

Portal de la Ciencia



UNAH
DIRECCIÓN DE
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Revista de Estudiantes - Investigadores de Grado y Postgrado de la UNAH

Publicación bianual de la Dirección de Investigación Científica,
Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)

No. 1, noviembre 2011

ISSN: 2223-3059



**La importancia de las publicaciones
científicas para los estudiantes universitarios**

Portal de la Ciencia

Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Dirección de Investigación Científica

No. 1, noviembre 2011
ISSN: 2223-3059

Fotografía: Marco Serrano

Rectora

Julieta Castellanos

Vicerrectora Académica

Rutilia Calderón

Directora de Investigación Científica

Leticia Salomón

Dirección Conjunta

Leticia Salomón

Isabel Sandoval Salinas

Edwin Medina López

Consejo Editorial

Claudia Torres Laitano

Gustavo Cruz Díaz

Gustavo Moncada Paz

Juan Ramón Duran

Lourdes Enríquez

Manuel Rodríguez

María Ponce Mendoza

Miguel Figueroa Rivera

Roberto Ávalos Lingan

Edición, arte y diagramación

*Departamento de Documentación
e Información*

Comité de Apoyo

César Urbizo Vivas

Darío Cáliz Alvarado

Dennis Rivera López

Edna Maradiaga Martínez

Fredy Vides Romero

Gloria Castro Alvarado

Héctor Leiva Carías

Iris Ardovini

Ivelice Castillo Rosales

Klaus Weis Wiese

Lelany Pineda García

René Centeno San Martín

La Dirección de Investigación Científica

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 F1, 3er. piso, cubículo 301

Tel: (504) 2231-0678

Isabel Sandoval
investigacionunah.informacion.is@gmail.com

Karol Herrera
investigacionunah.informacion.kh@gmail.com

www.unah.edu.hn

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

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

La importancia de las publicaciones científicas para los estudiantes universitarios <i>Lelany Pineda</i>	3
---	---

Diálogo Abierto

Entrevista a <i>América Alvarado</i> "Importancia de la investigación y publicación de artículos científicos por y para los estudiantes de la UNAH"	9
--	---

Diversidad Temática

Detección molecular de astrovirus humanos en niños menores de cinco años con diarrea aguda en Tegucigalpa, Honduras <i>Jafet Ortiz, Annabelle Ferrera</i>	17
--	----

Inmunobiología de <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Carmen Galo, Ana Sánchez, Gustavo Fontecha</i>	27
--	----

Hidrógeno y plasma: Fuente de energía en motores de última generación <i>César Mauricio Urbizo Vivas, Filiberto Rodríguez</i>	41
--	----

Generación de energía eléctrica por medio de biogás utilizando celdas de combustible implementado en el basurero municipal de Tegucigalpa <i>Rudis Salinas, Raúl Velásquez, Francisco Narváez, Dennis Rivera</i>	49
---	----

Identificación de zonas seguras para el crecimiento urbano de Tegucigalpa desde una perspectiva de manejo de cuencas hidrográficas <i>Dennis Ernesto Funes Escobar, Rodolfo Ochoa Álvarez</i>	63
--	----

Grupos matriciales unitarios de Schrödinger en representaciones particulares de sistemas dinámicos cuánticos finito dimensionales <i>Fredy Vides, Terry Loring, Stanly Steinberg</i>	81
---	----

Relación entre patrón de sueño y ansiedad estado-rasgo en estudiantes de Psicología General de la U.N.A.H. <i>Marcio Castillo, Ángel Meza, Lili Núñez, Ivette C. Rivera</i>	101
--	-----

Desarrollo de identidad femenina y cultural, en la poesía de Xiomara Cacho <i>Carlos Adalid Aguilar Morales, Claudia Torres</i>	110
--	-----

Metodología: Enfoque Accional y SGAV, sus influencias en el aprendizaje de una lengua extranjera <i>Katia L. Barahona, Angélica S. Coello, Alberto Aguiluz, Patricia García</i>	119
--	-----

Notas Informativas

Otros anuncios	129
----------------	-----

Criterios para la publicación en la revista Portal de la Ciencia	132
--	-----



Tema
Central

La importancia de las publicaciones científicas para los estudiantes universitarios

"Si no conozco una cosa, la investigaré."
Louis Pasteur (1822-1895)

Lelany Pineda-García*

La Universidad Nacional Autónoma de Honduras ha demostrado cambios sustanciales a partir de una nueva perspectiva conceptualizada en la IV Reforma Universitaria, ofreciendo una nueva oportunidad en la Educación Superior en Honduras. Estas nuevas oportunidades enfatizan que la investigación científica es clave en la solución de los severos problemas que el país enfrenta para ofrecer soluciones realísticas aplicables. Este proceso implica, entonces, una transformación de una Universidad de Enseñanza Tradicionalista a una Universidad de Investigación.

A lo largo de la historia de las Universidades se ha observado el espíritu de investigación como parte esencial de las mismas, y no se puede entender de otra manera, por lo que los currículos deben de incorporar la investigación como parte del quehacer académico. Esa fusión entre investigación y educación conlleva a la formación de un espíritu científico en los estudiantes universitarios de pregrado y postgrado que al final, ya como profesionales, serán las personas que tomen las decisiones en el país; y nosotros, como docentes, debemos asegurarnos que ellos estén formados para que tomen las mejores decisiones para todos.

De alguna manera la UNAH tiene excelentes oportunidades de investigación, entre ellas problemas sociales, comunitarios, de salud, estructurales, entre otros; estos problemas permiten la integración de aplicaciones de la vida real en actividades educacionales. Una razón es que Honduras tiene muchos problemas sin resolver que requieren soluciones, y esto motiva a los estudiantes; otra razón es que muchos estudiantes tienen trabajo y consideran los estudios en la Universidad como un entrenamiento profundo y explicativo de su quehacer ocupacional. Estos factores podrían ser, para ellos y los profesores, pertinentes para focalizarse en la vida real. Por otra parte, las actividades de investigación son difíciles en algunos campos, debido al número limitado de investigadores. Sin embargo, aun cuando no haya

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Facultad de Ciencias. Escuela de Microbiología

investigaciones con grandes fortalezas, puede ser posible para los estudiantes experimentar su propia habilidad para crear conocimiento científico relevante en proyectos de investigación pequeños. La mejor experiencia es aquella proveniente de los estudiantes de investigación incorporados a proyectos de investigación sólidos. Durante la formación académica los estudiantes de pre y postgrado han escrito una diversidad de temas que representan nuevas ideas, conocimientos y opiniones. Aun más, en algunos casos, los estudiantes se encuentran en una necesidad de ampliar sus horizontes, sobre todo cuando hay una posibilidad de explorar una idea, de probar un criterio o de resolver un problema con argumentos sólidos; entonces se ven en la necesidad de investigar, de usar nuevos materiales y definir líneas temáticas. Los resultados de dicho proceso se presentan en una tesis, monografía, informe, o un artículo científico como requisito de graduación de grado en las Universidades. Independientemente del estudio que sea, estas investigaciones presentan la estructura y las conclusiones del proceso de indagación y búsqueda de nuevos conocimientos.

A pesar que existe una claridad de estructuración o metodología del cómo hacer ciencia, el estudiante universitario, llámese investigador, se enfrenta con el problema de cómo escribir sus resultados, pues no es una tarea fácil, aún cuando estamos en un mundo que gira en una especie de perfeccionamiento del vocabulario científico y surgen palabras muy complejas, como manifestación de éstos cambios.

¿Y por qué escribir y publicar? La diseminación de la investigación es una actividad crucial, no sólo porque eleva la calidad de la investigación y localiza contrapartes en cualquier lugar, sino que permite que la investigación sea útil en un campo de acción determinada. Es evidente que dentro del marco de nuestras Universidades realizar una investigación implica no sólo un requisito o un esfuerzo personal, también supone un debate del nuevo conocimiento, lo que conlleva a la divulgación de los resultados a través de un artículo científico, considerado como un elemento nuclear en el terreno académico y de expresión de reconocimiento. Algunas motivaciones que conllevan en la elaboración de las publicaciones en revistas académicas de alto prestigio incluyen:

- I. Intercambio de resultados de investigación y colaboración internacional. Esta es realmente la forma como los nuevos investigadores son aceptados en un área del conocimiento específico.
- II. Para el currículum del investigador en busca de trabajo: es su principal carta de presentación.
- III. Para establecer una carrera académica. A los hombres de ciencia se les conoce

(o no se les conoce) por sus publicaciones. La diseminación de la información puede ser a través de revistas científicas nacionales o internacionales (peer review journals).

El trabajo científico, si no es publicado, no se conoce. Un experimento, o un trabajo científico, puede abordar temas de mucha prioridad cuyos resultados pueden ser espectaculares, pero no termina hasta que se publica, porque dichos resultados deben verificarse y porque no sólo basta hacer ciencia, sino que se debe escribir ciencia. Traducir en palabras todo el trabajo de investigación en un artículo científico permite abrir un portal de lectura, discusión y conocimiento en vez de quedar en páginas olvidadas en un estante sin ningún valor productivo.

Ante esta realidad, los estudiantes deben de tener una clara intención comunicativa propiciando conversaciones, iniciar un debate, o abrir una discusión para luego inducir una necesidad de escribir como una competencia a desarrollar. Entonces, ¿Cómo nos acercamos a esa práctica, o qué elementos metodológicos y técnicos podemos asimilar para un buen desempeño para escribir y publicar? Veamos algunos de ellos:

- I. *Imitación*: Una buena práctica de aprender a escribir es leer a los escritores famosos para imitar sus virtudes técnicas o su léxico. En otras palabras, si queremos escribir, debemos aprender a leer y analizar.
- II. *Conversación*: Escuchamos y participamos en una discusión verbal discriminando lo relevante de lo irrelevante.
- III. *Experiencia fortuita o por casualidad*: por un impulso empezamos a escribir.
- IV. *Proceso de composición*: se empieza a redactar de forma coherente las ideas en fases sucesivas
- V. *Retórica*: ser capaz de seguir un modelo complejo y equilibrado siguiendo lineamientos exigentes.
- VI. *Epistémica*: la capacidad de componer en forma ordenada las ideas o hechos.

Estos elementos metodológicos son complementarios, pero para aprender a escribir se debe hacer escribiendo, por lo que la práctica se torna indispensable.

El artículo científico se redacta con mucha paciencia, constancia, terquedad para no rendirse y para lograr un resultado de calidad. Previo a escribir el artículo científico el investigador debe conocer cuál es su estructura y cuáles sus partes para adecuar la información de forma ordenada, tal cual lo requiere la revista científica.

Las oportunidades son grandes. Actualmente la UNAH, a través de las diferentes

Unidades Académicas y de la Dirección de Investigación Científica, ofrece la plataforma de lanzamiento traducido en revistas científicas para todos aquellos estudiantes de pre y postgrado que deseen comunicar los resultados de sus investigaciones, ideas y debates de una manera clara, concisa y fidedigna. Escribir un artículo científico no significa tener dones especiales, requiere de destrezas y habilidades creativas que puede aprender cualquier investigador, y así hacer el salto de reconocimiento en donde sus trabajos podrán ser conocidos a nivel nacional e internacional y contribuir al desarrollo científico de nuestra Alma Mater en particular y de Honduras en general.



**Diálogo
Abierto**

Importancia de la investigación y publicación de artículos científicos por y para los estudiantes de la UNAH

PORTAL DE LA CIENCIA (PC) Entrevista a la Doctora en Cirugía Dental con Especialidad en Odontopediatria, América Alvarado, egresada de la Especialidad en Diseño Gestión y Evaluación Curricular, catedrática de la Facultad de Odontología, Vicerrectora de Orientación y Asuntos Estudiantiles, participó como representante ante la Comisión Técnica del Sistema de Evaluación y Armonización de la Educación Superior, Centroamericana.

CP/ ¿A su criterio, qué condiciones debe brindar la UNAH para que los estudiantes incursionen en la publicación de artículos científicos?

AA/ Para que en la UNAH se publiquen artículos científicos es necesario considerar la investigación como un eje transversal en el proceso de formación, eso implica que los docentes conozcan, fomenten y realicen actividades ligadas con el proceso de investigación en el aula, desde los aspectos más simples como redacción de ensayos hasta llegar a la búsqueda de soluciones a problemas del entorno, en compañía de sus estudiantes e invitarlos a dar a conocer sus resultados al público ya sea en murales, boletines, seminarios estudiantiles hasta poder llegar a revistas científicas nacionales e internacionales. En conclusión, ésta es una tarea que se realiza en forma conjunta docentes y estudiantes.

CP/ ¿Qué acciones deberá implementar la institución para transversalizar el eje de investigación en el proceso de formación en el nivel de grado?

AA/ En primer lugar debemos incentivar a los docentes ya capacitados en metodología de la investigación por la DICU y continuar capacitando a más docentes en esta función esencial de la UNAH a incorporar sus conocimientos y experiencias al respecto en las actividades de aula, cualquiera sea la disciplina que él o ella comparta con sus estudiantes. También capacitarlos en metodologías de enseñanza participativas, para que desde los primeros años ambos estudiantes y profesores vayan incursionando en las diferentes etapas del método científico de acuerdo al nivel de profundidad o de avance en el pensum de cada carrera.

CP/ ¿Cuáles pueden ser las actividades académicas que pueden contribuir a la transversalización del eje de investigación en la UNAH?

AA/ La más importante es Incluir en el pensum de cada carrera contenidos y actividades de enseñanza y de aprendizaje que desarrollen esta competencia, teniendo el cuidado de que sea evidente en cada uno de los años de la misma y que tengan relación y coherencia entre ellas. Este implica actividades tales como lectura dirigida de artículos científicos, elaboración de fichas bibliográficas, redacción de resúmenes y ensayos, análisis de información, identificación y selección de problemas de su entorno, propuestas de hipótesis, elaboración de instrumentos, análisis estadísticos simples, elaborar conclusiones y realizar trabajos en equipos, ya que a investigar se aprende investigando.

CP/ ¿A su criterio qué actividades de aprendizaje se deben programar para estimular la investigación entre los estudiantes del nivel de licenciatura en las diferentes carreras que oferta la UNAH?

AA/ Considero que es importante definir y planificar diferentes actividades, entre ellas:

- Cada facultad debe definir sus líneas de investigación, para ello debe considerar la opinión de algunos estudiantes para incluir temáticas de la vida universitaria que ellos necesitan resolver y despertar el interés de los estudiantes de participar en el proceso de investigación: la participación debe hacerse según el nivel de avance en la carrera.
- Es importante que los procesos de investigación estén interrelacionados para garantizar que éstos continúen desarrollándose tomando en cuenta lo que el equipo anterior ha realizado.
- Organizar equipos de investigación estudiantil: puede ser mediante asociaciones estudiantiles de investigación o círculos de investigadores estudiantiles.
- Concursos de redacción de ensayos sobre temas que sean de interés para los estudiantes, los cuales deben ser evaluados por pares estudiantiles siguiendo criterios de evaluación previamente establecidos. Esto permitirá que aprendan sobre temas diversos. El docente actúa como facilitador
- Organizar seminarios con participación activa de estudiantes en su planificación y ejecución, así como en la difusión y promoción de estos eventos.



- Promocionar la publicación de boletines, murales y trífolios que den a conocer la temática investigada por los estudiantes.
- Establecer redes de investigadores estudiantiles

CP/ ¿Qué implica definir líneas de investigación por facultad?

AA/ Este se refiere a que de acuerdo a la ciencia que se desarrolla, las necesidades de la sociedad en cuanto a esa ciencia, las capacidades con que se cuentan, lo que establece el plan de nación sobre ese campo, se planteen varios problemas que requieran ser investigados, se prioricen y se le busque alternativas de solución viables y factibles: para ello se deben plantear varias actividades en las diferentes etapas del proceso de investigación. Algunos estudios pueden ser descriptivos, otros exploratorios o explicativos, pero lo importante es que exista interrelación entre lo que van haciendo varios equipos de investigación y poder llegar a contribuir a dar una respuesta a un problema social.

CP/ ¿Es viable realizar estas actividades en la UNAH?

