respecto al sol.

Palabras clave: *Arqueoastronomía, cultura, alineamientos, equinoccios y solsticios*

¹ Profesor del Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, Facultad de Ciencias Espaciales, UNAH: j Ramos@unah.edu.hn

ABSTRACT

The Archaeological Site of Yarumela is considered one of the oldest pre-Hispanic sites of the Mesoamerican corridor in Honduras, has an existence of approximately 3200 years, today it is located between the departments of Comayagua and La Paz. It is believed that the inhabitants who occupied the site at its most amazing moment had an advanced knowledge regarding observation of celestial bodies. In this investigation, the apparent movements of the sun over the western horizon were specifically considered to determine the alignment between the structures on the days of the equinoxes and solstices. According to the researches carried out by archaeologists, this site was occupied during the formative period (1000 BC to 250 AD) where an indigenous society developed that formed the basis of the Lenca culture found by the conquerors in 1537 (Dixon, Boyd, 1991) cited in (Ramos, 2014, in press). The methodology used was to measure the azimuth of the sunset by the horizon and the azimuth of the structures as well as the height of the mountain specifically where the sun is hidden and thus determine the orientation and alignment of the structures with respect to the sun.

Keywords: *Archaeoastronomy, culture, alignments, equinoxes and solstices*

INTRODUCCIÓN

Esta investigación surge como iniciativa a partir de los hallazgos encontrados en el Sitio Arqueológico de Yarumela y de los resultados de la investigación de la primera fase del mismo, es claro que se puede ir más a fondo en este lugar tan sorprendente y que realmente muestra indicios de que todas sus estructuras tenían un significado desde el punto de vista Arqueoastronómico producto de que la cultura que vivió en el lugar ya reconocida por muchos arqueólogos que analizaron el sitio arqueológico mencionan sus trascendencia cultural en Mesoamérica desde el periodo formativo (1000 a.C) y periodo tardío (400 a.C). Hay una enorme posibilidad de encontrar sitios arqueológicos en donde se puede interpretar registros, desde una perspectiva Arqueoastronómica.

En la investigación de la primera fase y otras de tipo reconocimiento, se logró georreferenciar el sitio con algunas estructuras, medir la altura de las mismas, el acimut entre las estructuras, el acimut de la salida y las puestas del sol para los equinoccios y solsticios, también se analiso la cobertura de suelo cercana al sitio arqueológico con el propósito de conocer su estado actual en cuanto a conservación del mismo. El sitio de Yarumela está prácticamente abandonado desde el punto de vista de protección del patrimonio, Hoy en día en este lugar se desarrollan actividades de la vida cotidiana, poniendo en peligro las evidencias de esta cultura. Existe interés de parte del Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural por apoyar a través de las investigaciones, la protección del patrimonio cultural de nuestro país y hacer actividades de vinculación en la comunidad de Miravalle y Yarumela, vecinos cercanos al Sitio Arqueológico para seguir despertando el interés de protegerlo con el propósito de dar un sentido cultural, económico y turístico.

METODOLOGÍA

El enfoque de esta investigación es cuantitativo porque busca resolver un problema basado en el análisis de la orientación de las estructuras, consideradas importantes para el estudio. El trabajo de investigación consistió en medir dos variables acimut de la estructura, acimut de la puesta del sol por el horizonte y altura de las montañas en el horizonte punto cardinal oeste, por donde el sol se pone en los diferentes eventos solares equinoccios y solsticios. Estas mediciones se realizaron con aparatos y herramientas especiales como estación total para medir altura del horizonte y acimut entre

estructuras. Todos estos datos fueron introducidos en un programa diseñado por el autor utilizando un algoritmo simple de cálculo de trigonometría donde se pudo determinar si estas estructuras tienen una relación Arqueoastronomica. Se realizó una comparación de los resultados obtenidos con el software de simulación virtual stellarium y de esta manera ratificar que los cálculos realizados estarían en un rango aceptable de alineamientos entre las estructuras para los años 400 a.C y 2015 d.C.

RESULTADOS

Sitio Arqueológico Yarumela

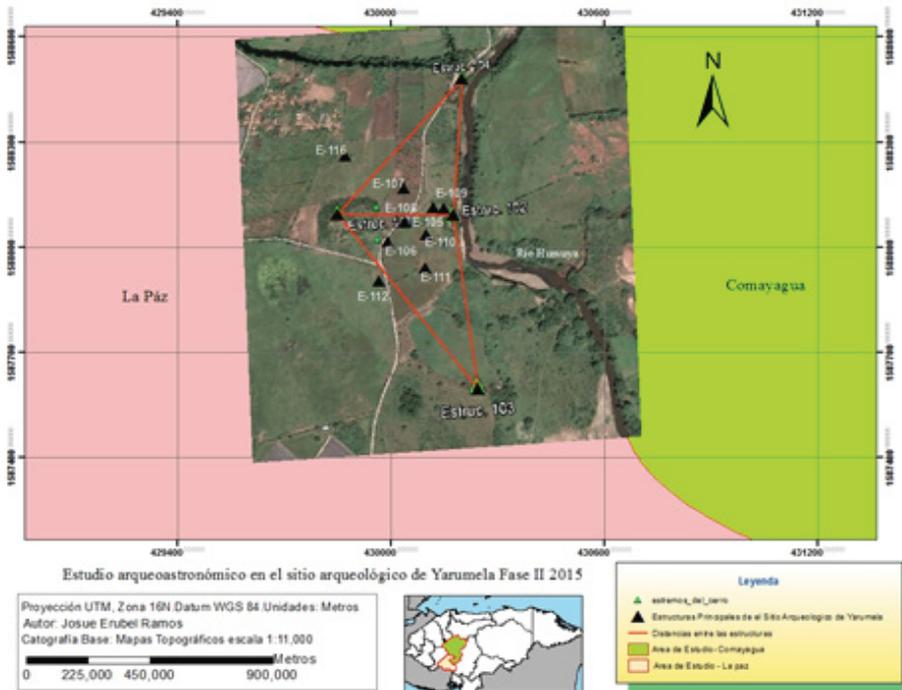
Durante el período formativo (1000 a.C. a 250 d.C) en el centro de Honduras en el sitio arqueológico de Yarumela, se desarrolló una sociedad indígena que formó la base de la cultura Lenca encontrada por los conquistadores en 1537. (Dixon B. , 1991). Los hallazgos encontrados en el Sitio Arqueológico de Yarumela el cual corresponde al periodo clásico formativo mesoamericano y que fue pronto reconocido por ciertos investigadores porque en este lugar hubo un contacto temprano entre Mesoamérica y Perú, donde florecieron las culturas como la olmeca y la chavín respectivamente hace más de 1,500 años a.C. Este sitio es conocido localmente como Chilcal y según las investigaciones tenían un conocimiento avanzado que podemos confirmar en esta investigación en cuanto a la observación del cielo a simple vista. Se cree que Yarumela era el asentamiento del cacicazgo dominante de todo el valle durante los tiempos del formativo tardío 400 a.C. Hasta por lo menos 250 años d.C. (Dixon 1989) citado en (Mandeville J. L., 1997) Finalmente la arquitectura monumental en tal escala nunca fue practicada después del siguiente período clásico y eventualmente fue abandonada por completo afinales del período postclásico, Dixon 1989 citado en (Mandeville J. L., 1997).

Ubicación geográfica de Yarumela El emplazamiento arqueológico Yarumela está ubicado en el valle de Comayagua que se extiende por 1.5 km y una altitud de 600 metros sobre el nivel del mar. Está asentado en la ribera occidental del Río Humuya. Las coordenadas geográficas del Sitio Arqueológico de Yarumela Son: Latitud 14.3637° N y Longitud 87.65° W.

Para comprender mejor la ubicación del sitio se elaboró mapas georreferenciados y de un posible acercamiento a la cobertura de suelo del año 2003 del Sitio Arqueológico de Yarumela con los puntos geográficos de las estructuras más importantes para

este estudio, estos puntos fueron tomados con GPS, en el mismo se puede observar que las estructuras 101 y 102 están orientadas de este a oeste y las 103, 102 y 104 de sur a norte. Hay otros montículos o estructuras que fueron tomadas en consideración como la 106 y 108 111, 110, 107, 109 y 105 (Ver Fig. 1, Fig.2 y tabla 1).

Figura. 1 Mapa de distribución espacial de las estructuras del grupo principal del sitio arqueológico de yarumela. Fuente elaboración propia.



Se tomó fotos en el momento en el que el sol se pone por el horizonte para determinar la Arqueoastronomía y el significado de la posición horizontal de la puesta del sol en relación con un particular alineamiento de los montículos durante los solsticios y equinoccios Ver Fig. 3, 4, 5 y 6.

Figura. 2. Mapa del Sitio Arqueológico de Yarumela, con cobertura de suelo para el año 2003. Fuente Elaboración propia.