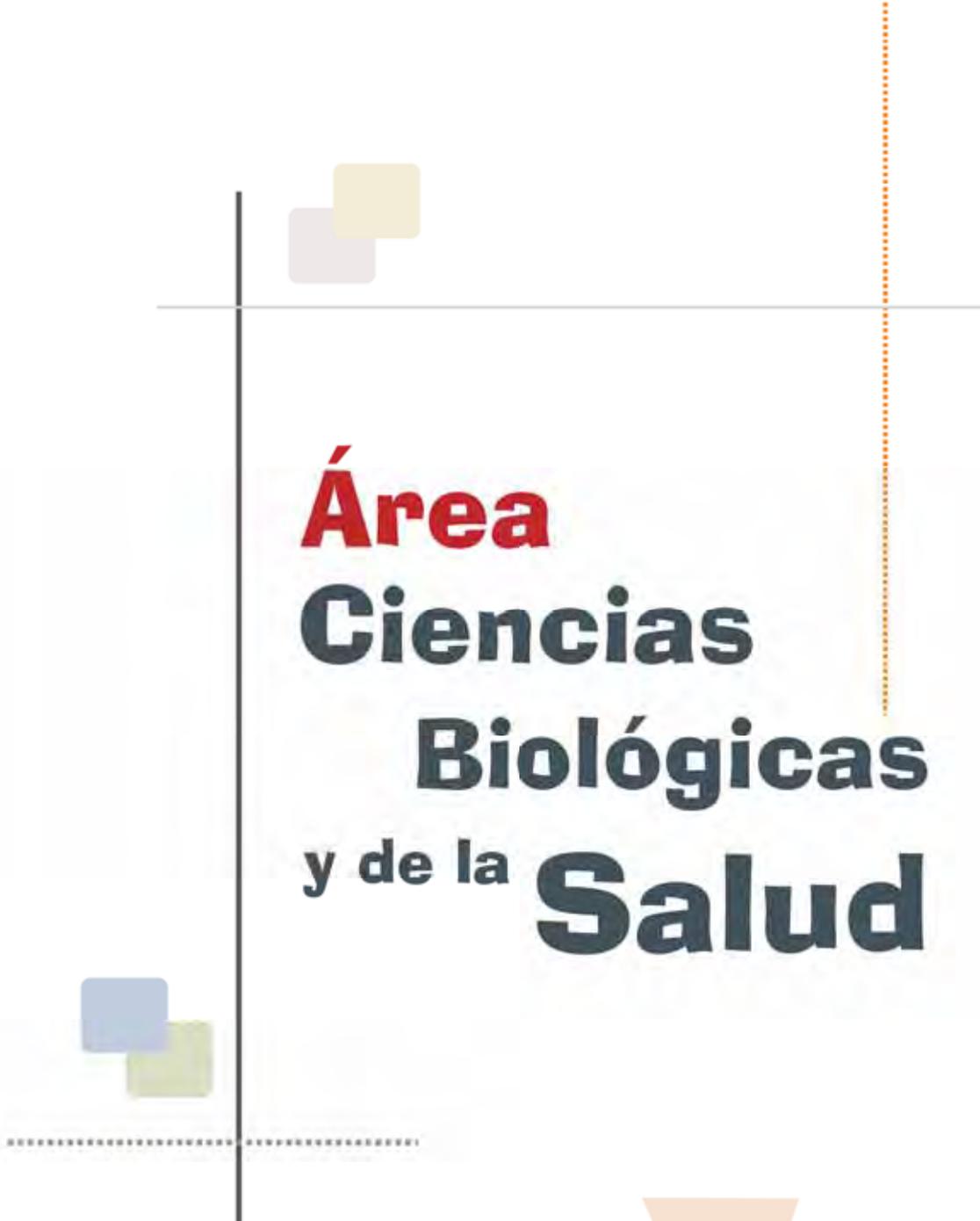
AA/ Claro que es viable, requiere en primer lugar de un gran compromiso del docente en capacitarse para poder formar profesionales que puedan dar respuesta a las necesidades de la sociedad. Al estudiante se le debe dar la oportunidad de desarrollarse, de ser creativo, de analizar y ser un profesional crítico que piensa, razona y que busca respuestas.

CP/ ¿Qué actividades promueve la VOAE para estimular la participación estudiantil en la investigación y la publicación de artículos científicos en cada una de sus facultades?

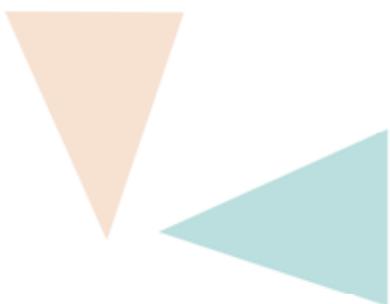
AA/ Hasta el momento la VOAE ha creado la Beca de Apoyo a la Investigación, como parte del Programa de Estudios Socioeconómicos, Becas y Estímulos Educativos con un monto de L. 2000.00 mensuales durante un año. Para ello es requisito presentar un proyecto de investigación avalado por un docente-investigador de su facultad, adquiriendo el compromiso de presentar en el transcurso del año avances del proyecto y el informe final de la investigación.



Diversidad
Temática



Área
Ciencias
Biológicas
y de la **Salud**



Detección molecular de astrovirus humanos en niños menores de cinco años con diarrea aguda en Tegucigalpa, Honduras

Jafet Ortiz^{*}, Annabelle Ferrera^{**}

RESUMEN

Introducción

Los astrovirus humanos son reconocidos como una causa común de diarrea infantil a nivel mundial. El objetivo del presente estudio fue determinar la frecuencia de infección por astrovirus humanos y sus características epidemiológicas en niños menores de cinco años con diarrea aguda en Tegucigalpa, Honduras.

Metodología

Entre octubre 2010 y julio 2011 se recolectó un total de 100 muestras fecales de niños menores de cinco años con diarrea aguda en dos hospitales y un centro de salud en Tegucigalpa, Honduras. Las muestras fueron tamizadas para astrovirus humanos con un ensayo inmunoenzimático. Las muestras positivas y un 10% de las muestras negativas por ELISA fueron confirmadas por RT-PCR.

Resultados

El 5% de las muestras fueron positivas para astrovirus humanos tanto en el ensayo inmunoenzimático como en el RT-PCR; no se detectaron infecciones mixtas con rotavirus. El 80% de las infecciones por astrovirus humanos se detectaron en niños menores de dos años de edad. Los síntomas más comunes observados en los pacientes positivos por astrovirus humanos fueron diarrea, vómitos y fiebre. No se observó un patrón de estacionalidad.

Conclusión

Por primera vez se ha demostrado molecularmente que astrovirus humanos es un agente causal de diarrea aguda en niños menores de cinco años en Tegucigalpa,

^{*} Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias. Escuela de Microbiología. Estudiante Maestría en Enfermedades Infecciosas y Zoonóticas.

^{**} Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias. Escuela de Microbiología. Laboratorio de Biología Molecular. Asesora. f_annabelle@hotmail.com.

Honduras, y a pesar de ser menos frecuente que rotavirus, necesita investigarse más extensamente en la población infantil.

Palabras claves: *Diarrea aguda, diarrea viral, astrovirus, Honduras.*

ABSTRACT

Introduction

Human astroviruses are recognized as a common cause of childhood diarrhea worldwide. The aim of this study was to determine the frequency of human astrovirus infection and its epidemiological characteristics in children up to five years old with acute diarrhea in Tegucigalpa, Honduras.

Methodology

From October 2010 to July 2011 a total of 100 fecal samples were collected from children under five years of age with acute diarrhea from two hospitals and one health center in Tegucigalpa, Honduras. The samples were screened for human astrovirus by an immunoenzymatic assay. Positive samples and 10% of ELISA negative samples were confirmed by RT-PCR.

Results

Five percent (5%) of the samples were positive for human astrovirus by both the immunoenzymatic assay and RT-PCR. Mixed infections with rotavirus were not detected. Eighty percent (80%) of the infections were detected in children less than two years of age. The symptoms most commonly observed in children positive for human astroviruses were diarrhea, vomiting and fever. No seasonal pattern was observed.

Conclusion

For the first time it was demonstrated by molecular methods that human astrovirus is a causative agent of acute diarrhea in children under five years of age in Tegucigalpa, Honduras, and despite being less common than rotavirus infection, more extensive studies are needed in infantile population.

Key words: *Acute diarrhea, viral diarrhea, astrovirus, Honduras.*

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades diarreicas representan un problema muy grande de salud pública; en la actualidad continúan siendo las primeras causas de morbilidad a nivel mundial y una de las principales causas de mortalidad en países en desarrollo (1,2). Las diarreas de origen infeccioso pueden ser causadas por una gran variedad de bacterias, parásitos y virus. Los principales virus asociados con diarrea incluyen rotavirus, calicivirus, adenovirus y astrovirus (3). La importancia de rotavirus como agente causal de gastroenteritis ha sido bien establecida en el país(4-6); sin embargo, se conoce muy poco sobre la importancia de otros agentes virales en la etiología de la diarrea aguda.

Los astrovirus humanos (HAstV) son una de las causas más comunes de gastroenteritis infantil aguda a nivel mundial, y fueron descritos por primera vez como causa de gastroenteritis en humanos en 1975 (7,8). El término astrovirus hace mención a un grupo de virus pertenecientes a la familia *Astroviridae* (9). Esta familia se divide en dos géneros: *Mamastrovirus*, que incluye los astrovirus humanos y animales, y *Avastrovirus*, que incluye los astrovirus aviarios (10,11). Los astrovirus son virus pequeños (28-30 nm de diámetro), no envueltos y con simetría icosaédrica (8). Poseen un genoma de ácido ribonucleico (ARN) de cadena sencilla en sentido positivo, poliadenilado de aproximadamente 6.8 kilobases (kb) (9,12,13). El genoma de los astrovirus está organizado en tres marcos abiertos de lectura (ORFs), denominados como ORF1a, ORF1b y ORF2; también poseen regiones no traducibles (NTRs) en los extremos 5' y 3' que varían en longitud según el serotipo (13,14). ORF1a codifica una serina proteasa, ORF1b codifica una ARN polimerasa dependiente de ARN, y ORF2 codifica una proteína precursora de la cápside (14). Los astrovirus humanos han sido clasificados en ocho 8 serotipos (HAstV1-HAstV8) todos ellos se han asociado con gastroenteritis. El serotipo HAstV-1 ha demostrado ser el más prevalente (15-18), mientras que los serotipos HAstV7 y HAstV8 se consideran raros (19).

Los astrovirus humanos tienen una distribución mundial, afectan principalmente a niños menores de dos años, ancianos e individuos inmunocomprometidos (20). Diferentes estudios realizados a nivel mundial reportan prevalencias entre 2-17% (15, 17-19, 21-23). Los astrovirus se transmiten mediante la ruta fecal-oral, pueden causar gastroenteritis en una variedad de especies de mamíferos y aves incluyendo: humanos, terneros, lechones, ovejas, perros, gatos, visones, ratones, pollos, patos y pavos (24). A pesar de ser un patógeno endémico, astrovirus puede causar brotes epidémicos especialmente en guarderías, escuelas, centros geriátricos y en hospitales (16). La enfermedad ocasionada por astrovirus se

caracteriza por dolor abdominal, diarrea acuosa, vómitos, náuseas, fiebre, anorexia y malestar general. Son comunes las infecciones asintomáticas. En personas inmunocompetentes la enfermedad suele ser autolimitada y dura entre 2-4 días (20). A pesar de que la epidemiología de astrovirus humanos ha sido descrita en varias regiones geográficas, incluyendo países latinoamericanos como México, Colombia, Argentina y Brasil, Honduras no cuenta con información relacionada con la prevalencia ni genotipos circulantes de astrovirus humanos. El objetivo de este estudio es determinar por primera vez la frecuencia de infección por astrovirus humanos y sus características epidemiológicas en niños menores de cinco años con diarrea aguda en Tegucigalpa, Honduras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población de estudio y recolección de las muestras fecales

Entre octubre 2010 y julio 2011, se recolectó un total de 100 muestras de heces de niños menores de cinco años que acudieron con sus padres en busca de atención médica por diarrea aguda al Hospital de Especialidades del Instituto Hondureño de Seguridad Social (IHSS), Emergencia de Pediatría del Hospital Materno Infantil y al Centro de Salud Alonso Suazo en Tegucigalpa, Honduras. Por cada niño se obtuvo consentimiento informado por escrito de sus padres y se aplicó un cuestionario para obtener información relacionada a datos clínicos y epidemiológicos.

La presente investigación fue un estudio de tipo prospectivo de corte transversal y es parte de un estudio más amplio que pretende determinar algunos de los principales agentes etiológicos causantes de cuadros diarreicos agudos en niños menores de cinco años en Tegucigalpa y contó con la aprobación del Comité de Ética de Investigación del IHSS.

Detección de astrovirus humanos

La totalidad de las muestras fueron tamizadas para astrovirus humanos mediante un ensayo inmunoenzimático (Ridascreen Astrovirus, R-Biopharm), de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Preparación de suspensiones fecales y extracción del genoma viral

Se prepararon suspensiones fecales al 10% en tampón Tris-HCl 0.01 M con 0.0015 M de CaCl₂, pH 7.2, clarificadas por centrifugación y almacenadas a -20 °C hasta su uso. El genoma viral fue extraído a partir de 140 µL de suspensión fecal utilizando

un método comercial (QIAamp viral RNA Mini, Qiagen) de acuerdo a las instrucciones del fabricante. En este método, la muestra se mezcla con un portador de ARN y un tampón de lisis; las condiciones de lisado permiten que el ARN viral sea adsorbido en una membrana de sílica gel durante los pasos de centrifugación. Después de realizar lavados con diferentes tampones, el ARN es recuperado en un tampón que contiene inhibidores de ribonucleasas.

Reacción en cadena de la polimerasa por transcripción reversa (RT-PCR)

La síntesis del ADN complementario (ADNc) se realizó con un método comercial (GoScript Reverse Transcription System, Promega, Madison, WI) en un volumen de reacción de 20 μ l, se utilizó: 1X de tampón de reacción, 1 μ l de iniciador aleatorio, 2.5 mM de cloruro de magnesio, 0.5 mM de desoxinucleótidos, 20 unidades de RNasin, 1 μ l de transcriptasa reversa (M-MLV RT) y 3 μ l de ARN viral como template de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

En la PCR se utilizaron los iniciadores Mon269 y Mon270 para amplificar un fragmento de 449 pares de bases (pb) correspondiente a una región del ORF2 (Figura 1). La mezcla consistió de 10 μ l de ADNc en un volumen final de 25 μ l de la mezcla de reacción. Las concentraciones finales fueron: 1X tampón para PCR (GoTaq Flexi Buffer, Promega), 0.2 mM de desoxinucleótidos, 0.8 μ M de cada iniciador, 2 mM de cloruro de magnesio y 1.5 unidades de ADN polimerasa (GoTaq Flexi DNA Polymerase, Promega). Se utilizaron las condiciones de amplificación descritas por Noel et al (25). Los productos de la PCR fueron analizados por electroforesis en geles de agarosa al 1.5% con tinción con bromuro de elidio (Figura 1).

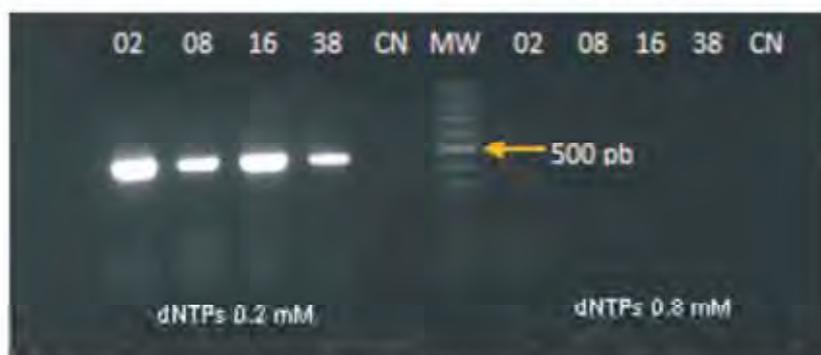


Figura 1. Estandarización de la RT-PCR para astrovirus humanos. Se utilizaron dos diferentes concentraciones de la mezcla de desoxinucleótidos (0.2 mM y 0.8 mM), se analizaron por electroforesis en gel de agarosa 1.5% y tinción con bromuro de elidio. La detección de un fragmento de 449 pares de bases es considerado positivo para astrovirus humanos. Carriles 02 – 38: corresponde a muestras positivas para astrovirus humanos por ensayo inmunoenzimático, CN: control negativo y MW: marcador de peso molecular de 100 pares de bases (pb).

RESULTADOS

Se recolectaron y analizaron un total de 100 muestras fecales de niños menores de cinco años con diarrea aguda. Los astrovirus humanos fueron detectados a lo largo de los 10 meses de estudio; no se observó ningún patrón de estacionalidad. En el 5% de las muestras se detectó astrovirus humanos con el ensayo inmunoenzimático y con la RT-PCR. Para dar soporte a los resultados obtenidos, se tomó un 10% de las muestras negativas en el ensayo inmunoenzimático y se analizaron por RT-PCR, se obtuvo un 100% de correlación en las muestras analizadas por ambas técnicas. No se detectaron infecciones mixtas con rotavirus.

Las edades de los niños infectados con astrovirus humanos oscilaron entre los 9 y 36 meses, con el 80% de los casos en niños menores de dos años (Figura 2). Un 40% eran niños y un 60% eran niñas.

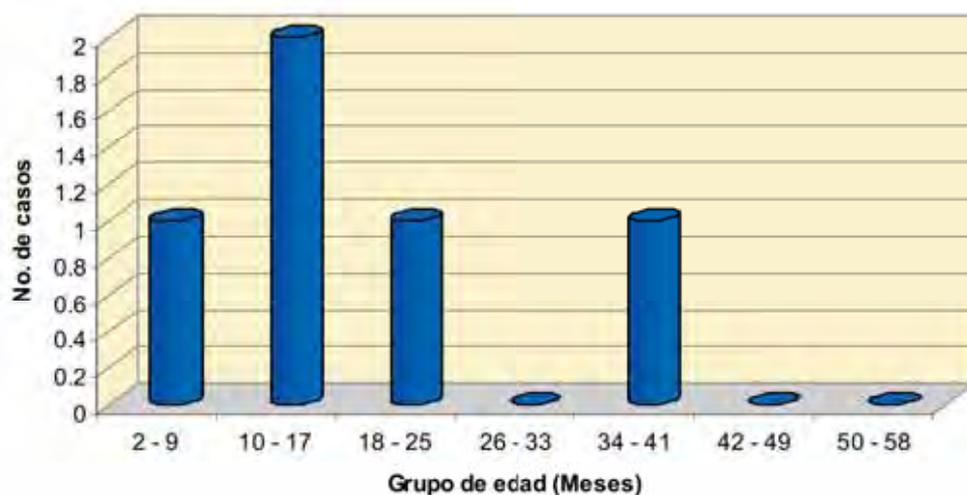


Figura 2. Distribución por grupo de edad de las infecciones por astrovirus humanos en Tegucigalpa, Honduras, durante octubre 2010 a julio 2011.

Las muestras de los casos positivos por astrovirus fueron recolectadas entre el segundo y séptimo día de iniciados los síntomas y en promedio presentaron 7 evacuaciones al día; las muestras eran líquidas o semilíquidas y no se observó sangre en heces. Los síntomas más comunes fueron diarrea (100%), vómitos (80%) y fiebre (60%). De los casos positivos por astrovirus humanos, un caso (20%) fue hospitalizado por deshidratación.

DISCUSIÓN

De acuerdo con nuestro conocimiento, este estudio es el primero en evaluar la presencia de astrovirus mediante métodos moleculares en niños menores de cinco años en Honduras. Debido a la importancia y alta prevalencia de rotavirus, Honduras estableció en el 2005 un programa de vigilancia centinela de gastroenteritis virales; sin embargo, solo monitorea las infecciones por rotavirus. Los resultados del estudio sugieren la necesidad de investigar y vigilar otros virus entéricos como astrovirus humanos.

Acorde a nuestros resultados, la frecuencia obtenida de astrovirus humanos (5%) es comparable a la reportada en otros países latinoamericanos (15,17,23); sin embargo, según la literatura estas frecuencias pueden oscilar de acuerdo a la región geográfica y la época del año en que se realice la detección (18). Diversos estudios establecen que es frecuente la asociación de astrovirus con otros enteropatógenos, principalmente otros agentes virales como rotavirus (15,18); sin embargo, nuestro estudio no reveló infecciones mixtas. En este estudio, astrovirus humanos fueron detectados en niños entre los 9-36 meses de edad, el 80% de ellos menores de dos años, lo anterior coincide con reportes que establecen que la prevalencia de astrovirus está relacionada con la edad (18,20,26). Los bajos niveles de frecuencia en niños mayores a los dos años se puede atribuir posiblemente a la adquisición de inmunidad protectora contra astrovirus, resultado de la exposición al virus desde edades tempranas (20). Se ha documentado que el sistema inmune juega un rol importante en la patogénesis de astrovirus y se destaca la importancia de la respuesta inmune humoral en la protección a la infección con astrovirus (27).

Algunos autores han propuesto que la infección por astrovirus no está relacionada con el género de los individuos infectados (17,21), lo que concuerda con los resultados obtenidos en nuestro estudio ya que no se observó una diferencia significativa entre género y la infección por astrovirus. En relación a otras variables como el nivel socioeconómico, se observó que la mayoría de los casos provenían de áreas urbanas de clase media-baja, lo que podría sugerir que la infección de astrovirus humanos es más prevalente en niños que viven en áreas pobres como lo menciona Cruz et al. (21). Sin embargo, para poder establecer que el nivel socioeconómico está relacionado con la infección por astrovirus, se necesitan estudios comparativos que incluyan participantes de diferentes sectores de la ciudad.

El hecho que la diarrea aguda continúe siendo un problema de salud pública en el país, hace imperante la necesidad de vigilar e investigar su etiología para poder

establecer medidas de prevención adecuadas. La información obtenida en este estudio, es un avance en la comprensión de la diversidad de agentes etiológicos virales responsables de la diarrea infantil aguda. A partir de esta información se puede plantear la necesidad de desarrollar estudios de investigación que abarquen un mayor periodo de estudio e involucre más centros asistenciales para obtener una mejor representación de la importancia de astrovirus humanos en la ocurrencia de gastroenteritis aguda.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado en parte por el proyecto Teasdale-Corti Honduras-Canadá y por la Red Centroamericana para la Investigación y el Entrenamiento en Enfermedades Tropicales (NeTropica).

REFERENCIAS

1. Kosek M, Bern C, Guerrant RL. The global burden of diarrhoeal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. *Bull World Health Organ.* 2003;81(3):197-204.
2. Boschi-Pinto C, Velebit L, Shibuya K. Estimating child mortality due to diarrhoea in developing countries. *Bull World Health Organ.* 2008 Sep;86(9):710-7.
3. Wilhelmi I, Roman E, Sanchez-Fauquier A. Viruses causing gastroenteritis. *Clin Microbiol Infect.* 2003 Apr;9(4):247-62.
4. Figueroa M, Padilla N, Gutierrez H. Rotavirus en las diarreas infantiles de Honduras. *Rev Med Hondur.* 1992;1(1):14-20.
5. Ferrera A, Quan D, Espinoza F. Increased prevalence of genotype G2P(4) among children with rotavirus-associated gastroenteritis in Honduras. *Int Journal Antimicrob Agents.* 2007;29:S435-S6.
6. Solorzano Girón JO, Molina IB, Turcios-Ruiz RM, Quiroz Mejía CE, Amendola LM, de Oliveira LH, et al. Burden of diarrhea among children in Honduras, 2000-2004: estimates of the role of rotavirus. *Rev Panam Salud Publica.* 2006;20(6):377-84.
7. Appleton H, Higgins PG. Letter: Viruses and gastroenteritis in infants. *Lancet.* 1975 Jun 7;1(7919):1297.
8. Madeley CR, Cosgrove BP. Letter: 28 nm particles in faeces in infantile gastroenteritis. *Lancet.* 1975 Sep 6;2(7932):451-2.
9. Monroe SS, Jiang B, Stine SE, Koopmans M, Glass RI. Subgenomic RNA sequence of human astrovirus supports classification of Astroviridae as a new family of RNA viruses. *J Virol.* 1993 Jun;67(6):3611-4.
10. International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). *Virus taxonomy: 2009*

- release. 2009; Available from: <http://www.ictvonline.org/virusTaxonomy.asp>.
11. Kapoor A, Li L, Victoria J, Oderinde B, Mason C, Pandey P, et al. Multiple novel astrovirus species in human stool. *J Gen Virol*. 2009 Dec;90(Pt 12):2965-72.
 12. Willcocks MM, Brown TD, Madeley CR, Carter MJ. The complete sequence of a human astrovirus. *J Gen Virol*. 1994 Jul;75 (Pt 7):1785-8.
 13. Guo L, Gonzalez R, Wang W, Li Y, Paranhos-Baccala G, Vernet G, et al. Complete genome sequence of human astrovirus genotype 6. *Virol J*. 2010;7:29.
 14. Jiang B, Monroe SS, Koonin EV, Stine SE, Glass RI. RNA sequence of astrovirus: distinctive genomic organization and a putative retrovirus-like ribosomal frameshifting signal that directs the viral replicase synthesis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1993 Nov 15;90(22):10539-43.
 15. Mendez-Toss M, Griffin DD, Calva J, Contreras JF, Puerto FI, Mota F, et al. Prevalence and genetic diversity of human astroviruses in Mexican children with symptomatic and asymptomatic infections. *J Clin Microbiol*. 2004 Jan;42(1):151-7.
 16. Silva AM, Leite EG, Assis RM, Majerowicz S, Leite JP. An outbreak of gastroenteritis associated with astrovirus serotype 1 in a day care center, in Rio de Janeiro, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2001 Nov;96(8):1069-73.
 17. Soares CC, Maciel de Albuquerque MC, Maranhao AG, Rocha LN, Ramirez ML, Benati FJ, et al. Astrovirus detection in sporadic cases of diarrhea among hospitalized and non-hospitalized children in Rio De Janeiro, Brazil, from 1998 to 2004. *J Med Virol*. 2008 Jan;80(1):113-7.
 18. Victoria M, Carvalho-Costa FA, Heinemann MB, Leite JP, Miagostovich MP. Genotypes and molecular epidemiology of human astroviruses in hospitalized children with acute gastroenteritis in Rio de Janeiro, Brazil. *J Med Virol*. 2007 Jul;79(7):939-44.
 19. Papaventsis DC, Dove W, Cunliffe NA, Nakagomi O, Combe P, Grosjean P, et al. Human astrovirus gastroenteritis in children, Madagascar, 2004-2005. *Emerg Infect Dis*. 2008 May;14(5):844-6.
 20. Moser LA, Schultz-Cherry S. Pathogenesis of astrovirus infection. *Viral Immunol*. 2005;18(1):4-10.
 21. Cruz JR, Bartlett AV, Herrmann JE, Caceres P, Blacklow NR, Cano F. Astrovirus-associated diarrhea among Guatemalan ambulatory rural children. *J Clin Microbiol*. 1992 May;30(5):1140-4.
 22. Cunliffe NA, Dove W, Gondwe JS, Thindwa BD, Greensill J, Holmes JL, et al. Detection and characterisation of human astroviruses in children with acute gastroenteritis in Blantyre, Malawi. *J Med Virol*. 2002 Aug;67(4):563-6.
 23. Espul C, Martinez N, Noel JS, Cuello H, Abrile C, Grucchi S, et al. Prevalence and characterization of astroviruses in Argentinean children with acute

- gastroenteritis. *J Med Virol*. 2004 Jan;72(1):75-82.
24. Jonassen CM, Jonassen TO, Saif YM, Snodgrass DR, Ushijima H, Shimizu M, et al. Comparison of capsid sequences from human and animal astroviruses. *J Gen Virol*. 2001 May;82(Pt 5):1061-7.
 25. Noel JS, Lee TW, Kurtz JB, Glass RI, Monroe SS. Typing of human astroviruses from clinical isolates by enzyme immunoassay and nucleotide sequencing. *J Clin Microbiol*. 1995 Apr;33(4):797-801.
 26. Giordano MO, Martinez LC, Isa MB, Paez Rearte M, Nates SV. Childhood astrovirus-associated diarrhea in the ambulatory setting in a Public Hospital in Cordoba city, Argentina. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 2004 Mar-Apr;46(2):93-6.
 27. Koci MD. Immunity and resistance to astrovirus infection. *Viral Immunol*. 2005;18(1):11-6.

Inmunobiología de *Histoplasma capsulatum*

Carmen Galo*, Ana Sánchez**, Gustavo Fontecha**

RESUMEN

Histoplasma capsulatum es un hongo geofílico y termodimórfico. El termodiformismo de *H. capsulatum* implica que el hongo tiene dos fases que dependen de la temperatura en que se encuentre. La forma filamentosa se desarrolla en ambientes naturales y en cultivos a temperatura de 25°C. La forma levaduriforme se observa en el hospedero o en cultivos a 37°C. *Histoplasma* es endémico en América y se considera un hongo patógeno ya que puede infectar y producir enfermedad tanto en individuos inmunocompetentes como en inmunosuprimidos. Actualmente se considera que la histoplasmosis es la más frecuente de las micosis sistémicas. La infección se adquiere por la inhalación de microconidios o pequeños fragmentos de hifa que al entrar en las células del hospedero se convierten en levaduras.

En los individuos inmunocompetentes la infección puede ser subclínica o inaparente. En cambio en pacientes inmunocomprometidos sucede lo contrario, el sistema inmune no responde óptimamente presentándose las formas clínicas más severas de la enfermedad. La presente revisión aborda el estado actual del conocimiento acerca de la biología e inmunología de *H. capsulatum*, los mecanismos de defensa de las células del sistema inmune y los mecanismos con los cuales *H. capsulatum* reacciona al medio adverso. Aunque mucho se ha estudiado sobre los procesos de defensa del huésped en la infección por *Histoplasma*, todavía quedan incógnitas en relación a la adaptación del hongo y a la forma real de evadir la respuesta inmune, probablemente estas dudas podrán ser aclaradas a futuro con el desarrollo de técnicas moleculares.

Palabras clave: *Histoplasma capsulatum*, macrófagos, fagocitos, fagosoma, inmunidad celular

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias. Escuela de Microbiología. Estudiante Maestría en Enfermedades Infecciosas y Zoonóticas. cgalo_sandino@hotmail.com

** Brock University, Ontario, Canada. Asesora. ana.sanchez@brocku.ca

** Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias. Escuela de Microbiología. Asesor. gafontecha@yahoo.com

ABSTRACT

Histoplasma capsulatum is a geophilic and thermodimorphic fungus. The thermodimorphism of *H. capsulatum* implicates it having two phases that depend on the temperature in which the fungus is in. The filamentous form is predominant in natural environments and in cultures where the temperature is 25°C; in the host and in cultures the yeast form is predominant at temperature of 37°C. *Histoplasma* is endemic throughout the American continent and it is considered a pathogenic fungus since it can infect and cause illness in both immunocompetent and immunosuppressed individuals. Currently, histoplasmosis is considered the most frequent among systemic mycoses. Histoplasmosis infection is acquired through inhalation of microconidia or small hyphae fragments which enter the host's cells and become yeast. The infection can be subclinical or unapparent in immunocompetent individual.

In immunosuppressed individuals, contrary to what happens with immunocompetent individuals, the immune system does not respond optimally for which they present one of the most severe clinical forms of the disease. This review focuses on the updated biology and immunology of *H. capsulatum*; the defense mechanisms of the immune system cells; and the mechanisms by which *Histoplasma* reacts to adverse environments. Even though a great amount has been studied and understood about the host's defense mechanisms when infected by *Histoplasma*, there are still many unanswered questions regarding the disease, which will probably be answered in the future through the development of molecular techniques.

Key Words: *Histoplasma capsulatum*, macrophages, phagocytes, phagosome, cellular response

INTRODUCCIÓN

Histoplasma capsulatum es un hongo geofílico y termodimórfico. El termodiformismo de *H. capsulatum* implica que el hongo tiene dos fases que dependen de la temperatura en que se encuentre. La forma filamentosa se desarrolla en ambientes naturales, en cultivos a temperatura de 25°C. En el hospedero o en cultivos a 37°C se observa la forma levaduriforme.

El dimorfismo es una característica propia de algunos hongos que tiene relación con la invasión y proliferación en tejidos. Por regla general, la forma filamentosa es saprofítica y la forma levaduriforme es parasitaria. Seis géneros de hongos patógenos están relacionados con el dimorfismo, estos son: *Blastomyces dermatitides*, *Coccidioides immitis*, *Paracoccidioides brasiliensis*, *Sporothrix schenckii*, *Penicillium marneffeii* e *Histoplasma capsulatum*. El dimorfismo es una característica importante de este grupo de hongos, ya que la transformación que realizan de la fase saprofítica hacia la fase levaduriforme al entrar en contacto con tejidos del hospedador es lo que permite a estas especies evadir las defensas del huésped.