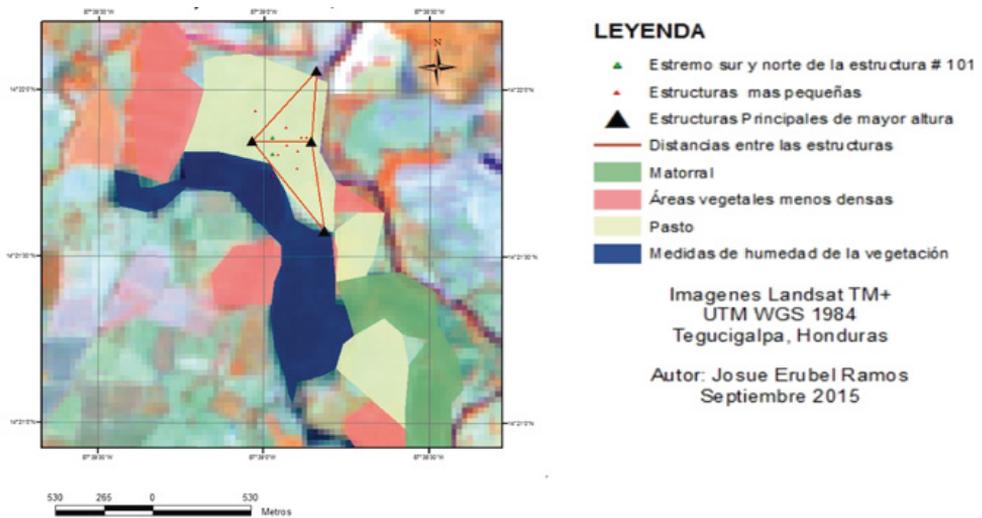


Tabla 1. Coordenadas geográficas de cada una de las estructuras.

| Estructuras | Latitud | Longitud | Altura de la estructura |
|-------------|---------------------|----------------------|-------------------------|
| 101 | 14° 21' 49.20304" N | 87° 39' 2.999" W | 20m. |
| 102 | 14° 21' 49.3560" N | 87° 38' 51.26568" W | 9m |
| 103 | 14° 21' 35.07976" N | 87° 38' 48.84185" W | 6m |
| 104 | 14° 22' 3.95220" N | 87° 38' 50.456642" W | 6m |
| 106 | 14° 21' 48.2822" N | 87° 38' 57.44038" W | 4m. |
| 108 | 14° 21' 50.05940" N | 87° 38' 55.8635" W | 3m |
| 111 | 14° 21' 45.88626" N | 87° 38' 53.9417" W | No se conoce su altura |
| | 14° 21' 54.1644" N | 87° 38' 56.67345 W | No se conoce su altura |

Fuente: Elaboración propia.

Figura. 3. Estructura 101 vista desde la estructura 102



Figura. 4. Puesta del sol en el equinoccio de primavera 20 de marzo 2015



Figura. 5. Puesta del sol en el Solsticio de invierno 21 de diciembre 2015. Vista desde la estructura 108



Figura. 6. Puesta del Sol en el solsticio de verano 21 de junio del 2015. Vista desde la estructura 108



Tabla 2. Acimut entre estructuras y la distancia entre ellas y Angulo de elevación del sol sobre las montañas. Fuente Elaboración Propia

| Estructura | Acimut | Distancia en metros | Ángulo de Elevación | Análisis |
|------------|---------------|---------------------|---------------------|--------------|
| 102-104 | 01° 59' 57 " | 457.07 m | | |
| 102-103 | 169° 27 '45 " | 439.50 m | | |
| 102-111 | 219° 36' 13" | 123.31 m | | |
| 102-112 | 237° 26' 33" | 248 m | | |
| 102-110 | 245° 35' 39" | 90.19 m | | |
| 102-106 | 264° 00' 05" | 188.98 m | | |
| 102-101 | 272° 56' 33" | 323.65 m | | Alineamiento |
| 102-108 | 281° 37' 37" | 140.98 m | | |
| 102-107 | 311° 31' 33" | 218.00 m | | |
| 102-109 | 316° 57' 58 " | 58.73 m | | |
| 102-105 | 346° 44' 24" | 38.61 m | | |
| 108-SOL | 295° 04' 10 | -----0----- | 4° 15' 14" | Alineamiento |
| 108-SOL | 266° 52' 05" | -----0----- | 6° 24' 14" | Alineamiento |
| 108-SOL | 242°38' 16" | -----0----- | 5° 56' 28" | Alineamiento |

Fuente: Elaboración propia.

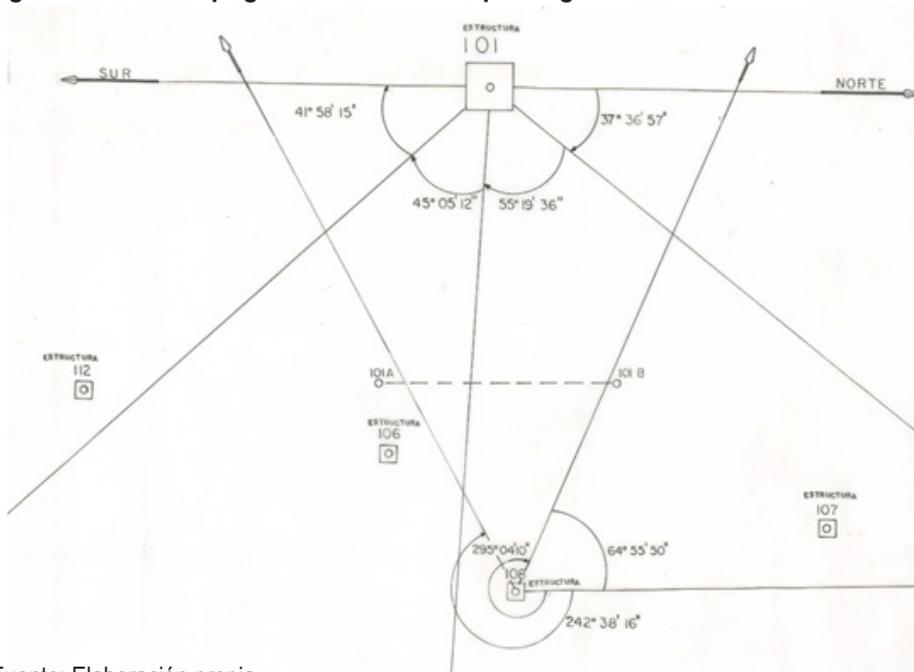
Se utilizó una estación total para medir la altura de la montaña por donde sale el sol en el día del equinoccio de primavera, otoño y solsticio de verano e invierno. Ver tabla 3 y Fig.7

Tabla 3. Altura de la montaña en Grados Minutos y segundos, por donde se pone el sol

| Lugar | Sitio Arqueológico de Yarumela (alturas de la montaña en el oeste) | | | |
|--------------|---|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Evento solar | Equinoccio de Primavera | Solsticio de verano | Equinoccio de otoño | Solsticio de invierno |
| Altura | 6° 24' 14" | 4° 15' 14" | 6° 24' 14" | 5° 56' 38" |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Plano topográfico del Sitio Arqueológico de Yarumela.



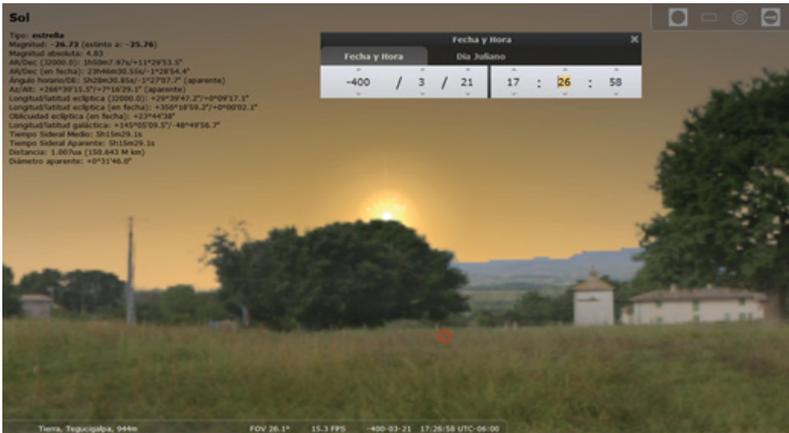
Fuente: Elaboración propia.

El Stellarium es un software que permite a las personas simular un planetario en su propia computadora, es software libre y está disponible para los principales sistemas. Se comparo los años 400 a.C. y 2015 d.C para observar la similitud con los cálculos.,

considerando que sin montañas el Horizonte es perfecto, los equinoccios están muy cerca de los 270° , el solsticio de invierno de 246.5° y el solsticio de verano 293.5° de acimut.

Las siguientes figuras muestran la similitud de la puesta del sol en los días de equinoccio y que están muy cercanos a resultados de acimut medias con estación total Ver. Fig. 8,9 y tabla 4.

Figura 8. Imagen del software stellarium día del equinoccio de primavera año 400 a.C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Imagen del software stellarium día del equinoccio de primavera año 2015 d.C



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Comparación de cálculos de acimut, entre el sol y las estructuras con estación total y simulador stellarium

| Evento solar | Cálculo de acimut del sol con estación total en grados | Acimut de las estructuras | Estructuras relacionadas | Acimut calculado con stellarium años 2015 Y - 400 | Observaciones |
|-------------------------|--|---------------------------|--------------------------|---|---|
| Equinoccio de primavera | 267.434° 266.868° | 272.9425° | 102 - 101 108-101 | 269.29° (2015) 267.52° (-400) | Se observa una alineación muy cercana a los 270° en la puesta del sol observando desde dos estructuras 102 y 108 hacia la 101 |
| Solsticio de verano | 295.06° 295.06° | 295° 04' 10" | 108 -SOL 108- 101B | 293.16° (2015) 293.33° (-400) | Desde la estructura 101 y la puesta del sol medida desde la estructura 108 hay 25.06° grados al norte cercano a la declinación norte de +23.5° y también coincide aproximadamente con la esquina inferior derecha de la estructura 101-(101B) |
| Equinoccio de otoño | 267.434° 266.868° | 272.9425° | 102 y 101 108-101 | 269.29° (2015) 267.52° (-400) | Se observa una alineación muy cercana a los 270° en la puesta del sol observando desde dos estructuras 102 y 108 hacia la 101 |
| Solsticio de invierno | 242.6° | 242° 38' 16" | 108-SOL 108-101A | 244° (2015) 243.7° (-400) | Desde la estructura 101 y la puesta del sol hay 27.5° grados al sur cercano a la declinación sur de --.23.5° |

Trigonometría

El coseno de un lado es igual al producto de los cosenos de los otros dos, más el producto de sus senos multiplicado por el coseno del ángulo comprendido (Berreco-so, Ramírez , Enríquez Salamanca, & Pérez Peña, 2003).

Para determinar los resultados de la medición con la estación total en cuanto al acimut de las estructuras y la salida del sol en el día del equinoccio y los solsticios se aplicó y se desarrolló la siguiente fórmula.

Fórmula

$\text{Cos } (90 - \delta) = \text{Cos } (90 - \varphi) \text{ cos } (90 - h) + \text{sen } (90 - \varphi) \text{ sen } (90 - h) \text{ cos } z$
Transformando esta fórmula a trigonometría básica de los senos obtenemos.

$\text{Sen } \delta = \text{sen } \varphi \text{ sen } h + \text{cos } \varphi \text{ cos } h \text{ cos } z$

Dejando Para $\text{cos } z$ y a este se le resta 360°

$$360^\circ - \left[\text{Cos } z = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } \varphi \text{ sen } h}{\text{Cos } \varphi \text{ Cos } h} \right]$$

De la formula anterior despegada se desarrolló una aplicación software ver. 1.0.1, para el cálculo del acimut los equinoccios y solsticios. Ver Fig. 10, 11, 12 y 13

Figura 10.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos para los equinoccios

Para determinar el acimut de la salida del sol se tomó la altura de la montaña medida desde la estructura 108 que se obtuvo con la estación total y se aplicó y desarrollo la siguiente fórmula para cada uno de los eventos solares.

Datos

z = acimut ----- ¿?

ϕ = latitud----- 14.3637° (Latitud de Yarumela)

h = altura ----- $6^\circ 24' 14'' = 6.403888889$ (altura de la montaña)

δ = declinación ----- 0

Resultado $Z=268.352994894^\circ$

Figura 11.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos para el solsticio de verano

Datos

z = acimut ----- ¿?

ϕ = latitud----- 14.3637° (Latitud de Yarumela)

h = altura ----- $4^\circ 15' 14'' = 4.253888889^\circ$ (Altura de la montaña)

δ = declinación ----- $+23.5^\circ$

Resultado $Z=293.160526879^\circ$

Ver Fig. 12

Figura 12.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos para el solsticio de invierno

Datos

$z = \text{acimut} \text{ ----- } \text{¿?}$

$\varphi = \text{latitud} \text{ ----- } 14.3637^\circ$ (Latitud de Yarumela)

$h = \text{altura} \text{ ----- } 5^\circ 56' 28'' = 5.9^\circ$ (Altura de la montaña)

$\delta = \text{declinación} \text{ ----- } -23.5^\circ$

Resultado $Z = 243.892228596^\circ$

Ver Fig. 13

Figura 13.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Para el primer objetivo podemos determinar que entre las estructuras 101 y 102 hay una orientación de este a oeste, y que el sol se pone por encima de las montañas a un acimut muy cercano a los 270° , lo cual nos permite decir que si hay un alineamiento entre estas dos estructuras y la posición del sol en el momento de su puesta por el horizonte en los equinoccios considerando que la variable acimut varía dependiendo de la altura de la montaña.
2. Para el segundo objetivo podemos determinar que las estructuras 101 y las otras estructuras, se está considerando la estructura 108 tanto como punto central de observación para los diferentes eventos solares equinoccios y solsticios. Es importante considerar que los extremos inferiores de la estructura 101(101A y 101B) parecen estar alineadas con los solsticios, en el caso del solsticio de verano parece alinearse la esquina inferior derecha 101B y la estructura 108 y las puestas del sol marcan un acimut muy cercano a los 293.5° y también la estructura 108 pudo haber sido un punto de observación en los equinoccios ya que desde esta estructura se logra acercar un acimut de 270° sobre la estructura 101 cuando se pone el sol. Al igual cuando se midió durante el solsticio de invierno desde la estructura 108 a la puesta del sol casi coincidiendo con la esquina inferior izquierda 101A de la estructura se forma un ángulo alrededor de los 243° muy cercano a los 246.5° donde las alturas de la montaña también inciden en el acimut.
3. En vista de que el objetivo era encontrar alineamientos en el lugar, podemos concluir que si existe una alineación entre las estructuras 101, 102, 108 para los eventos solares y quizás con otras estructuras como la 107, 111 y 110 en las puestas y salidas, pero no se puede determinar a profundidad una orientación o alineación debido a que en el sitio la mayoría de las estructuras están cubiertas por lo cual no se puede determinar sus dimensiones esto fue un obstáculo para la investigación, pero a nuestro parecer la estructura 108 podría haber sido un punto de observación para los eventos solares como equinoccios y solsticios.
4. En cuanto a las comparaciones con el programa del Stellarium del año 400 a. C y 2015 d. C se observa una muy cercana similitud de acimut entre los diferentes eventos solares de equinoccios y solsticios tomando en cuenta que el software no toma la altura de las montañas, solo sirvió como referencia de comparación.
5. La aplicación desarrollada software ver. 1.0.1, se utilizó para introducir los datos y obtener resultados con cálculos más exactos y que se pueda aplicar en el campo desde un celular, puede ser solicitado al autor al Email jerubel2009@gmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berrecoso, M., Ramírez, M. E., Enríquez Salamanca, J. M., & Pérez Peña, A. (2003). *Notas y apuntes de trigonometría esférica y astronomía de posición*. (U. d. Cadíz, Ed.)
- Dixon, Boyd. (1991). " La Arquitectura del periodo Formativo y la competencia del estado social en Yarumela, Honduras. *YAXKIN, XV, edición extraordinaria 1990-1994*, 19-48.
- Mandeville, Joesink. (1997). "Programa Arqueológico de Yarumela, temporada 1983: descubrimientos y análisis". *YAXKIN, XV, edición extraordinaria 1990-1994*, 5-18.
- Ramos, J. E. (2014, en prensa). Estudio Arqueoastronómico en el Sitio Arqueológico de Yarumela. *En prensa*.
- Ramos Castro, J. E. (2015). Software Acimut Ver. 1.0.1, Software disponible sin propósitos comerciales, enviando un e-mail a: Jerubel2009@gmail.com.



Ensayo

Innovación y Transferencia Tecnológica: Desafíos en la UNAH

Fernando José Zorto Aguilera ¹

INTRODUCCIÓN

La universidad se encuentra en un momento crucial, puesto que nos adentramos en un tiempo donde las políticas de investigación terminan su vigor, dado que se crearon para desarrollar un avance mucho más contundente en el desarrollo de la cultura de la Investigación científica y postgrado de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) en un transcurso de cinco años, los cuales culminan en el año 2019. Por tal motivo, la UNAH tiene el reto de plantearse nuevos derroteros. Es así que es importante verificar que muchas de las actividades planteadas en las políticas como tal se han venido cumpliendo y esto lo refleja los últimos 10 años de fomento de la investigación científica de la UNAH.

Por esta razón, este ensayo se encuentra estructurado para dar seguimiento a estos diez años y como estamos terminando esta década de impulsar la cultura de la innovación y la investigación científica dentro de la universidad. Por consiguiente se plantearán los desafíos que se tendrán en la próxima década los miembros del Sistema de Ciencia y Tecnología de Honduras (SICyT) dentro de la Universidad, la cual es la innovación y la transferencia tecnológica dentro de un mercado que pueda aprovechar los desarrollos bien logrados en dichos ecosistemas, donde interactúen entes y personas que dedican su vida a la investigación científica y tecnológica.

Así mismo, es importante mencionar como actualmente la UNAH visualiza la innovación tecnológica, cuál es el objetivo dentro de las políticas universitarias de investigación. Para esto hacemos mención sobre los círculos de creatividad, donde se logra apreciar que estos espacios tienen como objetivos ser las pequeñas unidades vivientes con objetivos de ser gestores de la cultura de innovación de la UNAH en las diferentes facultades y Centros Regionales del País.