La infección por *H. capsulatum* es adquirida mediante la inhalación de sus esporas a partir de partículas de polvo pues el hongo habita en los suelos, especialmente en aquellos que contienen grandes cantidades de guano de pájaros, gallinas o murciélagos. El hongo se ha aislado de gallineros, casas viejas o abandonadas y cuevas donde generalmente habitan murciélagos. Es ampliamente conocido que las cuevas habitadas por murciélagos suelen estar infestadas con *H. capsulatum*. Se han descrito tres variedades de *H. capsulatum*: variedad *capsulatum*, variedad *duboisii* y variedad *farciminosum*. Cada una de estas variedades está relacionada con la región geográfica donde se ha aislado y con la forma clínica que produce. La variedad *capsulatum* se ha aislado en América y generalmente produce la forma clínica pulmonar. La variedad *duboisii* se ha aislado en África presentando principalmente formas diseminadas en piel y mucosas. La variedad *farciminosum*, endémica en Asia, Europa y África, produce la Linfangitis Epizoótica de los caballos.

En el laboratorio, *Histoplasma* se identifica por sus características morfológicas según la temperatura de incubación. En cultivos a temperatura de 25°C se desarrollan colonias blancas algodonosas que con el tiempo se oscurecen, microscópicamente se observan macroconidias tuberculadas características de esta especie. Obligatoriamente se deberá demostrar el dimorfismo, ya que existen otras especies con morfología similar a *Histoplasma*, que no son dimórficos. Se

recomienda que, al mismo tiempo que se cultiva una muestra patológica a 25°C, se cultive otra a 37°C en la cual crecerá una colonia levaduriforme y al microscopio se observaran pequeñas levaduras.

EPIDEMIOLOGÍA

H. capsulatum produce la histoplasmosis, enfermedad cosmopolita que ha sido diagnosticada en todos los continentes. En América es considerada endémica, sin embargo existen regiones hiperendémicas por la gran concentración de casos, como sucede en la región central y este de Estados Unidos (valle de Mississippi y Ohio) y regiones sur y sureste de Brazil en América del Sur. En México, la histoplasmosis está ampliamente distribuida, pero existen regiones, como el estado de Veracruz, donde la endemidad es mayor. En Centro América, aunque todos los países son considerados endémicos, los reportes publicados de casos autóctonos son escasos, sin embargo varias publicaciones documentan infecciones adquiridas localmente por visitantes extranjeros, la mayoría asociadas con visitas a cuevas habitadas por murciélagos.

En Honduras, no se han realizado estudios sistematizados para estimar la prevalencia de las infecciones producidas por *H. capsulatum* ni tampoco hay un estimado de la incidencia de la enfermedad a nivel nacional. En una revisión de casos clínicos hecha por dos investigadores hondureños, se menciona que el primer diagnóstico de histoplasmosis se realizó en 1926 en un paciente hondureño. El caso fue diagnosticado en Panamá.

La misma revisión de 1970 informa de varios diagnósticos no publicados hasta esa fecha y además documenta dos casos más, lo que hace evidente que la histoplasmosis es un problema de salud que merece atención en el país. Además de estudios clínicos, el auge de la investigación en histoplasmosis en los años 60 - que coincidió con la intensificación de la lucha contra la tuberculosis - conllevó a varios estudios epidemiológicos basados en pruebas de hipersensibilidad retardada (intradermorreacción) utilizando la reactividad a la histoplasmina como indicador de exposición. Un estudio llevado a cabo en 1962 en Talanga y otras localidades de Francisco Morazán reportó 49% de reactividad a la histoplasmina.

Posteriormente, Alvarado en 1965, reportó una frecuencia de reactividad de 38.8% en un estudio de casi 75,000 personas estudiadas entre 1962 y 1965. Aunque se desconocen los valores predictivos de la prueba utilizada en dicho estudio, es importante resaltar que este es el estudio más significativo sobre la histoplasmosis en el país.

INFECCIÓN MICÓTICA

De acuerdo a la revisión de hongos patógenos, realizada por Luigina Romani, las infecciones por hongos se clasifican de acuerdo al sitio primario de infección, la forma de adquirirla y al tipo de virulencia. De acuerdo al sitio de infección las micosis pueden ser superficiales, cutáneas, subcutáneas y sistémicas o profundas, aunque esta clasificación puede incluir mezclas entre una y otra, por ejemplo, una micosis que se inicia como una lesión cutánea o subcutánea puede diseminarse y convertirse en una micosis profunda, tal es el caso de la esporotricosis. De acuerdo a la forma en que se adquiere la micosis puede ser exógena (aérea, cutánea o percutánea) o endógena cuando existe por colonización o reactivación de una infección latente. Finalmente, de acuerdo a su virulencia, una micosis puede ser primaria y oportunista.

La diferenciación entre micosis primaria y oportunista es determinada por el estado inmunológico del individuo que entra en contacto con el hongo, la mayoría de las personas infectadas con *Histoplasma* experimentan síntomas leves que pueden ser confundidos con influenza. Estos individuos que han sufrido una primo infección y que no han desarrollado la enfermedad pueden ser posteriormente detectados por una prueba cutánea positiva o por una radiografía que revelara lesiones focales en pulmones, lo que se conoce como granuloma, que con frecuencia se calcifican. La formación del granuloma es un intento del sistema inmune para evitar que la infección se disemine. Por otro lado, *Histoplasma* puede actuar como un oportunista cuando existan alteraciones del sistema inmune del individuo infectado que no le permitan desarrollar la respuesta inmune esperada en un paciente sano o inmunocompetente. La inmunosupresión debida a quimioterapia o SIDA, está estrechamente relacionada con el padecimiento de la enfermedad.

La severidad de la enfermedad depende entonces de las condiciones inmunológicas del huésped y del tamaño del inóculo. Las formas más graves de histoplasmosis se han observado en niños lactantes y en pacientes que presentan alteración de la inmunidad mediada por células T. Es importante hacer notar que existe una resistencia natural a la infección por *Histoplasma*, ya que la infección es auto limitada en la mayoría de las personas que entran en contacto con esporas del hongo. Estadísticamente, de 500,000 personas que entran en contacto con el hongo, únicamente el 1% presenta síntomas.

Primer contacto e invasión al sistema inmune

Histoplasma se introduce al hospedero a través de la inhalación de microconidios o

pequeños fragmentos de hifas, que por su pequeño tamaño, 2-4 μm de diámetro, entran fácilmente por vía respiratoria a los alveolos pulmonares. No existe ningún caso registrado de individuos que hayan sido infectados por exposición a la levadura, lo que indica que la conversión de la fase saprofítica a la fase levaduriforme es el primer paso en la patogénesis de los dimórficos. Dado que el dimorfismo de *Histoplasma*, al igual que el de otros dimórficos, está regulado por la temperatura, al entrar en los alveolos pulmonares, estos fragmentos o microconidios se convierten a la forma de levadura. Esta transformación de moho a levadura es elemental para la patogénesis de *Histoplasma*. Aunque este proceso no está completamente dilucidado, actualmente se acepta que la temperatura corporal es estímulo suficiente para que se expresen genes específicos de fase. La temperatura corporal funciona como un disparador para la expresión de estos genes. Uno de los genes más estudiados en *H. capsulatum* es el gen *yps3* (*yeast phase specific*), el cual ya ha sido caracterizado.

Este gen codifica para una proteína de pared celular que es inmunogénica en humanos, y se considera importante para identificar cepas patógenas, ya que su expresión variable ha sido observada en cepas de *H. capsulatum* que difieren en termotolerancia y virulencia. La presencia de una proteína denominada p30M que, al contrario de *yps-3*, se produce en la fase micelial y no en la levaduriforme, ha conducido a la suposición de que p30M actuaría como represor de la expresión de *yps-3* en la fase micelial, mientras que su ausencia permitiría la expresión de *yps-3* en levaduras. Otro gen específico de esta fase es el gen CBP1 que codifica para una pequeña proteína de unión al calcio, el gen y la proteína codificada se expresan durante la infección en macrófagos. Anteriormente se habían encontrado otras proteínas de choque térmico, como la Hsp60, Hsp 72 y Hsp 82, que han demostrado ser altamente inmunogénicas en animales infectados. La proteína Hsp60 ha sido la más estudiada de estas proteínas de choque térmico y fue identificada por la capacidad que tiene de despertar una respuesta inmune en ratones infectados y al mismo tiempo confiere protección en infecciones letales de *H. capsulatum* en modelos animales. En general, no se sabe exactamente la función de estas proteínas en el hongo, pero al estar presentes en la fase levaduriforme, se deduce que puedan estar directamente relacionadas con la patogenicidad del mismo.

Entrada a los Macrófagos

Histoplasma es un patógeno intracelular facultativo, lo que significa que puede encontrarse en el medio extracelular, aunque con mayor frecuencia se localiza dentro de fagocitos profesionales. Puede suceder que la espora o fragmentos de

micelio entren a células del sistema inmune y dentro de ellas se conviertan a levaduras, o que se conviertan a levaduras y de esta forma sean fagocitadas. La función de fagocitosis es ejercida por los fagocitos profesionales. Los fagocitos profesionales tienen una doble función, por un lado funcionan como efectores del sistema inmune innato englobando a los microorganismos, destruyéndolos y liberando citoquinas; por otro lado, tienen una función como participantes de la respuesta inmune mediada por células, funcionando así como células presentadoras de antígeno o como efectoras después de ser estimuladas por los linfocitos T_H . Aunque en este proceso entran en juego todos los fagocitos profesionales, *Histoplasma* se encuentra de inicio predominantemente dentro de macrófagos alveolares. Los macrófagos le proporcionan un ambiente protector tanto para su crecimiento como para su replicación ya que las proteínas surfactantes del pulmón SP-A y SP-D pueden matar directamente las esporas o levaduras.

Un mecanismo por el cual las esporas o levaduras entran a macrófagos es por la vía clásica. En este mecanismo de vía clásica, el hongo se une a inmunoglobulinas y componentes del complemento sufriendo opsonización, luego son fagocitadas. Otro mecanismo que ha sido propuesto para la entrada de esporas o levaduras a macrófagos, es la unión a receptores de superficie de la familia de la β integrinas, estas son la α_1/β_2 (CD11a/CD18), α_M/β_2 (CD11b/CD18) y α_X/β_2 (CD11c/CD18). Este grupo de β integrinas, es conocido como LFA-1, Mac-1 ó CR3 y P150, 95 ó CR4 respectivamente. Estas integrinas se expresan en fagocitos profesionales, especialmente en macrófagos.

Histoplasma también puede introducirse en neutrófilos y en fagocitos no profesionales como células Hela, células L, línea epitelial y fibroblástica. Los neutrófilos también juegan un papel importante en la respuesta inflamatoria a *Histoplasma*, ya que poseen abundantes receptores del tipo de las β integrinas, especialmente las de tipo α_M/β_2 (CD11b/CD18), que pueden actuar con varios ligandos como el C3 y C3b. Los estudios de Schnur y Newman sugieren que los neutrófilos participan en la eliminación de levaduras opsonizadas de *Histoplasma* por el mecanismo del estallido respiratorio, el cual será explicado posteriormente.

Respuesta inmune innata

Cuando la respuesta inmune innata reconoce a agentes extraños lo hace a través de receptores que promueven una cascada de señales, una serie de mediadores que inducen diferentes efectos en las células implicadas. En el caso de los macrófagos, los receptores en contacto con levaduras o microconidios activan e

inducen a las células a que extiendan proyecciones o pseudópodos que rodean al agente extraño y se fusionen en los extremos dando lugar a la formación de un fagosoma, a este se le unen los lisosomas para formar un fagolisosoma. Los lisosomas tienen varios mecanismos microbicidas, como su bajo pH (aproximadamente 4) el cual es dañino para el patógeno. Este pH ácido favorece también la activación de hidrolasas, lipasas, nucleasas, proteasas, etc. Otro mecanismo microbicida es el llamado estallido respiratorio. El estallido respiratorio implica el aumento en la captación de oxígeno al durante la endocitosis; el oxígeno, al momento de ser utilizado, produce productos intermedios que destruyen a los microorganismos. Estos productos intermediarios tienen su origen al activarse un complejo de enzimas en la membrana del fagocito y del fagolisosoma denominado NADPH oxidasa, la cual reduce el oxígeno molecular a superóxido O_2^- , el cual puede a su vez ser reducido a OH^- . Al mismo tiempo el oxígeno molecular puede convertirse a H_2O_2 por acción de la peróxido-dismutasa. Tanto el radical OH^- como el peróxido de hidrógeno son microbicidas.

Otra respuesta inmune es ofrecida por los neutrófilos. Los neutrófilos juegan un papel importante en la defensa contra *Histoplasma*, además de eliminar el agente por el mecanismo del estallido respiratorio. Se han realizado estudios en relación al papel que juegan los gránulos azurófilos los cuales no son más que defensinas y citoquinas. Entre las citoquinas tenemos a las interleucina 12 (IL12), el factor de necrosis tumoral α (TNF- α) y el factor estimulador de colonias de granulocitos y macrófagos (GM-CSF). Estas citoquinas juegan un papel importante en la protección del huésped en infecciones primarias. Algunos estudios han demostrado que GM-CSF es sumamente importante en la eliminación de *Histoplasma* en tejidos.

Aunque los neutrófilos son importantes en la defensa contra agentes infecciosos, es importante recordar que estas células son de vida corta, no así los macrófagos, por lo cual los macrófagos, que también producen citoquinas, son los vectores ideales para microorganismos de crecimiento lento como *Histoplasma*. Estudios realizados en macrófagos murinos han demostrado que el IFN γ activa a macrófagos inhibiendo el crecimiento del hongo. En otros experimentos se ha demostrado que la actividad del IFN γ se potencia con la presencia del lipopolisacáridos (LPS). Aunque la actividad sola del IFN γ se ha probado en macrófagos murinos y no en humanos, investigaciones realizadas en un paciente con histoplasmosis diseminada recurrente en quien se identificó una deficiencia en el IFN γ , hacen pensar que la inmunidad mediada por esta citoquina es importante en el control de la histoplasmosis en humanos.

Mecanismos de evasión intracelular de *Histoplasma*

Una vez que las levaduras de *Histoplasma* son reconocidas por receptores de las células del sistema inmune y son fagocitadas, estas se mantienen unidas a la membrana (se mantienen en el fagosoma) y no se liberan al citoplasma, posteriormente el fagosoma se une a lisosomas para formar el fagolisosoma, sin embargo, se ha demostrado que el hongo puede ser capaz de evadir la unión fagolisosoma . En este momento, la levadura debe enfrentarse a un medio hostil pero que contrariamente puede también ofrecerle un ambiente celular favorable en donde pueda multiplicarse . El éxito de este hongo como patógeno, radica en la habilidad que tiene para evitar su destrucción por los componentes lisosomales, ya que el ambiente ácido de los fagolisosomas no es favorable al hongo. Se cree entonces, que si el hongo permanece viable en el fagosoma o en el fagolisosoma es porque de alguna manera modifica el pH del ambiente, probablemente por secreción de agentes alcalinizantes. Eisseberg y Goldman utilizaron una línea celular P388D1 en un experimento que demostró que los fagolisosomas de estas células que contenían levaduras vivas de *Histoplasma* tenían un pH más alto que los fagolisosomas controles que contenían levaduras muertas. Esto demuestra que el hongo de alguna manera inhibe la acidificación vacuolar.

La revisión de López menciona otra estrategia comprobada por otros autores al utilizar macrófagos murinos de la línea celular RAW 264. En el experimento se observó, que la membrana vacuolar que contenía levaduras de *Histoplasma* había una exclusión relativa de H⁺ATPasa, lo cual indicaba que el hongo excluye esta enzima evitando así que la vacuola sea acidificada y este sea atacado con enzimas hidrolíticas que actúan en pH ácido.

Por otro lado, investigaciones recientes han obtenido resultados diferentes en cuanto a que los macrófagos humanos no necesitan la acidificación como un factor necesario para la eliminación de *Histoplasma*. En estas investigaciones se repitió el mismo experimento en macrófagos humanos midiendo el pH celular con diferentes métodos y no se observó diferencia entre el pH del fagosoma con levaduras vivas y el pH de fagosomas con levaduras fijadas o controles, contrario a lo que se había establecido por Eisseberg y Goldman y otros autores.

Otro mecanismo que se ha estudiado en este hongo es la resistencia al oxígeno e intermediarios nitrogenados. Además de la acción microbicida de los lisosomas, las levaduras tienen que enfrentar el estallido respiratorio que ocurre cuando se forma el fagolisosoma. El fagolisosoma tiene un pH muy ácido y además contiene enzimas hidrolíticas que solo se activan a pH ácido, esta acidez del fagolisosoma lo hace un

blanco fácil de los metabolitos tóxicos del oxígeno. Los parásitos intracelulares como *Histoplasma*, evaden este mecanismo de defensa escapando de la vacuola al citoplasma.