La tecnología y el conocimiento innovador no pueden existir solos, es necesario que

¹ Profesor Auxiliar del Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNAH. Ganador del premio "Ensayo sobre investigación y gestión de la investigación", año 2017

tengamos a la mano, la capacidad de poder concretar que dicha tecnología o conocimiento llegue a un mercado donde cambie un paradigma y esto se realizara mediante la concretización de una Oficina Transferencia de Tecnología para concretar la transacción entre los investigadores y las empresas interesadas.

La estrategia planteada en este ensayo para concretar que los miembros del SIYCT y las empresas puedan tener una verdadera relación de negocios para la creación de oportunidad de monetizar la tecnología será la creación una confianza mutua entre las tres partes: a) Investigadores; b) empresas; y c) La Universidad.

Por lo que al final del ensayo desarrollo las conclusiones pertinentes a los nuevos desafíos que se le presentan a la UNAH para seguir motivando a la comunidad universitaria para que desarrollen y crean en la I+D+i

Desafíos para la próxima década como Universidad.

Ya han pasado más de 10 años de los procesos de cambios dentro de la UNAH donde su modelo educativo plantea la necesidad del desarrollo integral del profesor universitario como uno de los actores principales para la creación del conocimiento de la sociedad hondureña, así como internacional, esto por medio de sus tres quehaceres del profesor: a) La Docencia; b) La Vinculación; y c) La Investigación. (UNAH, 2009)

Dentro de estos quehaceres, nos enfocaremos en el área de investigación científica, por lo cual es necesario hacer mención en lo planteado en mi trabajo de “10 años de fomento a la investigación científica en la UNAH” (Zorto Aguilera, 2016) , donde se indica que se debe recorrer y fortalecer aún más en el fomento de la investigación científica dentro de la UNAH, a consecuencia que existen aún más retos en nuestro proceso de creación de conocimiento y sus posibles efectos dentro de la sociedad hondureña, los cuales aún no hemos visto florecer. Dentro de estos retos se encuentran el desarrollo de la innovación y a transferencia tecnológica de los diferentes resultados de las investigaciones financiadas por la Dirección de Investigación y Postgrado (DICYP).

Para poder concretar que la inversión de casi más de L.40,499,255.09 para investigación científica ha generado algún proceso de innovación y podamos aseverar que dicho proceso ha creado una transferencia tecnológica real dentro de un sector de la industria en los próximos años , es necesario que la Universidad pueda hacer uso de las diferentes herramientas legales que posee dentro del reglamento de propiedad

intelectual delimitándolo desde estrategias claras para su implementación dentro de la cultura de innovación de la UNAH.

Es importante, observar que los objetivos de las políticas de investigación de la UNAH(2014) para el 2015-2019 son el impulsar, fortalecer y consolidar la investigación científica, tecnológica y la gestión de la misma, para contribuir al desarrollo de la ciencia y la tecnología, y de esta manera buscar las mejores soluciones a los problemas nacionales, regionales e internacionales. Por tal motivo dichas políticas plantean los diversos ejes y temas prioritarios para concebir los resultados de conocimientos y tecnologías que la sociedad necesitan para ser más competitiva en un mundo tan cambiante para los siguientes cinco años siendo estos el 2020 al 2024, en el cual todos los países del mundo tratan ser más competitivos para lograr réditos positivos para sus propias economías y resolver sus necesidades.(Dutta, 2017)

Con base en esto, es necesario estar claro que la ejecución de este objetivo incrementará la cantidad, así como la calidad y la pertinencia de las investigaciones dentro de la UNAH y el SICyT. Por lo cual, este incremento de investigaciones generará múltiples resultados de investigación; donde conllevara múltiples entregables, desde el informe de investigación hasta la protección intelectual de tecnología y conocimientos. Esto último, lo que se refiere al punto de los resultados, la sociedad espera que dicho valor tangible que generan los resultados sean aprovechados por miembros de la sociedad para que realicen las acciones necesarias de crecimiento económico y circulante para los demás miembros de la sociedad necesitan para desarrollarse como un miembro productivo para ella.

Las preguntas que se deberán contestar son las siguientes:

1. ¿Qué es lo que consideramos como innovación?
2. ¿Para qué sirve la transferencia tecnológica para el desarrollo de I+D+i?
3. ¿Cuáles son las estrategias para que la Universidad pueda desarrollar para el fomento de la innovación y se logre la transferencia tecnológica?
4. ¿Cuál será la relación que existirá entre los actores de esta estrategia y como generar la confianza entre las partes?

La Innovación y los Círculos de Creatividad.

Consideremos el concepto que maneja la UNAH (2013) como base para esta discusión, la innovación es el acto de entender el cómo transformar una idea original y creativa a un producto, servicio o proceso para que el mercado le reconozca su valor

para comercializarlo y transarlo. Este simple proceso de generar una idea es muy tediosa, pueden pasar horas, días, meses y años a veces años para poder forjar ese constructo de conceptos que puedan dar una solución a un problema particular.

Existe un espacio dentro de la estructura de investigación de la universidad que son los Círculos de Creatividad. Este espacio de convivencia entre miembros de la comunidad universitaria son una iniciativa de desarrollo y evaluación de ideas claves para estimular la cultura de innovación a lo interno de la UNAH. Estos juegan un papel muy importante para que los estudiantes, docentes y personal administrativo de la universidad sienta la necesidad de estimular la creatividad con miras generar desarrollos de tecnologías y conocimientos para una disrupción del mercado nacional como internacional.

El propio concepto de los círculos de creatividad menciona que son espacios de aprendizajes de capacidades creativas y generación de ideas para la creación de proyectos de I+D+i. En ellos se reúne profesores, como estudiantes con deseos de generar desarrollos tecnológicos con una visión más holística utilizando como herramienta puntual la ciencia y la misma tecnología.

Los círculos de creatividad se desarrollan mediante un esquema horizontal, donde el asesor y el veedor colaboran conjuntamente con los miembros líderes de cada área disciplinaria para desarrollar las ideas paso a paso según el esquema que la DICYP plantea en el concurso de ideas tecnología, el cual es parte de la políticas de investigación de la UNAH que actualmente se encuentra vigente. Al concretar la idea o plasmarla como en papel se procede a su evaluación y el desarrollo de anteproyectos de investigación que permita la construcción una solución tecnológica a través de la idea.

Para esto la organización se basan en líneas de desarrollo tecnológicos, , que los propios estudiantes consideran que son importantes para brindar un aporte a la sociedad. El nombre que recibe esta estructura dentro del circulo son “núcleos de Innovación”, donde la idea principal es que varios estudiantes de las diferentes áreas se empoderen de su actividad de desarrollo tecnológico y puedan poner rigor científico a su idea, lo cual permitirá intercambiar conocimientos, experiencias y habilidades en el momento de desarrollar los prototipos o modelos de utilidad que la UNAH podrá invertir en ellos.

Un claro ejemplo de esta metodología de trabajo es el circulo de creatividad de la Facultad de Ingeniería, “Ingenieros a la Vanguardia” donde se encuentran ya estruc-

turados en núcleos de innovación, donde los miembros tienen funciones claras de su actividad y su importancia dentro de la organización desde el aspecto macro y micro. En la actualidad se cuentan los núcleos de innovación, de los cuales se encuentran:

1. Desarrollo Energético.
2. Desarrollo Informático.
3. Gestión Integral del Agua.
4. Robótica y Control.
5. Sustentabilidad.
6. Gestión Integral del Riesgo.

Un Circulo de Creatividad “Ingenieros a la Vanguardia” lleva concretando varios proyectos los cuales asciende su suma total de L.895,000.00 desde el 2014 hasta la fecha. Esta gestión de financiamientos se logra a través del profesor asesor y el veedor, donde localizan la oportunidad de ser capitalizados por fondos de becas de la Universidad o becas externas de la universidad. De Los resultados de estos financiamientos tenemos desde prototipos, metodologías de aprendizaje y procesos. De los cuales se encuentran en fase de protección, así como lo manda el Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNAH, el cual fue emitido para el año 2016 (UNAH, 2016). Dicho Reglamento, es una herramienta muy importante para los avances del fomento de la cultura de innovación a lo interno de la UNAH. Esto por el temor que existe en el plagio, el cual lo considera una falta muy grave. El reglamento indica el propio concepto para aclarar a un más esto. En el capítulo III de conceptos, artículo 4 de conceptos generales del Reglamento de Propiedad Intelectual nos dice:

“Plagio: Conducta al margen de la ética que en cualquier forma restringe o perjudica los derechos morales y patrimoniales del autor y/o titulares de derecho; incluye, sin perjuicio de otras que puedan considerarse violaciones al derecho de autor y a los derechos conexos, acciones antijurídicas como la de incluir en una obra como propia, fragmentos o partes de una obra ajena protegida; la adaptación, transformación, traducción, modificación o incorporación de una obra ajena o parte de ella, sin la autorización del autor o de sus derechohabientes. También constituye plagio la publicación de una obra ajena protegida con el título cambiado, suprimido o con el texto alterado, como si fuera de otro autor ” (UNAH, 2016)

Es importante mencionar que el reglamento es muy contundente en el capítulo V sobre dichas sanciones académicas por plagio. En el artículo 29 nos menciona que cualquier acción considerada plagio por el artículo 4, antes expuesto, será sancionada por medio de los normas académicas que la UNAH cuente, modifique o cree,

aplicando procedimientos administrativos y académicos correspondientes para salvaguardar los derechos que conlleva la propiedad intelectual de los autores. Esto no implica que no se ejecuten descargos en los Tribunales de la República de Honduras.

Aunque tengamos dentro la cultura de innovación en la UNAH tiene los instrumentos para su desarrollo; como lo es el reglamento de propiedad intelectual, existen aún dificultades de poder continuar con el desarrollo los prototipos tecnológicos. En el caso de los círculos de creatividad de Ingeniería, se trabaja con estudiantes de pregrado que no tiene la capacidad de continuar con los prototipos tecnológicos que desarrollan, dado que no hay una herramienta eficaz que nos les dé el acceso a un postgrado dentro de la UNAH para mejorar la tecnología que han alcanzado y que este llegue a modificar un cadena valor dentro del mercado Hondureño o internacional. Por lo tanto, dichos estudiantes emigran a la industrial, la cual, aun no se encuentra muy empapada de los temas de I+D+i, deteriorando a los egresados en su capacidad creativa al realizar una labor operativa más que de investigación o desarrollo en dichas empresas.

El Reglamento de General del Sistema de Postgrado de la UNAH publicado en la Gaceta N°31 en la ciudad de Tegucigalpa el 6 de mayo del 2008, nos muestra que el Sistema de Estudio de Postgrado, tiene la misión de generar conocimientos y ofrecer estudios de nivel terciario y cuaternario en áreas de la ciencia, técnicas y el arte, dado el desempeño profesional especializado y la investigación al más alto nivel científico (La Gaceta, 2008). Cabe mencionar que este Sistema de Estudios de Postgrados que debe dar continuada a los conocimientos adquiridos en el Sistema de Estudio de Pregrado, el cual se encuentra gobernado por el modelo educativo de la Universidad de la IV reforma universitaria, la cual busca como principios básicos: a) La calidad; b) la equidad; c) La pertinencia; d) La transdisciplinariedad; e) la Interdisciplinariedad; y d) la Internacionalización (UNAH, 2009)

Con base a estos principios del modelo educativo, existe un deber ante los estudiantes de pregrado y maestría que desarrollen actividades de innovación con un potencial potencia de ser licenciado, de que el mismo Sistemas de Postgrado los absorba. Esto garantizará, que los beneficiarios puedan dirigirse por los senderos adecuados para lograr que las investigaciones sean una tecnología probada y comercializada por un sector productivo. Este simple hecho permite que el sector que implemente esta tecnología tendrá la capacidad de irrumpir un paradigma dentro de su cadena de valor. Es decir, es necesario garantizar que el estudiante o el núcleo de innovación que tengan una prototipo tecnológico capaz de dar el ancho en el sistema de postgra-

do, deberá ser becado hasta los estudios de doctorado para lograr el objetivo de la última fase de proceso de I+D+i, que es la monetización del modelo de utilidad, patente u otro instrumento de protección ligado al reglamento de propiedad intelectual.

Transferencia tecnológica para el desarrollo de I+D+i en la Sociedad Honduras.

Dentro de las universidades más importante del mundo se encuentran una oficina que permite generar una transferencia tecnológica desde la academia hasta un usuario secundario. Odedra (1994) manifiesta que la transferencia tecnológica es el problema de cómo transmitir el conocimiento de cómo funciona un determinado sistema, como trabaja y generan sus aplicaciones, como administrarlo y como reproducir sus piezas e realizar un sistema similar. Esto se considera implementada la transferencia tecnológica cuando se logran comprender todos los conceptos del sistema para suplir las necesidades locales.

La transferencia tecnológica contempla la difusión de conocimiento científico y la concretización de la transformación del conocimiento en innovaciones completamente útiles. Por tal motivo, Grimpe & Hussigner (2008) clasifican la transferencia tecnológica en mecanismos formales e informales. Dentro de los formales tendremos: a) Licenciamientos; b) inversión de capital extranjero; c) acuerdos de cooperación en investigación; d) arreglos de cooperación conjunta. En el caso de los mecanismos informales, los cuales son muy difícil de detectar, tenemos: a) ingeniería inversa; b) exportación de productos tecnológicos; c) intercambio de personal técnico y científico; d) conferencias de ciencia y tecnologías; e) ferias y congresos; f) literatura abierta; y g) espionaje industrial.

Lopez, Mejía & Schmal (2006) consideran que la transferencia tecnológica tiene una dinámica al interior de las empresas que tratan de asimilar y sistematizar la transferencia por medio del capital humano que colabora dentro de estas empresas, los cuales son científicos que tratan de desarrollar las herramientas para asimilar el conocimiento recibido por la academia. Para esto es muy importante identificar que esta labor de brindar personal con las competencias necesarias debe de salir de las universidades con el grado de master o doctor para su labor de I+D+i.

Por tal motivo, se puede considerar que la transferencia tecnológica es un instrumento para el incremento del desarrollo integral y sostenible de una nación en el tiempo. Para que esto logre ocurrir, se deberá realizar la concientización de todos los actores que se encuentran dentro del esquema de la transferencia tecnológica para tener una

mente más emprendedora, pero a su vez una mente mucho más científica, lo cual logrará crear equipos interdisciplinarios que permitan hacer interactuar el conocimiento de diferentes áreas.

Siegel et al (2004) nos plantea que estos actores son los científicos universitarios, los cuales son los productores primarios del conocimiento o tecnología. Luego dentro de ellos tendremos, los administradores de la tecnología, cuyo nombre común son las Oficinas de Transferencia Tecnológicas (OTT), cuyo objetivo es ser la parte de la universidad que negocia el conocimiento obtenido por los científicos universitarios. Como último actor tenemos la empresa, donde es el último escalón de la cadena de valor de las tecnologías transadas en la transferencia previamente pactada.

La UNAH debe estar preparada para este proceso de transabilidad y tener realmente la capacidad humana para lograr dichas negociaciones, el cual tiene dos vías desde la perspectiva del reglamento de propiedad intelectual: a) El licenciamiento; y b) la creación de un emprendimiento. Por este motivo es necesario a lo interno de la universidad una OTT que brinde los lineamientos de cómo llegar a las empresas y porque no al mismo gobierno si dicha transferencia va dirigida al sector social.

Como lo mencionamos con anterioridad, es la misma conclusión que llega Jonsson & et al (2015), los estudiantes de doctorados y sus tutores son los estándares para la creación de una cultura de investigación, desarrollo e innovación. Ellos deben hacer propia una política de investigación orientada a la generación de postgrados al más alto nivel académico, para ir contribuyendo con los diferentes aspectos de la transferencia de conocimientos, así mismo con la transferencia de conocimiento. El inicio de todo consiste en la creación de espacios de investigación más comprometida en las líneas o ejes prioritarios de investigación que se tendrán para la próxima década dentro de la universidad. La cual, será labor de las nuevas administraciones venideras para la conformación de las OTTs dentro de todos los centros regionales de la UNAH.

Estrategias de articulación de la Universidad para desarrollar el fomento de la innovación y la transferencia tecnológica.

Para poder articular la universidad al desarrollo del fomento de la Innovación y la transferencia tecnológica, es claro que el fortalecimiento de los postgrados y la creación de OTT será una forma clara para lograr una cultura de innovación ejemplar para la región centroamericana y un claro bastión para las demás universidades públicas y privadas de Honduras.

Es importante definir el tipo de modelo de transferencia que se puede gestionar por medio de la OTT. Según Lopez, Mejía & Schmal (2006) existen diferentes cuatro maneras de liderar este problema de la transferencia, los cuales realmente son modelos de transferencia de la tecnologías, los cuales son: a) Modelo Lineal; b) Modelo Dinámico; c) modelo de la Triple Helice; y d) Modelo Cath up.

Estos modelos de transferencia tecnológica buscan la manera más rápida de poder monetizar los desarrollos tecnológicos y conocimientos de la acción de los científicos universitarios. Es considerable cree que el modelo dinámico de Siegel (2004) es mucho más vertiginoso que el mismo modelo lineal basada en la Ley Bayh-Dole, la cual permitía que las universidades pudieran cobrar por la producción de conocimientos generados en los diferentes laboratorios por sus científicos colaboradores. El modelo lineal busca como trasladar el descubrimiento científico liderado por el profesor universitario hasta el licenciamiento de un bien transable, el cual ha sido protegido para su comercialización dentro de una negociación entre el científico, el OTT y la empresa.

En el modelo dinámico se plantea una comercialización o la difusión del conocimiento desde cualquier punto del esquema de protección de la propiedad sea estos medios formales o informales para hacerlos. Esto genera una interacción mucho más rápida para la comercialización. Pero se vuelve en un modelo mucho más costoso por los recursos involucrados para la transferencia. Es necesario tener un sistema de compensaciones, incentivos y programas de capacitación para generar capacidades para la comercialización. Dependiendo de las posibilidades de la Universidad se pueden concretar las patentes y los licenciamientos correspondientes.