Aunque no se conoce el mecanismo exacto de supervivencia intracelular de *H. capsulatum*, la respuesta inmunitaria contra el parásito ha sido relacionada con la liberación de óxido nítrico y su captación de hierro. La falta de adquisición de hierro por el parásito tiene un efecto negativo en su supervivencia. La molécula de óxido nítrico es producida a partir del metabolismo de la L-arginina, que es derivada a su vez por la actividad de la enzima óxido nítrico sintasa. La producción de nitrito (NO_2^-), sintetizado a partir de la L-arginina, es el indicador de la producción de óxido nítrico y se ha relacionado *in vitro* con el crecimiento intracelular de *Histoplasma capsulatum*. El óxido nítrico atrapa al hierro intracelular produciendo una disminución del hierro intracelular, aunado a la baja regulación de los receptores de transferrina inducida en los macrófagos por el IFN-. Dado que *Histoplasma* necesita del hierro para su metabolismo, se sugiere que la restricción o captura del hierro intracelular puede ser una de las bases del efecto anti-*Histoplasma* del macrófago murino.

La limitación de hierro y su efecto inhibitorio al crecimiento es común en infecciones por agentes patógenos. Como cualquier patógeno, *H. capsulatum* ha desarrollado tres estrategias para combatir su limitado acceso a este nutriente. Se piensa que el hongo combate la limitación de hierro por medio de la liberación del que está unido a transferrina. En este mecanismo *H. capsulatum* provoca la acidificación por el descenso del pH liberando así el hierro. Sin embargo, es posible que, como se mencionó anteriormente, que el hongo module a su conveniencia la acidez pues extremos de condiciones ácidas provocarían la muerte del mismo.

Se ha establecido *in vitro* que la producción de sideróforos, pequeños compuestos quelantes extracelulares de hierro, pueden abastecer este nutriente a *H. capsulatum*. Un tercer mecanismo identificado *in vitro* ha sido la reducción enzimática y/o no-enzimática de Fe^{+3} a Fe^{+2} . La transferrina al igual que los sideróforos de *Histoplasma* se unen específicamente a Fe^{+3} , por tanto la reducción de este elemento en estos compuestos lo hace disponible al hongo.

Inmunidad mediada por células

Otra respuesta del sistema inmune a la infección por *Histoplasma* es la formación del granuloma, un tipo de hipersensibilidad retardada que ocurre debido a la incapacidad de los macrófagos para destruir los patógenos, lo que provoca una

acumulación de células fagocíticas. El granuloma está formado por macrófagos infectados y linfocitos T. Esto ocurre en el caso de la histoplasmosis, especialmente cuando la respuesta inmune es eficiente. Para el huésped, el beneficio de que se forme el granuloma es el resultante aislamiento de la infección, ya que controla el crecimiento del patógeno, protege al tejido sano que le rodea y previene la diseminación sistémica. Al mismo tiempo, el patógeno tiene cierta ventaja y es que crea un microambiente en donde a veces puede permanecer latente por años.

En las personas inmunocomprometidas deficientes en linfocitos T CD4 no se forma el granuloma, esto favorece a la diseminación del hongo desde los pulmones a otros órganos o tejidos. En zonas endémicas se ha observado que la histoplasmosis afecta a individuos con desórdenes en la inmunidad secundaria, sobre todo en aquellos que padecen SIDA, que han sido trasplantados y por ende inmunosuprimidos, que están recibiendo inmunoterapia anti-TNF α y enfermedades intestinales inflamatorias. Algunos autores han estudiado los factores que intervienen en este proceso y han concluido que los linfocitos Th, el IFN γ y el TNF α son de vital importancia en la formación del granuloma .

COMENTARIOS

Importantes hallazgos han revelado información en relación a la respuesta inmune que el hospedero desarrolla frente a infección por *H. capsulatum*. Los experimentos realizados en modelos murinos han sido de valiosa información para dar a conocer el mecanismo por el cual las células del sistema inmune intervienen en este proceso de defensa. La importancia de los macrófagos, neutrófilos, células dendríticas y citoquinas ha sido ampliamente delucidado, pero todavía faltan algunos aspectos por investigar, como el mecanismo exacto por el cual el hongo evade el sistema inmune. En este sentido, el desarrollo de técnicas moleculares es la esperanza para encontrar nuevos blancos que detecten genes específicos relacionados con la virulencia, patogenicidad y vías regulatorias del hongo.

REFERENCIAS

- Abidi, F.E., H. Roh, and E.J. Keath, *Identification and characterization of a phase-specific, nuclear DNA binding protein from the dimorphic pathogenic fungus Histoplasma capsulatum*. Infect Immun, 1998. 66(8): p. 3867-73.
- Alvarado, R., *Resultado del Estudio Epidemiológico de la Histoplasmosis y Coccidioidomicosis realizados en la República de Honduras, C. A. 1962 -1965*. Revista Medica Hondureña, 1965.

- Cano, M.V. and R.A. Hajjeh, *The epidemiology of histoplasmosis: a review*. Semin Respir Infect, 2001. 16(2): p. 109-18.
- Canteros, C.E., et al., [*First isolation of Histoplasma capsulatum from the urban bat Eumops bonariensis*]. Rev Argent Microbiol, 2005. 37(1): p. 46-56.
- Cardona, V. and E. Aguilar-Paz, *Histoplasmosis en Honduras*. Revista Medica Hondureña, 1970. 38.
- Cruz, R., et al., *Reporte clinico: Histoplasmosis diseminada aloctona en un paciente con Síndrome de Inmunodeficiencia adquirida*. Boletín Micológico, 2006. 21: p. 77-84.
- Deepe, G.S., Jr. and R. Gibbons, *Recombinant murine granulocyte-macrophage colony-stimulating factor modulates the course of pulmonary histoplasmosis in immunocompetent and immunodeficient mice*. Antimicrob Agents Chemother, 2000. 44(12): p. 3328-36.
- Deepe, G.S., Jr. and R.S. Gibbons, *T cells require tumor necrosis factor-alpha to provide protective immunity in mice infected with Histoplasma capsulatum*. J Infect Dis, 2006. 193(2): p. 322-30
- Duron, R., *Primer caso de Histoplasmosis informado en Honduras*. Revista Medica Hondureña, 1966. 34.
- Eissenberg, L.G. and W.E. Goldman, *Histoplasma variation and adaptive strategies for parasitism: new perspectives on histoplasmosis*. Clin Microbiol Rev, 1991. 4(4): p. 411-21.
- Eissenberg, L.G., et al., *Infection of P388D1 macrophages and respiratory epithelial cells by Histoplasma capsulatum: selection of avirulent variants and their potential role in persistent histoplasmosis*. Infect Immun, 1991. 59(5): p. 1639-46.
- Eissenberg, L.G., W.E. Goldman, and P.H. Schlesinger, *Histoplasma capsulatum modulates the acidification of phagolysosomes*. J Exp Med, 1993. 177(6): p. 1605-11.
- Fischer, G.B., et al., *Histoplasmosis in children*. Paediatr Respir Rev, 2009. 10(4): p. 172-7.
- Flor, A., et al., [*Acute pulmonary histoplasmosis in a Spanish traveller to Nicaragua: an imported disease case*]. Rev Iberoam Micol, 2003. 20(1): p. 24-8.
- Fukazawa, Y., et al., *Mechanisms of cell-mediated immunity in fungal infection*. J Med Vet Mycol, 1994. 32 Suppl 1: p. 123-31.
- Giles, J.T. and J.M. Bathon, *Serious infections associated with anticytokine therapies in the rheumatic diseases*. J Intensive Care Med, 2004. 19(6): p. 320-34.
- Gomez, F.J., R. Allendoerfer, and G.S. Deepe, Jr., *Vaccination with recombinant heat shock protein 60 from Histoplasma capsulatum protects mice against pulmonary histoplasmosis*. Infect Immun, 1995. 63(7): p. 2587-95.

- Gutierrez, M.E., et al., *Disseminated histoplasmosis in patients with AIDS in Panama: a review of 104 cases*. Clin Infect Dis, 2005. 40(8): p. 1199-202.
- Heninger, E., et al., *Characterization of the Histoplasma capsulatum - induced granuloma*. J Immunol, 2006. 177: p. 3303-3313.
- Holbrook, E.D. and C.A. Rappleye, *Histoplasma capsulatum pathogenesis: making a lifestyle switch*. Curr Opin Microbiol, 2008. 11(4): p. 318-24.
- Huber, F., et al., *AIDS-related Histoplasma capsulatum var. capsulatum infection: 25 years experience of French Guiana*. AIDS, 2008. 22(9): p. 1047-53.
- Kauffman, C.A., *Histoplasmosis: a clinical and laboratory update*. Clin Microbiol Rev, 2007. 20(1): p. 115-32.
- Kaufmann, S.H.E., A. Sher, and R. Ahmed, *Immunology of infectious diseases*. 2002, Washington, D.C.: ASM Press. xi, 495 p.
- Lane, T.E., B.A. Wu-Hsieh, and D.H. Howard, *Gamma Interferon Cooperates with Lipopolysaccharide To Activate Mouse Splenic Macrophages to an antihistoplasma State*. Infection and Immunity, 1993. 61(4): p. 1468-1473.
- Leimann, B.C., et al., *Histoplasmosis in a Brazilian center: clinical forms and laboratory tests*. Rev Iberoam Micol, 2005. 22(3): p. 141-6.
- Lopez, C.E., *[Dimorphism and pathogenesis of Histoplasma capsulatum]*. Rev Argent Microbiol, 2006. 38(4): p. 235-42.
- Maniscalchi, M. and L. Espinoza, *Mecanismos de evasión de Histoplasma capsulatum en los fagocitos*. Rev. Soc. Ven. Microbiol. , 2006. 26(1): p. 6-13.
- Morikawa, A., et al., *Augmentation of nitric oxide production by gamma interferon in a mouse vascular endothelial cell line and its modulation by tumor necrosis factor alpha and lipopolysaccharide*. Infect Immun, 2000. 68(11): p. 6209-14.
- Nath, D.S., et al., *Fungal infections in transplant recipients receiving alemtuzumab*. Transplant Proc, 2005. 37(2): p. 934-6.
- Negrón, R., et al., *[Histoplasmosis outbreak in Morón, Buenos Aires Province, Argentina]*. Rev Argent Microbiol, 2010. 42(4): p. 254-60.
- Newman, S.L., et al., *Human macrophages do not require phagosomal acidification to mediate fungistatic/fungicidal activity against Histoplasma capsulatum*. J Immunol, 2006. 176(3): p. 1806-13.
- Newman, S.L., et al., *Identification of constituents of human neutrophil azurophilic granules that mediate fungistasis against Histoplasma capsulatum*. Infect Immun, 2000. 68(10): p. 5668-72.
- Nittler, M.P., et al., *Identification of Histoplasma capsulatum transcripts induced in response to reactive nitrogen species*. Mol Biol Cell, 2005. 16(10): p. 4792-813.
- Nygard, K., et al., *[Histoplasmosis among travellers to Central America]*. Tidsskr Nor Laegeforen, 2006. 126(21): p. 2838-42.
- polimorfismo en la longitud de los fragmentos de restricción*. Rev Inst Nal Enf Resp Mex, 1998. 11.

- Regueiro, J.R., et al., *Inmunología Biología y patología del sistema inmune*. 3ra. ed. 2002, Madrid: Medica Panamericana. 222.
- Rippon, J.W., *Medical mycology : the pathogenic fungi and the pathogenic actinomycetes*. 3rd ed. 1988, Philadelphia: Saunders. ix, 797 p.
- Sakamoto, K., et al., [*Pulmonary histoplasmosis exhibiting solitary pulmonary nodule resected by thoracoscopic surgery: a case report and review of the Japanese literature*]. Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi, 1999. 37(11): p. 909-14.
- Salas-Rios, M.A., et al., *Genotipificación de cepas de Histoplasma capsulatum aisladas de pacientes con histoplasmosis asociada al SIDA, mediante el*
- Schnur, R.A. and S.L. Newman, *The respiratory burst response to Histoplasma capsulatum by human neutrophils. Evidence for intracellular trapping of superoxide anion*. J Immunol, 1990. 144(12): p. 4765-72.
- Taylor, M.E., M.; Iturbe, R.; Rico, B.; Casasola, J. and F., Goodsaid. , *Evaluation of phagolysosome fusion in acridine orange stained macrophages infect with Histoplasma capsulatum*. Clin. Exp. Immunol. , 1989. 75(3): p. 466-470.
- Taylor, M.L., et al., *Geographical distribution of genetic polymorphism of the pathogen Histoplasma capsulatum isolated from infected bats, captured in a central zone of Mexico*. FEMS Immunol Med Microbiol, 2005. 45(3): p. 451-8.
- Torres-Rodriguez, J.M., et al., *Micología Medica*. 1993.
- Woods, J.P., *Histoplasma capsulatum molecular genetics, pathogenesis, and responsiveness to its environment*. Fungal Genet Biol, 2002. 35(2): p. 81-97.
- Zerbe, C.S. and S.M. Holland, *Disseminated histoplasmosis in persons with interferon-gamma receptor 1 deficiency*. Clin Infect Dis, 2005. 41(4): p. e38-41.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue realizado dentro del programa de Maestría en enfermedades infecciosas y zoonóticas de la Escuela de Microbiología de la UNAH, gracias al financiamiento del Proyecto Teasdale-Corti, Honduras Canadá: "Fortaleciendo Capacidades para Alcanzar la Meta del Milenio Número 6: Combatir las enfermedades Infecciosas"; el cual opera con fondos Canadienses de la Iniciativa para la Investigación en Salud Global (GHRI).

Hidrógeno y Plasma: Fuente de energía en motores de última generación

César Mauricio Urbizo Vivas*, Filiberto Rodríguez**

RESUMEN

El presente trabajo contiene una revisión bibliográfica donde se describe el Hidrógeno y al Plasma, como nuevas fuentes de energía que se utilizan para impulsar los motores de última generación de automóviles y naves especiales. Se estudia la naturaleza de estas sustancias, propiedades y mecanismos de obtención de estos recursos. Así mismo se explica el funcionamiento de estos motores, sus altos rendimientos y bajo impacto ambiental que nos da la literatura.

Palabras Clave: *Hidrógeno, isótopo, celda de combustible, celda electroquímica, electrólisis, plasma, bomba atómica, bomba de hidrógeno, fisión nuclear, campo magnético, motor de plasma*

ABSTRACT

This paper contains a literature review which describes the Hydrogen and Plasma, as new sources of energy used to power the latest generation engines of automobiles and spacecraft. We study the nature of these substances, properties and mechanisms for obtaining these resources. Also explains the operation of these engines, high yields and low environmental impact that give us the literature.

Keywords: *Hydrogen, isotope, fuel cell, electrochemical cell, electrolysis, plasma, atomic bomb, hydrogen bomb, nuclear fission, magnetic field, plasma engine*

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras/Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán. Estudiante Maestría Enseñanza Ciencias Naturales con Orientación en Química.

** Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Coordinador de Radiotecnología, Subdirector del Centro de Cáncer "Emma Romero Callejas". Asesor.

INTRODUCCIÓN

La continua marcha de un mundo en constante evolución demanda un consumo de energía considerable. Estos requerimientos energéticos aumentan proporcionalmente a la población y al desarrollo de la misma. Es necesario descubrir nuevas formas de energía con suministros abundantes y de ser posible inagotables.

El artículo presente, da a conocer el Hidrógeno y al Plasma como nuevas fuentes opcionales de energía. Cada una de estas sustancias cuenta con características especiales para ser consideradas como proveedoras de humanidad cada vez más dependiente de energía.

HIDRÓGENO

Ocupa la posición número uno en la tabla periódica con una masa atómica de 1.007 u.m.a. Su estructura está formada por un protón y un electrón, por lo descrito anteriormente es considerado el átomo más simple de la naturaleza. Los medios de obtención de Hidrógeno más importantes son:

- **FÓSILES:** En los Estados Unidos el 95% del Hidrógeno se obtiene a partir del Gas Natural. Los hidrocarburos sometidos a altas temperaturas y presiones desprenden Hidrógeno y Óxidos de Carbono como el CO_2 que luego es liberado a la atmósfera. El proceso es conocido como "Reformación del Vapor de Metano".
- **ELECTRÓLISIS:** Consiste en la separación de los elementos fundamentales del Agua (Hidrógeno y Oxígeno) por medio de la electricidad.
- **ENERGÍA NUCLEAR:** En las plantas nucleares de la cuarta generación deberán liberar suficiente calor que añadido al proceso de electrólisis producirán Hidrógeno.

VEHÍCULO DE HIDRÓGENO

Una nueva generación de automóviles son propulsados por Hidrógeno. Esta nueva tecnología ha evidenciado ser una alternativa ecológica. Los motores de carros alimentados con este gas liberan agua como producto de desecho que no contamina el ambiente. Existen dos mecanismos para extraer energía de la molécula de Hidrógeno e impulsar los motores:

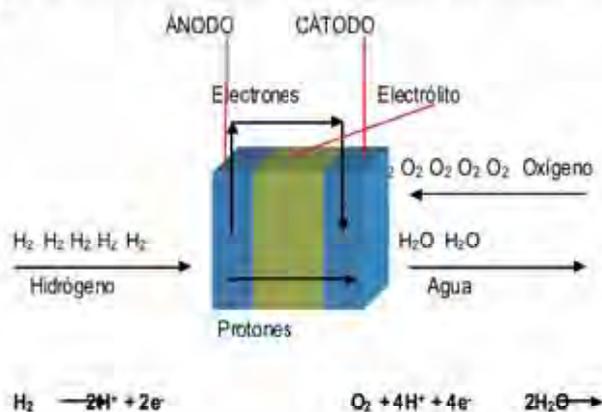
1. Celda de Combustible

Dispositivo a base de Hidrógeno que al reaccionar con Oxígeno produce electricidad similar a una batería. Existen diferencias notables entre ambos modelos electroquímicos. La *Celda o Pila de Combustible* permite el reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos transfiriéndole al diseño una capacidad ilimitada de producción de energía. Por otro lado la batería convencional posee un poder limitado de producción de electricidad, una vez agotada su reserva esta debe ser desechada o recargada con electricidad.

En la *Celda de Combustible* al lado del ánodo se encuentra ubicado el Hidrógeno y el Oxígeno en el cátodo y el sentido de la reacción es unidireccional. En cambio los electrodos de la batería están compuestos por metales y el sentido de la reacción es reversible, puede ser invertida dependiendo si la batería está cargada o descargada.

Existen distintos diseños de celdas de combustible, pero el mecanismo general es el mismo. El proceso inverso de la *electrolisis* genera electricidad. La molécula diatómica de Hidrógeno es separada en sus dos átomos y estos a su vez en protones y electrones. Los protones son transportados por el electrolito, por tanto los electrones son forzados a fluir por el circuito externo como corriente eléctrica. El Oxígeno del aire captura los protones y electrones en el cátodo con la consecuente formación de agua que puede ser utilizada como refrigerante en los motores (figura 1).

Figura 1. DIAGRAMA DE CELDA DE COMBUSTIBLE



Una célula de combustible convierte normalmente la energía química de combustible en electricidad con un rendimiento aproximadamente del 50%.

PLASMA

El plasma existe a temperaturas extremadamente altas, esta formado por gases altamente ionizados y es considerado el cuarto estado de la materia. La temperatura es una medida de la energía cinética de los cuerpos, la estructura de los átomos a altas temperaturas comienza a colapsar desprendiendo electrones e ionizarse por las grandes concentraciones de energía acumulada. Las estrellas, inmensas bolas gaseosas ionizadas incandescentes que arden a millones de grados de temperatura, están constituidas por esta sustancia.

MOTORES DE PLASMA

El físico y ex astronauta costarricense Franklin Chang Díaz asociado con la compañía Ad Astra Rocket trabajan actualmente en el diseño de un novedoso sistema de motores aprovechando las propiedades del plasma. El proyecto pretende utilizar esta tecnología de punta para propulsar la siguiente generación de cohetes espaciales de la NASA. Se estima la implementación de estos motores a partir del 2013. Se le conoce como el VASIMIR por las siglas de su nombre en inglés *Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket* (Motor de Magnetoplasma de Impulso Específico Variable).

El funcionamiento del motor consistirá primordialmente de dos fases, en la primera se calienta gas Argón con una antena de radiofrecuencia hasta ionizarlo, de esta manera se obtiene el Plasma. Por medio de un magneto superconductor se crea un campo magnético donde es confinado el plasma, la temperatura es tan alta que no existe ningún material que pueda contenerlo. En la segunda fase otra antena acelera el plasma para lograr la propulsión (figura 2).

Figura 2. DIAGRAMA DE MOTOR DE PLASMA



Los motores con tecnología de Plasma presentan innumerables ventajas, comenzando por su alta potencia y mayor velocidad que los motores de cohetes convencionales. Se podría realizar un viaje a Marte en tan solo 39 días en lugar de los 6 meses estimados con un motor tradicional de naves espaciales. Su tamaño es mucho mas compacto permitiendo una menor cantidad de combustible requerido. No liberan residuos químicos.

CONCLUSIONES

- El Hidrógeno se obtiene principalmente a partir de Gas Natural, un recurso natural no renovable. Cuando las reservas de Gas Natural se agoten la producción de Hidrógeno se verá afectada.
- El Hidrógeno se extrae a través de "Reformación del Vapor de Metano". Este proceso genera CO₂ que luego es liberado a la atmósfera como gas de efecto invernadero, esto disminuye las bondades ecológicas del Hidrógeno cuando se extrae por esta vía.
- Una economía limitada de recursos fósiles podría ser modificada completamente a una infraestructura dependiente de Hidrógeno y Plasma, pero implicaría un lento y difícil cambio, una considerable inversión de dinero en investigación y desarrollo en tecnología de esta naturaleza y la posible oposición por parte de algunos accionistas en fuentes fósiles convencionales.
- La importancia de estos nuevos modelos de motores radica en sus altos rendimientos, bajo consumo de combustible y reducidos niveles de desechos.

BIBLIOGRAFÍA

- Maron, Samuel H. y Prutton, Carl F. Fundamentos de Fisicoquímica. Última Edición. México: Limusa; 2006.
- Sears, Francis W., Zemansky, Mark W., Young, Hugh D. y Freedman, Roger A. Física Universitaria. Vol. 1. Undécima Edición. México: Pearson; 2004.
- Wise J. "La Verdad Acerca del Hidrógeno". Popular Mechanics. México. Televisa Internacional. No. 12. Diciembre 2006. 68-73.
- <http://www.todointeresante.com/2009/10/como-funciona-motor-plasma-vasmir.html>



Área
Físico
Matemática

Generación de energía eléctrica por medio de biogas utilizando celdas de combustible implementado en el basurero municipal de Tegucigalpa

Rudis Salinas*, Raúl Velásquez*, Francisco Narváez* , Dennis Rivera**

RESUMEN

Esta investigación da a conocer la rentabilidad de un proyecto de Generación de Energía Eléctrica utilizando celdas de combustible y aprovechando el biogas que se produce en el Basurero Municipal de Tegucigalpa. Una vez analizadas las variables y hecha la evaluación económica, se observa que el proyecto es atractivo y rentable a corto plazo ya que en el décimo año de operación se tiene una TIR de 29% y utilidades que ascienden a los L. 159.4 millones. Estas ganancias aumentarán cada año hasta culminar el período de funcionamiento del proyecto donde se obtendrá 34% de tasa interna de retorno. Es importante convertir pronto el botadero controlado en un relleno sanitario ya que si el botadero se vuelve de alto riesgo será necesario clausurarlo. Se ha perdido una importante cantidad de área que en la actualidad no es útil para efectos de generación de biogas pero que se pudo aprovechar en el pasado. La investigación detallada de este proyecto se encuentra -en el informe de investigación presentado al Departamento de Ingeniería Eléctrica^[13].

Palabras clave: *Residuos sólidos municipales, relleno controlado, generación de electricidad, celdas de combustible, biogas, valorización energética, factibilidad económica, desarrollo social urbano.*

ABSTRACT

This research discloses the profitability of a project of Electricity Generation using fuel cells and using the biogas produced at the municipal dump in Tegucigalpa. After analyzing the variables and made the economic evaluation its shown that the project is attractive and profitable in the short term and in the tenth year of operation has an IRR of 29% and profits amounting to L. 159.4 million. These gains will increase each year until completion of the period of operation of the project where you get 34% internal rate of return. It is important to quickly convert the dump into a controlled landfill because if it becomes high risk it will be needed to be closed. It has lost a significant amount of area that currently is not useful for biogas generation effects at it would have been useful in the past. Detailed investigation of this project is, can be found in the research report submitted to the Department of Electrical Engineering^[13].

Key Words: *Municipal solid fillers, controlled landfill, electricity generation, fuel cells, biogas, energetic assessment, economic feasibility, urban social development.*

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ingeniería. Estudiantes de Ingeniería Eléctrica

** Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ingeniería. Asesor.

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto pretende realizar una evaluación económica de la generación de electricidad; utilizando celdas de combustible y mediante el aprovechamiento del biogás que se produce en el basurero municipal de Tegucigalpa. Para lograr este objetivo se consideraron aspectos como calidad de la basura y su gestión en Tegucigalpa, las posibles mejoras al sitio de depósito de residuos y la cantidad de biogás que se espera generar. También se investigó sobre las fuentes de ingresos para la generación de electricidad.

II. RESIDUOS SÓLIDOS

Los Residuos Sólidos Municipales (RSM) son aquellos que provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales, institucionales, y los resultantes de la limpieza de vías y áreas públicas del conglomerado urbano. La gestión de los residuos sólidos está a cargo de las autoridades municipales. Las estimaciones señalan que la generación aproximada de RSM en Honduras es de 3,239 t/día, si se asume un factor de 0.45 Kg/persona/día^[1].

Es importante indicar que la composición de los residuos sólidos ha variado a través del tiempo, tanto en calidad como en cantidad. Eso depende de fenómenos como el acelerado crecimiento poblacional y su concentración en áreas urbanas, cambio de hábitos de consumo, niveles económicos y sociales, actividades comerciales e industriales, época del año etc.

En Tegucigalpa, la producción de RSM proviene principalmente del área residencial. Su composición es mayormente orgánica; presenta un 40% de residuos alimenticios, 14% de papel y cartón, 7% de maderas y hojas. En total casi un 70% es material orgánico^[2].

El manejo inadecuado de los RSM provoca efectos negativos en la salud de las personas. Se trata de efectos en el ambiente y riesgos para el desarrollo social urbano.

III. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN TEGUCIGALPA

La gestión integral de los RSM se asocia a un conjunto de actividades relacionadas al control, la generación, separación, presentación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, a fin de:

- 1) Lograr mejores principios de salud pública, economía, ingeniería, estética y otras consideraciones ambientales.
- 2) Responder a las expectativas públicas.

Uno de los servicios públicos de responsabilidad municipal con mayores problemas es el manejo integral de los RSM. En términos generales puede decirse que la municipalidad de Tegucigalpa realiza una labor aceptable en lo que se refiere a este tema. El dinero con que se trabaja proviene de un préstamo solicitado al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y que tiene como condiciones de préstamo una buena estrategia de desarrollo para dicho sector^[3].

La principal debilidad encontrada para el adecuado manejo de los RSM y para la implementación del proyecto de generación es el actual relleno de Tegucigalpa, ya que las condiciones en que se encuentra no facilitan la aplicación del proyecto.

IV. EL RELLENO CONTROLADO DE TEGUCIGALPA

Un relleno controlado es un lugar de disposición final de RSM. El relleno de Tegucigalpa no cuenta con la infraestructura necesaria para ser considerado como un relleno sanitario. El relleno de Tegucigalpa se encuentra en la aldea El Guanábano, a 5.5 Km. al norte de la ciudad, sobre la carretera que conduce al departamento de Olancho. Posee un área de 31 hectáreas; 14 de ellas han sido utilizadas para el depósito de los RSM, desde 1977. Las restantes se emplean como áreas para extracción de material de cobertura.

Este sitio redujo su tiempo de utilidad en 1998, después del paso del huracán Mitch. Lo anterior debido a que todos los escombros, producto de los daños de infraestructura en la ciudad, fueron depositados allí.

Como la mayoría de los rellenos en países subdesarrollados, éste ha tenido una evolución típica. Pasó de simple botadero de basura a crematorio (hasta 1990 aprox.), de botadero municipal (hasta finales de los años 90) a relleno controlado en donde los RSM se entierran con una frecuencia regular.

IV.1 Evaluación del Relleno de Tegucigalpa según su impacto ambiental

Se aplicó al relleno una metodología para categorización de botaderos según su impacto ambiental^[4]. El resultado obtenido es que el sitio debe considerarse como uno de "riesgo moderado". Eso significa que aún es posible su conversión a relleno sanitario.

IV.2 **Conversión del Botadero**

Durante la conversión del botadero actual a un relleno sanitario se considerará el confinamiento de los residuos, el control de olores, el tiempo útil proyectado, la adecuación del terreno, el control de la fauna nociva, la reubicación de los pepenadores y el plan operativo del sistema para disposición final.

La Fig. 1 es una vista general del relleno, donde se distinguen cuatro sectores: la zona de extracción de material de cobertura (rojo), el antiguo relleno (azul), el actual relleno controlado (naranja) y el terreno adquirido por la municipalidad para construir un nuevo relleno sanitario (verde).

Sobre el antiguo relleno se instalaron 24 chimeneas para control de los gases producidos por los RSM. Según el estudio realizado por los japoneses, la acumulación de esos gases representa un peligro potencial. El relleno antiguo ya no es una fuente significativa de biogás para utilizarse en el proyecto.



Fig. 1 Vista general del relleno controlado de Tegucigalpa

IV.3 **Estimación del tiempo de utilidad del Proyecto para Rehabilitación del Relleno controlado de Tegucigalpa**

El proyecto de rehabilitación deberá asumir un tiempo de utilidad que justifique la inversión. Deberá contar con el compromiso de las autoridades municipales y

encargados del servicio de limpieza para que operen el sitio de acuerdo con criterios técnicos. Para estimar el tiempo de utilidad del proyecto se establecieron dos premisas: a) la capacidad de basura que se espera depositar y la capacidad del relleno, b) en los próximos años se ampliará el relleno actual con preinstalación de valorización energética. Al concertar con las personas encargadas del relleno, se decidió que lo mejor será invertir en las mejoras del relleno para darle como máximo 10 años de utilidad.

V. ESTIMACIÓN SOBRE LA GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE BIOGAS EN EL RELLENO DE TEGUCIGALPA

V.1 *Generación de biogas en rellenos sanitarios*

Según la información especializada, en cualquier lugar donde se depositen los RSM en grandes cantidades, éstos generarán gases y líquidos percolados. Eso depende de variables asociadas a las características de la basura, el lugar de disposición, la forma de disposición, el clima, etc. En un relleno, los variados componentes de los RSM se degradan anaeróbicamente a diferentes tasas. El tiempo requerido para la degradación de los RSM y la producción de biogas depende de diversos factores: el número de organismos presentes en la basura, nutrientes, temperatura, acidez (Ph), contenido de humedad, cobertura y densidad de compactación.

V.2 *¿Qué es el biogas?*

El biogas es un gas producido por bacterias durante el proceso de biodegradación de material orgánico, en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno). La generación natural de biogas es una parte importante del ciclo biogeoquímico del carbono. El metano producido por algunas bacterias es el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan material orgánico y devuelven los productos de la descomposición al medio ambiente.

V.3 *Modelo Centroamericano de biogas*

El modelo centroamericano de biogas provee una herramienta automática para la estimación, generación y recuperación de biogas en rellenos sanitarios. El modelo utiliza una ecuación de degradación de primer orden para contabilizar el cambio de la tasa de generación. Este modelo fue desarrollado con el propósito de facilitar proyecciones acertadas y conservativas para la generación y recuperación de biogas¹⁵¹.

V.4 *Estimación de la generación y recuperación de biogas en el relleno de Tegucigalpa utilizando el modelo centroamericano de biogas*^[13]

Se utilizó el modelo centroamericano de biogas para estimar la generación y recuperación de biogas en el relleno de Tegucigalpa. Los resultados se presentan en la Tabla 1 y en la Fig.2:

Tabla 1: Proyección de generación y recuperación de biogas y energía en el relleno de Tegucigalpa

Año	Recuperación de Biogas del Sistema Planeado	Capacidad Máxima Planta de Energía*	Estimados de Reducción en Emisiones de Metano**
	(m ³ /hr)	(MW)	(tonnes CO ₂ eq/año)
2003	0	0.0	0
2004	0	0.0	0
2005	0	0.0	0
2006	0	0.0	0
2007	0	0.0	0
2008	0	0.0	0
2009	0	0.0	0
2010	2,109	3.5	138,869
2011	2,252	3.7	148,324
2012	2,378	3.9	156,607
2013	2,490	4.1	163,965
2014	2,590	4.3	170,598
2015	2,700	4.5	177,823
2016	2,809	4.6	184,977
2017	2,908	4.8	191,523
2018	3,010	5.0	198,201
2019	3,104	5.1	204,390
2020	3,192	5.3	210,200
2021	2,599	4.3	171,179
2022	2,127	3.5	140,099
2023	1,751	2.9	115,329
2024	1,451	2.4	95,575

En el año 2010 se generaron 3.5 MW. La máxima generación será de 5.3 MW. Ésta se obtendrá un año después de clausurado el proyecto, en 2020.