Otro modelo importante es visualizar a los miembros de la sociedad hondureña como socios estratégicos para la creación de oportunidades para la implementación de los resultados de investigación, así como lo plantea Rodríguez & Melo (2012) en el modelo de la triple hélice, la industria y el gobierno son los llamados para estimular una sociedad mucho más innovadora dentro de sus límites territoriales, regionales y mundiales. Transando las licencias para el beneficio de los proyectos de país que tenga tanto la empresa privada como el gobierno central.

Finalmente tenemos el modelo Catch up, el cual se basa en la copia y adaptación de conocimiento para asimilar la tecnología y con eso desarrollar un aprendizaje tecnológico mucho más dinámico para poder romper luego con los paradigma de dicha industria.

CONCLUSIONES

La UNAH tiene diversos desafíos dentro de sus próximas políticas de investigación, las cuales deberán contener mucho de las políticas diseñadas para el espacio temporal del 2015-2019. Es necesario hacer uso de todas las herramientas que tiene desde los reglamentos de propiedad de intelectual y que este se encuentre entre lazado con el Reglamento de sistema de Estudios de postgrados, para poder tener la capacidad científica y de esta manera se más productivo en el campo académico de la ciencia, específicamente en la Investigación.

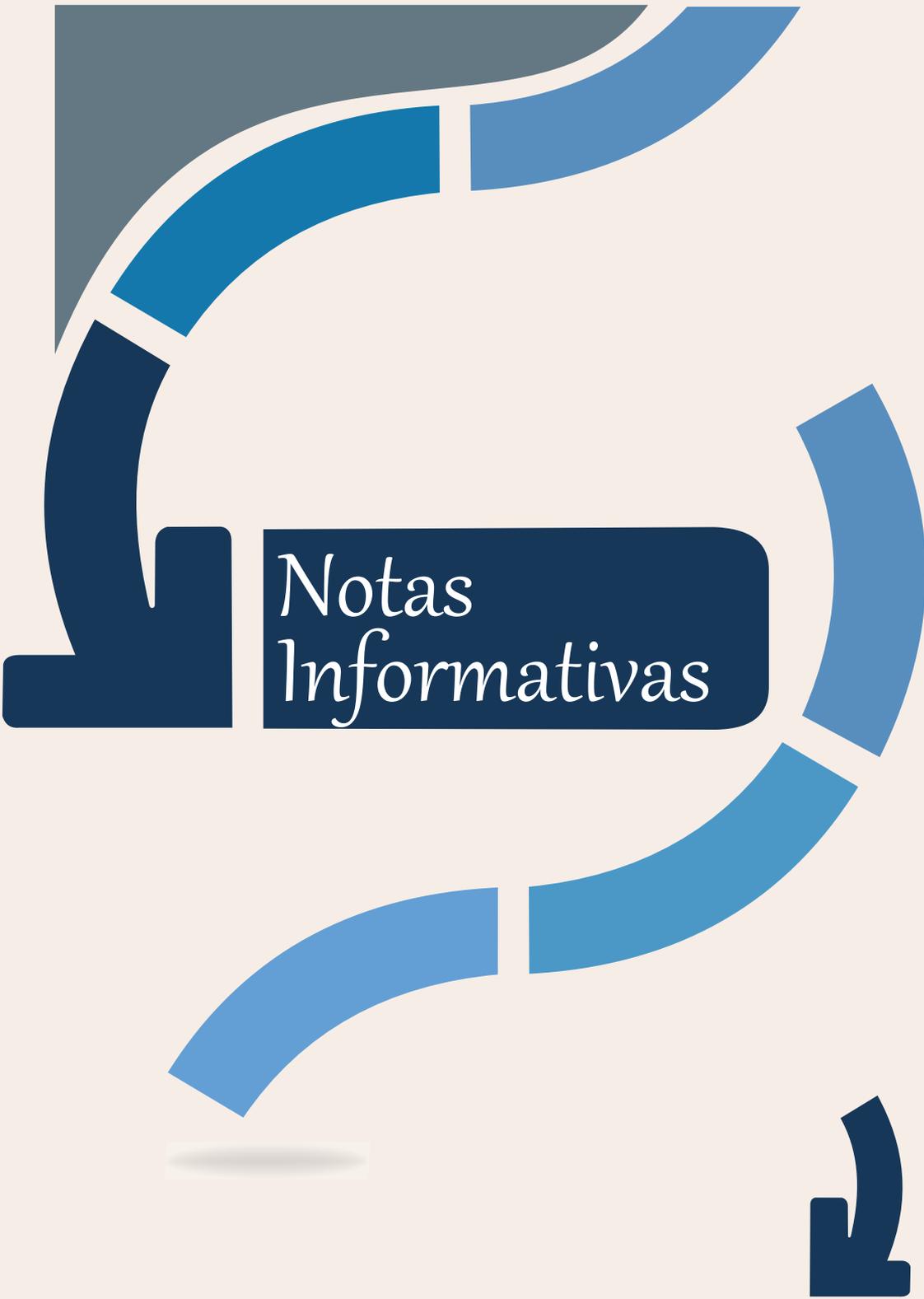
El fortalecimientos de las maestrías y doctorados son los primeros pasos que debe hacer la UNAH, para contribuir al empoderamiento de la cultura de Innovación, donde se pueda tener capital humano suficiente y capaz de incrementar la productividad científica. No obstante, estamos obligados hacer mención que la universidad también necesita, profesores universitarios que tengan como dedicación completa en su área de conocimiento, los cuales tengan metas institucionales para desarrollar la transferencia tecnológica a los sectores que deseen transarlas.

Es oportuno observar en este momento que nos depara en el futuro y como lograremos que la actividad de investigación sea más rentable que los años y décadas pasadas, lo importante es definir un modelo de transferencia tecnológica que tenga el personal más capacitado para generar la comercialización de ciencia que mucho necesita la sociedad hondureña. Es considerable que podamos tener la capacidad de visualizar que la estrategia que tengamos como universidad para la siguiente década se basa en la confianza entre todos los actores de esta actividad, puesto que lo montos de dinero para la generación de productos, servicios o procesos serán muy altos si logramos tener nuestro socios estratégicos enamorados con nosotros.

Es decir, las OTT, los Profesores con sus grupos de investigación y empresas deben garantizar que para esta tercera década del siglo un trabajo en conjunto, dado que las verdaderas soluciones a los problemas de la sociedad hondureña las alcanzaremos hasta que logremos visualizar que la I+D+i es el principal accionante de la prosperidad humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dutta, S. (2017). *The Global Innovation Index 2017*. Intellectual Property.
- Grimpe, C., & Hussinger, K. (2008). *Formal and informal technology transfer from academia to industry: Complementarity effects and innovation performance*. ZEW Discussion Paper No 08-080, (February 2008), 1–30. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1283685>
- Jonsson, L., Baraldi, E., & Larsson, L.-E. (2015). *A broadened innovation support for mutual benefits: Academic engagement by universities as part of technology transfer*. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 14(2), 71–91. https://doi.org/10.1386/tmsd.14.2.71_1
- José, F., & Aguilera, Z. (2016). *10 años de fomento a la investigación científica en la UNAH*, (19), 252–261, *Revista Ciencia y Tecnología*.
- La Gaceta, Periodico oficial de la Republica de Honduras, *Reglamento General del Sistema de Estudios de Postgrado de la UNAH*, Tegucigalpa, Honduras, 6 de mayo del 2008, N°3, 599.
- López, S., Mejía, J. C., & Schmal, R. (2006). *Un acercamiento al concepto de la transferencia de tecnología en las universidades y sus diferentes manifestaciones*. *Panorama Socioeconómico*, (32), 70–81. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39903208>
- Siegel, D.; Waldman, D.; Leanne, A.; Link, A. 2004. *Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners : qualitative evidence from the commercialization of university technologies*. *Research Policy*, 32:27-48.
- Rodrigues, C., & Melo, A. (2012). *The Triple Helix Model as an Instrument of Local Response to the Economic Crisis*. *European Planning Studies*, 20(9), 1483–1496. <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.709063>
- UNAH. (2009). *Modelo Educativo de la UNAH*. Ciudad Universitaria, Honduras: Editorial Universitaria.
- UNAH. (2013) *Innovación*. Ciudad Universitaria, Honduras: Editorial Universitaria
- UNAH. (2014). *Políticas de Investigación científica, desarrollo tecnologico e innovación UNAH 2015-2019*. Ciudad Universitaria, Honduras: Editorial Universitaria
- UNAH. (2016) *Reglamento de Propiedad Intelectual UNAH 2015-2019*. Ciudad Universitaria, Honduras: Editorial Universitaria.