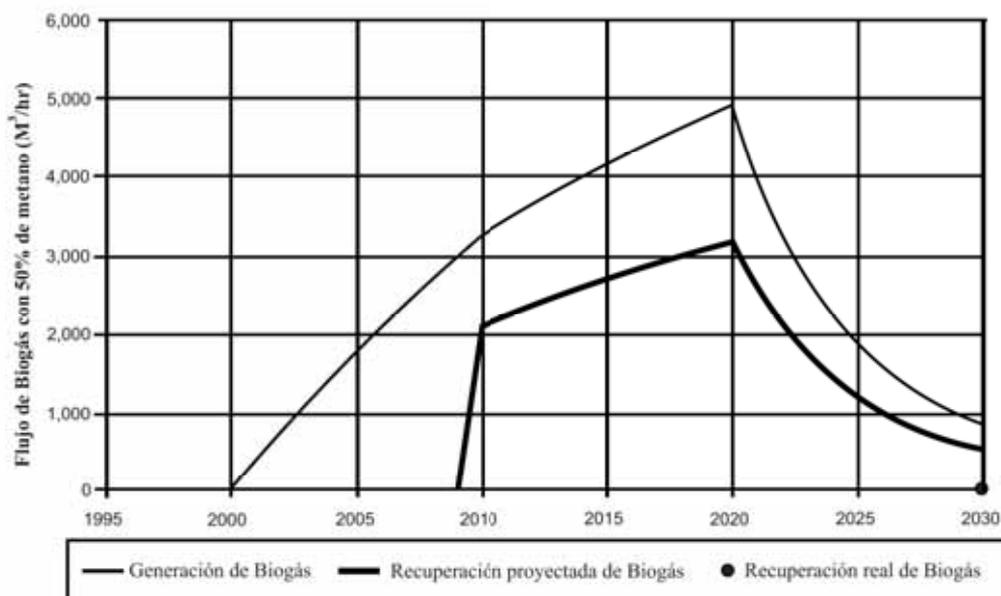


Fig. 2. Predicciones de generación y recuperación de biogas en el relleno de Tegucigalpa.

VI. CELDAS DE COMBUSTIBLE^[6,7]

Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte directamente la energía química de una reacción en energía eléctrica. Estas celdas no se agotan como lo haría una batería; ni precisan recarga, ya que producen energía en forma de electricidad y calor en tanto se les provea de combustible. En la práctica, la corrosión y la degradación de materiales y componentes de la celda pueden limitar su tiempo de utilidad. La manera en que operan es mediante una celda electroquímica consistente en dos electrodos, un ánodo y un cátodo, separados por un electrolito. El oxígeno proveniente del aire pasa sobre un electrodo y el hidrógeno gaseoso pasa sobre el otro electrodo. Cuando el hidrógeno es ionizado en el ánodo se oxida y pierde un electrón. Al ocurrir esto, el hidrógeno oxidado (ahora en forma de protón) y el electrón toman diferentes rutas. Migran hacia el segundo electrodo llamado cátodo.

El hidrógeno lo hará a través del electrolito, mientras que el electrón lo hará mediante un material conductor externo (carga). Al final de su camino ambos se juntan en el cátodo donde ocurre la reacción de pérdida o ganancia de electrones. El oxígeno gaseoso se une al hidrógeno oxidado para formar agua. Así, este proceso produce agua 100% pura, corriente eléctrica y calor útil, por ejemplo: la energía térmica (Ver Fig. 4).

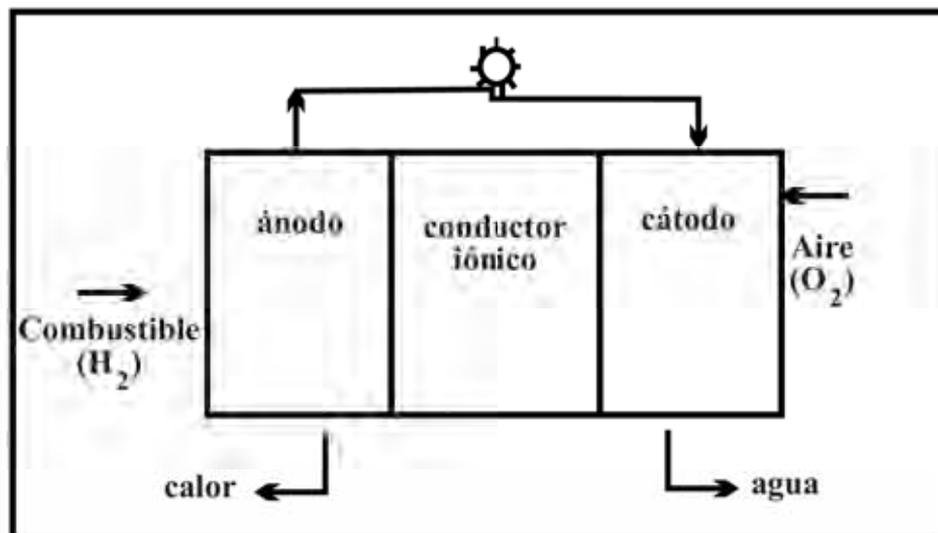


Fig. 4. Principio de Operación de una Celda de Combustible.

VI.1 *Ventajas del Uso de las Celdas de Combustible*^(8,9,10)

- 1) ***Cero emisión de contaminantes.*** Cuando el combustible es hidrógeno, los productos obtenidos en la reacción electroquímica catalizada de la pila de combustible son: agua, calor y electricidad; en lugar de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y otras partículas inherentes a la quema de combustibles fósiles.
- 2) ***Funcionamiento silencioso.*** Al carecer de partes móviles, se ha estimado que el nivel de ruido a 30 metros de una pila de combustible, tamaño medio, es únicamente 55 decibelios. Es por ello que podrían usarse pilas de combustible en recintos urbanos.
- 3) ***Alta eficiencia en la utilización del combustible.*** La conversión directa del combustible a energía mediante una reacción electroquímica, hace que las pilas de combustible puedan producir más energía con la misma cantidad de combustible si lo comparamos con una combustión tradicional. El proceso directo hace que las eficiencias alcancen entre 30% y 90%; dependiendo del sistema de pila de combustible. Además se puede emplear el calor producido adicionalmente para otros usos industriales.

VI.2 *Desventajas del Uso de las Celdas de Combustible*^(8,9,10)

- 1) Alto costo destinado a los sistemas de almacenamiento y suministro de hidrógeno, metanol o gas natural.

- 2) La producción de algunos componentes, al no efectuarse a gran escala, implica un coste elevado. Se estima que un coche con pila de combustible cuesta 30 % más que uno de gasolina o diesel con prestaciones similares.
- 3) Al tratarse de una tecnología en desarrollo y contar todavía con una baja demanda de unidades, su precio no puede (Hoy en día) competir con el de las tecnologías convencionales. Es de esperar que conforme incremente la demanda, los precios se equiparen.

VII. INSTALACIÓN DE LA PLANTA GENERADORA ^[11,12]

Se trata de una planta producida por la empresa DFC, que es una empresa de mucho criterio e investigación ambiental con sede en California (EEUU). El modelo es una DFC 3000 que puede funcionar con gas natural o biogas. El requerimiento de combustible es de 722.14 m³/hora de biogas. Es una celda del tipo MCFC que funciona a 600 °C.

VII.1 Especificaciones de Potencia Eléctrica

A continuación se enumeran las especificaciones de potencia eléctrica estándar de la planta DFC3000:

Tabla 2. Características Generales de la Planta

Power Output	
Power @ Plant Rating	2,800 kW
Standars Output AC Voltage	13,800 V
Standar Frequency	60 Hz
Optional Output AC Voltages	12,700, 4,160V
Optional Output Frequency	50 Hz
Efficiency	47 +/- 2%
LVH	
Available Heat	
Exhaust Temperature	700 +/- 50°F
Exhaust Flow	36,600 lb/h
Allowable Backpressure	5 iwc
Heat Energy Available for Recovery	
(to 250°F)	4,433,000 Btu/h
(to 120°F)	7,460,000 Btu/h

VII.2 Instalación eléctrica de la Planta

La Planta tiene una potencia de generación de 2,800 KW, 3,110 KVA y 13,000 V. Para la conexión de la Planta a la red Nacional de Energía Eléctrica se requiere de 1,700 metros del circuito primario de tres fases con conductor de aluminio ACSR 477 AWG y neutro ACSR 3/0 AWG (Ver Fig. 4 a y b).



Fig. 4a, Trayectoria del Cableado del Generador a la Red de Energía Eléctrica Nacional.

La Dirección de Planificación de la ENEE realizó los estudios eléctricos del proyecto. Con el proyecto en funcionamiento se pretende servir las próximas exigencias de la población en cuanto a Electricidad. Se estima un incremento en el tiempo de utilidad de los materiales utilizados en el circuito de distribución L-291. Luego de cinco años de iniciado el proyecto (2013) y ya en funcionamiento, el circuito L-291 producirá electricidad de manera segura y sin sobrepasar los límites establecidos.

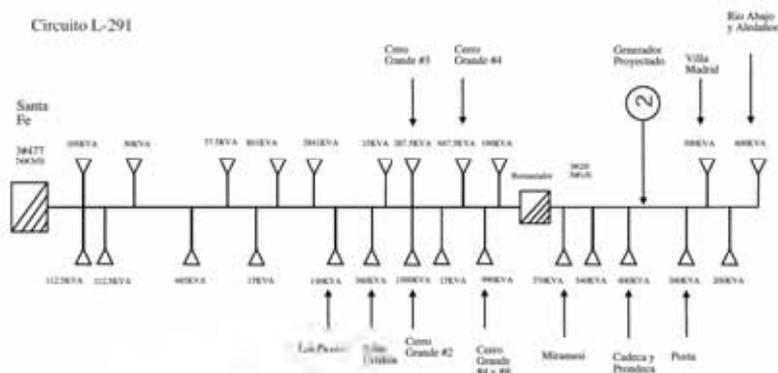


Fig. 4b Diagrama unifilar del circuito L-291

En 2013, el comportamiento de la línea asegura que su tiempo de utilidad se extenderá por la acción aliviadora del proyecto. Los conductores trabajarán dentro de los límites establecidos sin ningún problema.

En 2018 el circuito de distribución L-291 suministrará electricidad de manera eficiente y segura. Se puede observar que el riesgo de sobrecalentar las líneas es poco, gracias a la ayuda brindada por el proyecto.

Con este análisis puede asegurarse que el proyecto será de gran utilidad por el ahorro en la obtención de nuevos materiales y porque abastecerá la nueva demanda energética que se presentará en los años venideros.

VIII. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

Es de suma importancia un análisis de factibilidad económica del proyecto ya que uno de los propósitos primordiales de esta investigación es el de mostrar los múltiples beneficios que procuran los proyectos de Energía Renovable.

VIII.1 Consideraciones básicas para la evaluación económica⁽¹³⁾

La implementación del Proyecto requiere la inversión en varios rubros: equipo, mano de obra, flete y acarreo de material. Los gastos ascienden a un monto de L. **196,052,248.60**; incluyendo un 30% de imprevistos (Ver **Tabla 3**).

Tabla 3. Costos de Inversión del Proyecto

Costos de inversión del proyecto	Costo
Descripción	Lps
Celdas	105,840,000.00
Planta de pretratamiento	6,905,041.00
Elementos auxiliares de las celdas	6,655,881.00
Flete marítimo y terrestre	94,500.00
Mejoramiento relleno sanitario	14,400,000.00
Instalación eléctrica	950,000.00
Instalación de la planta	10,584,000.00
Instalación de interconexión a la red eléctrica	380,000.00
Obras civiles	5,000,000.00
TOTAL	150,809,422.00
Imprevistos aprox. 30%	196,052,248.00

Para la evaluación económica se utilizó la tasa de cambio oficial. Ésta emitió el valor de la planta generadora en lempiras. Se estimó que la obtención de los recursos se efectuó mediante un préstamo bancario por parte del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). El préstamo implica una tasa de interés del 15% anual, para un periodo de diez años y con un periodo de gracia de un año. Se consideró que el 75% del capital a invertir es financiable y el restante 30% es capital propio a invertir. De esta primera inversión un 60.9% se concentrará en la adquisición de equipo; y el 39.1%, en toda la logística requerida para su funcionamiento.

En la **Tabla 4** aparece el análisis de factibilidad. Se aprecian nueve columnas. La primera refiere los años, la segunda columna involucra la anualidad que se paga por el préstamo, la tercera los costos de operación y mantenimiento, la quinta involucra los ingresos que se obtendrán por la venta de energía eléctrica a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) y por la venta de certificados de reducción de emisiones (CERs). La sexta columna contiene la diferencia entre egresos e ingresos. La octava columna son las utilidades acumuladas y la séptima la TIR.

Tabla 4. Factibilidad económica

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA								
Año	Anualidad por inversión	Costos O&M	Costos Totales	Valor de energía a la ENEE y CERs	Diferencia anual	Diferencia acumulada	Utilidad acumulada	TIR anual
	Lps	Lps	Lps	Lps	Lps	Lps	Lps	%
0					-48,013,062.15			
1	39,063,814.89	3,164,000.00	42,227,814.89	46,663,885.60	6,436,070.71	6,436,070.71		
2	39,063,814.89	3,315,872.00	42,379,686.89	54,562,538.40	12,182,851.51	18,618,922.22		
3	39,063,814.89	3,475,033.88	42,538,848.75	57,511,864.80	14,973,016.05	33,591,938.27		
4	39,063,814.89	3,641,835.48	42,705,650.38	60,461,191.20	17,755,540.82	51,347,479.09	2,334,416.94	2%
5	39,063,814.89	3,816,843.58	42,880,458.48	63,410,517.60	20,530,059.12	71,877,538.21	22,864,476.06	12%
6	39,063,814.89	3,999,842.48	43,063,657.37	66,359,844.00	23,296,186.63	95,173,724.84	46,160,662.69	19%
7	39,063,814.89	4,191,834.92	43,255,649.81	67,834,507.20	24,578,857.39	119,752,582.23	70,739,520.08	23%
8	39,063,814.89	4,398,042.99	43,456,857.89	70,783,833.60	27,326,975.71	147,079,557.95	98,066,495.80	26%
9	39,063,814.89	4,603,909.05	43,667,723.95	73,733,160.00	30,065,436.05	177,144,994.00	128,131,981.85	28%
10	39,063,814.89	4,824,898.69	43,888,711.58	75,207,823.20	31,319,111.62	208,464,105.61	159,451,043.46	29%
11	0.00	5,056,491.73	5,056,491.73	78,157,149.60	73,100,657.87	281,564,763.48	232,551,701.33	32%
12	0.00	5,299,203.33	5,299,203.33	63,410,517.60	58,111,314.27	339,676,077.75	290,663,015.60	33%
13	0.00	5,553,565.09	5,553,565.09	51,613,212.00	46,059,646.91	385,735,724.66	336,722,662.51	33%
14	0.00	5,820,136.22	5,820,136.22	42,765,232.80	36,945,096.56	422,680,821.24	373,667,759.09	34%
15	0.00	6,099,502.76	6,099,502.76	35,391,916.80	29,292,414.04			34%
Total	312,510,519.16	67,255,819.18	379,766,329.34	592,917,194.00	451,973,235.28	451,973,235.28	451,973,235.28	

Los resultados obtenidos denotan que el proyecto es altamente rentable ya que se generan a utilidades a partir del cuarto año. Después de diez años se acumularán 159.4 millones de Lempiras con una TIR de 29%.