Notas
Informativas

CRITERIOS PARA LA PUBLICACIÓN EN LA REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGIA

A. SOBRE LA ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

La estructura del artículo tendrá la siguiente distribución:

1. *La página del título*: es la primera y debe contener los siguientes elementos:

a. El título:

- 1) Debe escribirse con letra inicial mayúscula.
- 2) Debe ser conciso, pero informativo. Su objetivo es dar a conocer al lector el contenido esencial del artículo. No debe sobrecargarse con información innecesaria.
- 3) Debe ser corto (no exceder de 15 palabras).

b. Los autores:

- 1) El nombre completo de cada uno de los autores debe estar acompañados de su grado académico más alto, institución a la que pertenece y cargo que ocupa.
- 2) El nombre del departamento e institución o instituciones a las que se debe atribuir el trabajo.
- 3) Dirección electrónica y la dirección del autor responsable de la correspondencia.

2. *Resumen y palabras clave* (en español e inglés): es la segunda página y contiene los siguientes elementos:

- a. Incluirá un resumen del contenido del artículo (entre las 150 y 250 palabras).
- b. En él se indicarán los objetivos del estudio, los procedimientos básicos (la selección de los sujetos de estudio o de los animales de laboratorio, los métodos de observación y analíticos), los resultados más destacados (mediante la presentación de datos concretos y, de ser posible, de su significación estadística) y las principales conclusiones. Se hará hincapié en aquellos aspectos del estudio o de las observaciones que resulten más novedosas o de mayor importancia.

- c. Después del resumen, los autores deberán identificar las palabras clave del artículo (de 3 a 10), las cuales sirven para facilitar el indizado del artículo y se publicarán junto con el resumen (en español e inglés).
- d. En el caso del resumen en inglés, este se denominará ABSTRACT, deberá ser una traducción comprensiva y fiel del resumen en español; lo mismo aplica con las palabras clave (keywords). Se espera que su redacción observe las normas ortográficas correctas de la lengua inglesa.

3. Introducción: la finalidad de esta sección es ubicar al lector en el contexto en el que se realiza la investigación, por eso se deben mencionar claramente los siguientes aspectos:

- a. El propósito o finalidad del artículo: es importante que quede claro cuál es la utilidad del producto de la investigación (para qué sirve, a quién le sirve, dónde se puede usar, etc.).
- b. Se debe enunciar de forma resumida la justificación del estudio.
- c. En esta sección del artículo NO se incluirán datos o conclusiones del trabajo.
- d. Los autores deben aclarar qué partes del artículo representan contribuciones propias y cuáles corresponden a aportes de otros investigadores.
- e. Este segmento se puede aprovechar para enunciar los retos que conllevó la realización de la investigación y para explicar brevemente cómo los superaron; pero esto debe ser estrictamente técnico y en ningún caso hacer referencia a dificultades personales o financieras.

4. El contenido o cuerpo del artículo: esta es la parte más importante del artículo, de manera que debe estar escrito con claridad y coherencia, cuidando que se mantenga en todo momento el hilo conductor del discurso, que en este caso será el objetivo de la investigación plasmada en el escrito. Aunque cada investigación tiene sus particularidades en cuanto al planteamiento de sus ideas, se sugiere seguir la siguiente estructura del contenido:

- a. **Método:** en términos generales, es la manera estructurada por medio de la cual logramos obtener conocimiento o información producto de una investigación. Es decir, que el método dice lo que se está estudiando y el tema u objeto de estudio. En términos prácticos, es la manera de buscar solución a un problema. Puede organizarse en las siguientes áreas:
- b. **Diseño:** aquí se describe el diseño del experimento (aleatorio, controlado,

casos y controles, ensayo clínico, prospectivo, etc.). Se indicará con claridad cómo y por qué se realizó el estudio de una manera determinada. Se ha de especificar cuidadosamente el significado de los términos utilizados y detallar de forma exacta cómo se recogieron los datos (por ejemplo, qué expresiones se incluyen en la encuesta). Cuando se trate de artículos de revisión, se ha de incluir una sección en la que se describirán los métodos utilizados para localizar, seleccionar, recoger y sintetizar los datos. Estos métodos se describirán también en el resumen del artículo.

- c. **Población** sobre la que se ha hecho el estudio: describe el marco de la muestra y cómo se ha hecho su selección. Describa con claridad cómo fueron seleccionados los sujetos sometidos a observación o participantes en los experimentos (pacientes o animales de laboratorio, también los controles). Indique la edad, sexo y otras características destacadas de los sujetos. Dado que en las investigaciones la relevancia del empleo de datos con la edad, sexo o raza puede resultar ambiguo, cuando se incluyan en un estudio debería justificarse su utilización.
- d. **Entorno**: indica dónde se ha hecho el estudio (escuela, comunidades, hospitales, campos agrícolas, etc.). Procure caracterizar el lugar o ubicación escogida.
- e. **Intervenciones**: se describen las técnicas, tratamientos (siempre utilizar nombres genéricos), mediciones y unidades, pruebas piloto, aparatos y tecnología, etc. Describa los métodos, aparataje (facilite el nombre del fabricante y su dirección entre paréntesis) y procedimientos empleados con el suficiente grado de detalle para que otros investigadores puedan reproducirlos resultados. Se ofrecerán referencias de los métodos acreditados, entre ellos los estadísticos; se darán referencias y breves descripciones de los métodos, aunque se hallen duplicados o no sean ampliamente conocidos; se describirán los métodos nuevos o sometidos o modificaciones sustanciales, razonando su utilización y evaluando sus limitaciones. Identifique con precisión todos los fármacos y sustancias químicas utilizadas, incluya los nombres genéricos, dosis y vías de administración. En los ensayos clínicos aleatorios se aportará información sobre los principales elementos del estudio, entre ellos el protocolo (población de estudio, intervenciones o exposiciones, resultados y razonamiento del análisis estadístico), la asignación de las intervenciones (métodos de distribución aleatoria, de ocultamiento en la asignación a los grupos de

tratamiento) y el método de enmascaramiento.

Análisis estadístico: señala los métodos estadísticos utilizados y cómo se han analizados los datos. En este aspecto tenga en cuenta lo siguiente:

- a. Describa los métodos estadísticos con el suficiente detalle para permitir que un lector versado en el tema, con acceso a los datos originales, pueda verificar los resultados publicados.
- b. En la medida de lo posible, cuantifique los hallazgos y presente los mismos con los indicadores apropiados de error o de incertidumbre de la medición (como los intervalos de confianza).
- c. Se evitará la dependencia exclusiva de las pruebas estadísticas de verificación de hipótesis, tal como el uso de los valores P, que no aportan ninguna información cuantitativa importante.
- d. Analice los criterios de inclusión de los sujetos experimentales. Proporcione detalles sobre los procesos que se ha seguido en la distribución aleatoria.
- e. Describa los métodos de enmascaramiento utilizados. Haga constar las complicaciones del tratamiento. Especifique el número de observaciones realizadas. Indique las pérdidas de sujetos de observación (como los abandonos en un ensayo clínico).
- f. Siempre que sea posible, las referencias sobre el diseño del estudio y métodos estadísticos deben ser de trabajos vigentes (indicando el número de las páginas).
- g. Especifique cualquier programa de ordenador, de uso común, que se haya empleado.
- h. En la sección de resultados resuma los datos, especifique los métodos estadísticos que se emplearon para analizarlos.
- i. Se restringirá el número de tablas y figuras al mínimo necesario para explicar el tema objeto del trabajo y evaluar los datos en los que se apoya.
- j. Use gráficos como alternativa a las tablas extensas.

Ética: cuando se trate de estudios experimentales en seres humanos, indique qué normas éticas se siguieron. No emplee, sobre todo en las ilustraciones, el nombre, las iniciales o número de historia clínica de los pacientes. Cuando se realicen experimentos con animales, se indicará la normativa utilizada sobre cuidados y usos de animales de laboratorio.

5. Resultados: presente los resultados en prosa, auxiliándose de tablas y gráficos, siguiendo una secuencia lógica. No repita en el texto los datos de las tablas o ilustraciones; destaque o resuma tan solo las observaciones más importantes. Recuerde que las tablas y gráficos deben tener una numeración correlativa y SIEMPRE deben estar referidos en el texto. Los resultados deben ser enunciados claros, concretos y comprensibles para el lector; y por supuesto, se deben desprender del proceso investigativo enmarcado en el artículo.

6. Discusión: haga hincapié en aquellos aspectos nuevos e importantes del estudio y en las conclusiones que se derivan de ellos. No debe repetir, de forma detallada, los datos u otras informaciones ya incluidas en los apartados de introducción y resultados. Explique en este apartado el significado de los resultados, las limitaciones del estudio, así como sus implicaciones en futuras investigaciones. Si es posible se compararán las observaciones realizadas con las de otros estudios pertinentes.

7. Conclusiones: son proposiciones o ideas producto o resultado de la investigación realizada, de modo que se deben relacionar con los objetivos del estudio. Evite afirmaciones poco fundamentadas o subjetivas y conclusiones insuficientemente avaladas por los datos. En particular, los autores deben abstenerse de realizar afirmaciones sobre costos o beneficios económicos, salvo que en su artículo se incluyan datos y análisis económicos. En este apartado podrán incluirse recomendaciones cuando sea oportuno.

8. Agradecimientos: este debe ser un apartado muy breve, en donde se agradece a las personas que han colaborado con la investigación, pero que no cumplan los criterios de autoría. Por ejemplo, se puede dar gracias a los que colaboraron con la ayuda técnica recibida, en la escritura del artículo o en general el apoyo prestado por el jefe del departamento. También se incluirá en los agradecimientos el apoyo financiero y los medios materiales recibidos. Los agradecimientos a Dios y a los familiares pertenecen al ámbito privado, por eso NO tienen cabida en este apartado.

9. Bibliografía: este apartado se construye de acuerdo a las normas internacionales APA. En tal sentido, es necesario diferenciar entre referencias y bibliografía. Así, las referencias incluyen todas las fuentes que sustentan la investigación realizada y que se usaron directamente para la preparación del artículo; en cambio, la bibliografía se refiere a las fuentes que sirven para que el lector profundice en el tema. En conclusión, en este artículo solo se incluirán las referencias. Recuerde que todo autor citado en el transcurso del artículo debe estar correctamente citado en las referen-

cias. A continuación se presentan los lineamientos principales para elaborar las referencias:

- a. Organice las referencias según el orden alfabético, aquí deben aparecer todos los autores citados en el artículo.
- b. Evite citar resúmenes o referencias de originales no publicadas.
- c. Tampoco cite una comunicación personal, salvo cuando en la misma se facilite información esencial que no se halla disponible en fuentes públicamente accesibles; en estos casos se incluirán, entre paréntesis en el texto, el nombre de la persona y la fecha de la comunicación.
- d. En los artículos científicos, los autores que citen una comunicación personal deberán obtener la autorización por escrito.
- e. Las referencias bibliográficas generalmente se conforman de la siguiente manera:

1) Libros: apellidos, nombre. (año). Título. Ciudad: Editorial.

Ejemplo:

Barahona, Marvin. (2009). *Pueblos indígenas, Estado y memoria colectiva en Honduras*. Tegucigalpa: Editorial Guaymuras.

2) Libros de referencia electrónica: apellidos, nombre. (año). Título. Recuperado de <http://www.xxxxxxxxxx.xxx>

Ejemplo:

Pérez Lasala, José Luis y Medina, Graciela. (1992). *Acciones judiciales en el derecho sucesorio*. Recuperado de: <http://biblio.juridicas.unam.mx>

3) Libros electrónicos con digital object identifier (DOI): apellidos, nombre. (año). Título. Doi:

Ejemplo:

Montero, M. y Sonn, C. (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. Doi: 10.1007/978-0-387-85784

4) Capítulo de un libro: apellidos, nombre. (año). Título del capítulo. En apellidos, nombre. Título del libro (páginas). Ciudad: Editorial.

Ejemplo:

Lagos, Sonia y Torres, Corina. (1990). Información botánica de 50 plantas. En Paul, House. *Manual popular de 50 plantas medicinales de Honduras (27-52)*. Tegucigalpa: Editorial Guaymuras.

5) Artículo de una revista o publicación periódica: apellidos, nombre. (fecha). Título del artículo. *Título de la publicación*, volumen, (número), páginas.

Ejemplo:

López Guzmán, Clara. (1 de febrero de 2013). Los contenidos educativos en los contextos digitales, *Revista Digital Universitaria*, 14 (2), 2-3.

6) Tesis: apellidos, nombre. (año). Título. (tesis de xxxx). Nombre de la institución, ciudad.

Ejemplo:

Salazar Muñoz, Yen de Jesús. *Conocimientos del personal de enfermería sobre las medidas de bioseguridad en las técnicas de administración de medicamentos*. (Tesis de licenciatura). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.

7) Para otro de tipo de referencias a las aquí señaladas, se sugiere consultar las normas APA; en internet hay muchas páginas disponibles sobre este tema.

B. RECOMENDACIONES GENERALES PARA PRESENTAR EL ARTÍCULO

1. Todo el artículo debe presentarse a doble espacio, con letra Arial Narrow, tamaño 12.
2. Inicie cada sección o componente del artículo después de donde terminó el anterior.
3. El peso porcentual de sus componentes serán los siguientes:
 - a. Introducción 5-10 %
 - b. Métodos y técnicas 5-10 %
 - c. Análisis o desarrollo del tema 70 % (dividirlo en tres o cuatro capítulos)
 - d. Conclusiones 5-10 %
 - e. Bibliografía 5 %
4. La extensión total del artículo tendrá un máximo de 17 páginas, a doble espacio.
5. Las ilustraciones deben enviarse en formato digital, con la mayor resolución posible y en un formato jpg.

6. Incluya las autorizaciones para la reproducción de material anteriormente publicado, para la utilización de ilustraciones que puedan identificar a personas o para imágenes que tengan derechos de autor. Adjunte la cesión de los derechos de autor y formularios pertinentes.
7. Todo el artículo se imprimirá en papel blanco (tamaño carta), con márgenes de 2 cm a cada lado (superior, inferior, derecho e izquierdo). El papel se imprimirá en una sola cara.
8. Las páginas se numeran consecutivamente comenzando por el título. El número de página se ubicará en el ángulo inferior derecho de cada página.
9. En la copia en soporte electrónico (en CD, memoria o correo electrónico) se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:
 - a. Cerciorarse de que se ha incluido la misma versión del artículo impreso.
 - b. Incluir en el CD, memoria o correo electrónico, solamente última la versión del manuscrito.
10. Sobre las figuras, ilustraciones, tablas y gráficos:
 - a. Se enumeran correlativamente desde la primera a la última. Asígneles un breve título a cada uno, pero no dentro de estos.
 - b. En cada columna figurará un breve encabezamiento.
 - c. Las explicaciones o información adicional se pondrán en notas a pie de página, no en la cabecera de la tabla o gráfico. En estas notas se especificarán las abreviaturas no usuales empleadas en cada tabla o gráfico, para hacerlo se usarán como llamadas los números en voladita.
 - d. Identifique las medidas estadísticas de variación, tales como la desviación estándar, el error estándar de la media. Asegúrese de que cada tabla o gráfico se halle citado en el texto, recuerde que sin esa referencia su presencia en el artículo no tiene validez.
 - e. El formato, letras, números y símbolos usados en las figuras, ilustraciones, tablas y gráficos, serán claros y uniformes en todos los que aparezcan en el artículo.
 - f. Los títulos y las explicaciones detalladas se incluirán en las leyendas de las ilustraciones y no en las mismas ilustraciones.
 - g. Si se emplean fotografías de personas, estas no deben ser identificables; de lo

- contrario, se deberá anexar el permiso por escrito para poder utilizarlas. Las figuras se numerarán consecutivamente según su primera mención en el texto.
- h. Todas las figuras, fotografías e ilustraciones deben tener un pie de imagen que las identifique.
 - i. Las unidades de medida de longitud, talla, peso, volumen y todas las demás, se deben expresar en unidades métricas (metro, kilogramo, litro) o sus múltiplos decimales. Las temperaturas se facilitarán en grados Celsius y las presiones arteriales en milímetros de mercurio. Todos los valores de parámetros hematológicos y bioquímicos se presentarán en unidades del sistema métrico decimal. En resumen, para todos estos elementos se debe tomar como referencia el Sistema Internacional de Unidades.
 - j. En las siglas, abreviaturas y símbolos, use únicamente las normalizadas. Evite las abreviaturas en el título y en el resumen. Cuando en el texto se emplee por primera vez una abreviatura o sigla, esta irá precedida del término completo, salvo si se trata de una unidad de medida común.
 - k. En el caso de gráficos, cuadros y tablas elaboradas en Excel, deberá remitir el archivo correspondiente en formato de Excel.
11. Conserve una copia de todo el material enviado.
12. Es importante destacar que los artículos que aparecen en estas revistas deben tener un soporte científico respaldado por citas dentro del texto, las cuales se usan de la siguiente manera:
- a. Cuando dentro del texto solo se cita al autor, se escribe entre paréntesis el año de publicación de su obra.
Ejemplo:
En el Hospital Escuela, Palma y Tábora (2006) encontraron que las cepas aisladas de *S. aureus* eran en su mayoría de exudados en pacientes hospitalizados y no demostraron resistencia a la vancomicina.
 - b. Cuando en el texto no se cita al autor, se escribe entre paréntesis el apellido del autor y el año de publicación de su obra.
Ejemplo:
Una energía alternativa o más precisamente una fuente de energía alternativa, es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante o fundamentalmente por su posibilidad de renovación (Quiñones Cabello, 2006).
 - c. Si la obra tiene más de dos autores, se citan la primera vez con todos los apelli-

- dos; pero en las subsiguientes, solo se escribe el apellido del primer autor, seguido de la frase et al.
- d. Si la obra tiene más de seis autores, se escribe el apellido del primer autor y se usa la frase et al desde la primera vez.
- e. No se debe olvidar que todo autor citado dentro del texto, debe aparecer en las referencias con todos sus datos bibliográficos.



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



ISBN: 978-99979-803-0-4



Dirección de Investigación Científica y Posgrado
Edificio Alma Mater, quinto piso, Ciudad Universitaria
Tel. 2216-7000 / 2216-6100 Ext. 110316 , 110318

www.dicyp.unah.edu.hn