IX. CONCLUSIONES

1. Al evaluar el relleno de Tegucigalpa se determinó que es posible su conversión a relleno sanitario, siempre y cuando se mejore su infraestructura. Así se le dará un tiempo de utilidad de hasta 10 años como máximo. Es importante hacerlo pronto pues si el botadero se vuelve de alto riesgo deberá clausurarse. Se ha perdido una importante cantidad de área que en la actualidad es inútil para efectos de generación de biogas. Ésta pudo aprovecharse en el pasado.
2. Gracias al modelo centroamericano de biogas y tomando en cuenta los ajustes debido a las características particulares del relleno de Tegucigalpa, fue posible estimar la generación y recuperación de biogas y por ende de electricidad. Se encontró una capacidad potencial de 5.3 MW.
3. Desde el punto de vista económico, el proyecto es rentable y atractivo porque genera utilidades desde el cuarto año en función. Éstas ascienden a L. 159.4 millones, después de 10 años con una TIR de 29%. Es muy rentable si se considera que está arriba de la tasa de mercado que estima alrededor del 15%.
4. La consolidación del Protocolo de Kyoto y el dinamismo que han adquirido los Mecanismos de Desarrollo Limpio, contribuyen a la rentabilidad económica y social del proyecto.
5. La tecnología de las celdas de combustible sigue en crecimiento. De allí que las facilidades de costo y adquisición pueden suponerse positivas.

X. RECOMENDACIONES

1. Recomendamos a los entes gubernamentales involucrados (ENEE, Alcaldía del D.C, SERNA, otros) el nombramiento de una comisión que se encargue de la gestión, financiamiento, la construcción e instalación del proyecto y en particular, de diseñar adecuadamente los sistemas de recolección de biogas para así maximizar a 85% la eficiencia en la obtención de biogas.
2. Es posible aumentar la eficiencia de la Planta Generadora si el calor generado es empleado en cogeneración (turbinas de gas, ciclos convencionales de vapor, etc.), por lo que se sugiere tomar en cuenta estas consideraciones si se quiere elevar el nivel de eficiencia de la Planta Generadora.
3. El modelo centroamericano de Biogas asume un 50% de metano en la composición del Biogas. Se aconseja la realización de un estudio más detallado

sobre las concentraciones de metano presentes en el Biogas producido en el Relleno Municipal de Tegucigalpa.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. S. Torres. 2008. "Análisis de Desechos Sólidos en el Casco Urbano de San Esteban, Olancho, Honduras". Publicación de la revista de la Universidad Earth de Costa Rica. Disponible en http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos-de-usuario/Edicion/69_Articulo%20Torres.pdf
- [2] López, Raquel; Padilla, Alex. "Manejo de los Residuos Sólidos en Honduras", San Salvador, El Salvador. 2007. Disponible en http://www.epa.gov/lmop/conf/ca_workshop/MRSHonduras.pdf
- [3] "Manejo de Desechos Sólidos, Tegucigalpa, Honduras" pdf. Disponible en <http://www.femica.org/areas/modambiental/archivos/exp/Manejo%20de%20Desechos%20Sólidos%20Tegucigalpa,%20Honduras.pdf>
- [4] CONAM / CEPIS / OPS. 2004. "Guía Técnica para la Clausura y Conversión de Botaderos de Residuos Sólidos". Lima, Perú. Disponible en http://www.cepis.ops-oms.org/curso_rsm/e/fulltext/040525.pdf
- [5] Agencia para la Protección del Ambiente (U.S. EPA). 2007. "Manual de usuario modelo Centroamericano de biogás". Washington D.C. Disponible en http://www.epa.gov/lmop/int/ManualdelUsuarioV1_CentroamericaREV1.pdf
- [6] Celdas de Combustible. Disponible en https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/1/EL42C/1/material_docente/objeto/66647
- [7] Las Celdas de Combustible: Las celdas de combustible: verdades sobre la Generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica. Disponible en www.iie.org.mx/reno99/apli.pdf
- [8] Dennis Escoto, Luis Molina, Leonel Sánchez, Dennis Rivera "Proyecto Celdas de Combustible con Biogás", Seminario de Investigación 2do semestre. 2007.
- [9] Karina Ávila, Nubia Maradiaga, Joel Escoto, Dennis A. Rivera, "Alternativas de Generación, Sistemas de Potencia en base a Celdas de Combustible" Seminario de Investigación (IE-900), I semestre 2007.
- [10] Lennin Andino, Marcio Cáceres, Dennis A. Rivera, "Celdas de Combustible" Seminario de Investigación (IE-900), I semestre 2007.
- [11] "Tipos de Celdas de Combustible". Fuel Cells 2000. www.worldwide.fuelcells.org
- [12] Fuel Cell Energy". www.fce.com
- [13] Rudis Salinas, Raúl Velásquez, Francisco Narváez, Dennis Rivera, "Generación de Energía Eléctrica en el Basurero Municipal". Seminario de Investigación (IE-900), I semestre 2008.

Identificación de zonas seguras para el crecimiento urbano de Tegucigalpa desde una perspectiva de manejo de cuencas hidrográficas

Dennis Ernesto Funes Escobar*, Rodolfo Ochoa Álvarez**

RESUMEN

El estudio se enfocó en aportar elementos para determinar las zonas más adecuadas para el desarrollo urbanístico del área geográfica del Municipio del Distrito Central para los próximos 50 años, desde una perspectiva de manejo de cuencas hidrográficas y prevención de desastres.

Antes de poder determinar las zonas más apropiadas para el desarrollo urbano del MDC fue necesario primero definir y delimitar las zonas no aptas o de exclusión territorial para fines urbanísticos. Las dos variables de exclusión utilizadas en esta investigación para determinar dichas zonas fueron las siguientes:

1. Zonas con limitaciones o restricciones geográficas del MDC y de sus cuencas hidrográficas (Perspectiva de prevención de desastres).
2. Zonas de importancia ambiental e hídrica para el MDC (Perspectiva de manejo de cuencas hidrográficas).

Los resultados del estudio arrojan que los núcleos geográficos propuestos para fines de prioridad en el desarrollo urbanístico de la ciudad de Tegucigalpa se localizan principalmente al norte y nor-oeste del perímetro actual de la ciudad (zona de Amarateca y zona carretera a Olancho). Lo anterior revela que la ciudad debería limitar su crecimiento actual hacia el sur, este y oeste de la misma e incentivar el crecimiento futuro hacia el norte.

Palabras clave: *Zonas de exclusión, ordenamiento territorial, planificación urbana, manejo de cuencas hidrográficas, prevención de desastres.*

ABSTRACT

This study was focused on providing evidence to determine the most suitable areas

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias. Estudiante en la Maestría de Gestión de Riesgos y Manejo de Desastres. Ingeniero Ambiental. dennis.funes@gmail.com

** Servicio Autónomo Nacional de Acueducto y Alcantarillado. Dirección de Asistencia Técnica. Asesor

for urban development of the geographic area of the Central District Municipality for the next 50 years, from the perspective of watershed management and disaster prevention.

Before you can determine the most appropriate areas for urban development of the MDC, it was necessary first to define and delimit the areas not suitable for urban purposes. The two variables used in this research to determine those areas were:

1. Areas with geographical limitations or restrictions of the MDC and its watershed (disaster prevention perspective).
2. Environmentally important areas for the MDC (watershed management perspective).

The results of the study shows that geographic cores proposed for urban development in the city of Tegucigalpa are located mainly in the north and northwest of the current perimeter of the city (near area of Amarateca and road to Olancho). This represents the city should limit its current growth to the south, east and west of it and encourage future growth to the north.

Key words: *Exclusion zones, land use planning, urban planning, watershed management, disaster prevention.*

INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene la finalidad de mostrar los principales hallazgos y conclusiones del estudio realizado en el marco del proyecto de Tesis para la obtención del título de Master en Gestión de Riesgos y Manejo de Desastres de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). La investigación surgió de la necesidad de iniciar un proceso de ordenamiento del territorio del MDC, definiendo las zonas de conservación, de uso especial, de uso restringido y las zonas aptas y no aptas para el desarrollo urbano del municipio y con ello reducir la ocurrencia de desastres y asegurar la conservación de las fuentes principales de agua potable para el crecimiento de la ciudad de Tegucigalpa.

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La ciudad de Tegucigalpa se localiza en el extremo sur del Municipio del Distrito Central (MDC), departamento de Francisco Morazán, mismo que se ubica en la zona central de Honduras. Posee una elevación promedio de 1,100 msnm y cuenta con una población actual de 953,763 habitantes¹ y un área superficial² de 126 Km², lo cual representa un poco más del 8% del total del territorio del MDC (1,502 Km²).

Comparando el crecimiento poblacional de las 6 ciudades más pobladas de Honduras, se puede notar que Tegucigalpa y San Pedro Sula constituyen el foco de mayor crecimiento poblacional en Honduras en los últimos 50 años. Para el caso de Tegucigalpa, el fuerte crecimiento poblacional, en términos absolutos, desde 1970 ha venido acompañado de una fuerte presión y demanda de viviendas y servicios públicos que las autoridades no han podido solventar, provocando el incremento del nivel de pobreza y vulnerabilidad de las poblaciones que habitan en las zonas marginales alrededor de la ciudad. Tegucigalpa, a pesar de representar la ciudad con mayor población del país, su comportamiento en cuanto a las tasas de crecimiento ha ido en decrecimiento, principalmente en el último periodo intercensal (2.8%). Choloma y San Pedro Sula, sin embargo, llevan una mayor tendencia de crecimiento poblacional para las próximas décadas, incentivado en gran medida por las facilidades geográficas de ambas ciudades y el crecimiento industrial de la zona. Comparando las tasas de crecimiento de Tegucigalpa en relación con otras ciudades de Centroamérica, encontramos que Tegucigalpa ha crecido a un ritmo mucho más acelerado que otras ciudades, como por ejemplo San Salvador, que

¹ Fuente: Proyecciones de población del Censo Nacional de Población y Vivienda, 2001, INE.

² Fuente: Elaboración propia con cálculos de área del mapa base de la ciudad, 2005.

disminuyó su tasa de 2.6 a 1.8% entre 1995 y 2010³. No obstante, y aun si se redujera la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad de Tegucigalpa a 2% anual, para el 2030 Tegucigalpa contará con una población de 1.9 millones y para el 2050 de 2.9 millones de habitantes (*Estimaciones propias, utilizando una tasa de crecimiento constante de 2% y asumiendo el mejor de los escenarios de crecimiento poblacional*).

Las primeras incógnitas que resultaron de este análisis fueron: ¿En que territorio se ubicará esta población y cuál será la demanda de servicios? ¿Puede el territorio de la ciudad albergar a más de 3 millones de habitantes en condiciones de seguridad ante fenómenos naturales? Adicionalmente, y considerando el enfoque de garantizar el abastecimiento de agua de la ciudad, se seleccionaron los alrededores del MDC de modo que se abarcara en su totalidad las áreas comprendidas por las principales cuencas hidrográficas de abastecimiento actual y futuro de la ciudad de Tegucigalpa.

Tegucigalpa se ha convertido, producto de su crecimiento desordenado en los últimos 50 años, en una Ciudad Vulnerable y con una Crisis Urbana, que la hace riesgosa e ineficiente para sus habitantes actuales, y de continuar con las mismas tendencias de crecimiento, también lo será para las poblaciones futuras.

A continuación se describe el por qué le denominamos una Ciudad Vulnerable y con Crisis Urbana.

Consideramos que una ciudad es “**Vulnerable**”, cuando una importante cantidad de población habita en zonas propensas a ser impactadas por inundaciones, deslizamientos y otras amenazas naturales, además de ser una población susceptible a sufrir daños por sus frágiles condiciones de vida, infraestructura y niveles de ingresos. Cada año que un evento de lluvia significativo se manifiesta en la ciudad, los cientos de hogares que viven en zonas de alto riesgo están vulnerables, no sólo a perder sus bienes materiales, sino a morir a causa de inundaciones o movimientos de ladera.

La Tormenta Tropical MITCH en 1998, dejó a su paso por la ciudad de Tegucigalpa (según estimaciones de la municipalidad del Distrito Central), 47 barrios dañados severamente, 180 personas perdieron la vida, alrededor de 860 desaparecidos, 250 mil damnificados, cerca de 3,300 viviendas y 14 puentes destruidos y 230 plantas industriales y 390 establecimientos comerciales total o parcialmente

³ Fuente: Proyección de la Población de El Salvador 1995-2025, página 29, San Salvador 1996.

dañados. Por otro lado, consideramos una ciudad con **“crisis urbana”** a aquella que producto del crecimiento desordenado, la carencia de viviendas apropiadas y servicios públicos y la falta de empleo, presenta altos niveles de pobreza, con secuelas de hambre y enfermedades que desarticulan la familia y la sociedad en general, produciendo barrios altamente peligrosos con índices elevados de delincuencia y vulnerabilidad social. Año con año, a Tegucigalpa llegan cientos de familias provenientes del interior del país, la mayoría de ellas se instalan en barrios marginales en alto riesgo y demandan acceso a viviendas y servicios básicos. Esta inmigración ha generado, en las últimas décadas, que los cinturones de pobreza se incrementen y que el crecimiento de la ciudad sea completamente desordenado, provocando que los servicios básicos sean insuficientes, razón por lo cual la mayoría de los habitantes viven en condiciones inadecuadas.

El servicio básico de mayor importancia, tanto para la salud e integridad de las personas como para el desarrollo de cualquier ciudad, es el agua potable. En Tegucigalpa este servicio ha sido brindado por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) desde el año 1,963, y para ello ha utilizado como principales fuentes superficiales, la montaña de La Tigra, el Río Guacerique, el Río Grande y más recientemente el Río de Sabacuante. Desde los años setentas comenzaron a darse los primeros problemas de abastecimiento de agua en la ciudad que motivaron a la construcción del primer embalse de los “Laureles” con capacidad de 12 Millones de Metros Cúbicos (MMC), y en la década de los noventas el embalse “Concepción” con mayor capacidad que el anterior (33 MMC).

En la actualidad, y para el periodo seco, la demanda anual de agua de la ciudad es de 106.7 MMC (DIAT-SANAA, 2005), equivalente a 4 veces la capacidad de almacenamiento del embalse de Concepción; esto representa un déficit de producción que asciende a 1,743 litros por segundo (l/s) en los años críticos, cuando los embalses no se llenan en la temporada anterior de lluvias. La necesidad de un nuevo proyecto competente y no de emergencia se manifiesta por el tipo de servicio informal que se presta en la actualidad, pues existen varios sectores informales en las partes más altas de la ciudad que son abastecidos una vez a la semana o una vez al mes, contrario a las zonas más privilegiadas (red primaria), donde el suministro es día de por medio o cada dos días.

El problema se agudiza en verano, cuando los racionamientos de agua afectan a toda la población de Tegucigalpa que no cuenta con tanques de almacenamiento domiciliar: los que normalmente reciben un servicio día de por medio, pasan a cada tres días y los que reciben cada 15 días, pasan a una vez al mes.

MÉTODO

El tipo de investigación desarrollada fue de carácter cuantitativo, ya que los datos fueron examinados de manera numérica, utilizando la estadística y sistemas alfanuméricos como son los Sistemas de Información Geográfica. Dentro de la investigación cuantitativa se seleccionó la investigación analítica, ya que se definió una serie de variables cuantitativas continuas que fueron comparadas y analizadas para comprobar una hipótesis pre-establecida.

La población, para esta investigación, comprendió la de todo el territorio del Municipio del Distrito Central; y no fue necesario utilizar una muestra, ya que se contaba con toda la información geográfica y estadística para cubrir toda la población.

Variable 1: Zonas con limitaciones geográficas del MDC y de sus cuencas hidrográficas.

Las condiciones topográficas determinan las facilidades o limitantes para la construcción e instalación de la infraestructura de bienes y servicios necesarios para los procesos de urbanización y edificación de ciudades. Mientras más quebrado o escarpado sea un territorio, más complicado y costoso se vuelven los procesos de urbanización y mayores los impactos ambientales derivados de los mismos (erosión, movimiento de tierra, sedimentación acelerada de ríos, etc). Por otra parte, las riveras del Río Choluteca y las zonas propensas a inundación también son consideradas como limitantes geográficas para fines de desarrollo urbanístico.

Basado en un modelo de elevación digital de la zona en estudio y en la red hídrica del MDC, los indicadores utilizados para la identificación de las zonas con mayores limitantes geográficas fueron los siguientes:

Indicadores:

Territorio comprendido entre las cotas 1,150 msnm y 1,800 msnm.

Justificación: La cota 1,150 msnm fue establecida por Metroplan de la municipalidad como la máxima permitida para nuevas construcciones en el perímetro actual de la ciudad. En el capítulo IX del Plan de Arbitrios de 2007 se menciona y ratifica que "...La Gerencia de Metroplan brindará los servicios de alineamiento, revisión y aprobación de los planos y la inspección que establece el Reglamento de Zonificación, Lotificación, Urbanización y Construcción, las cuales

deberán respetar una cuota máxima de 1150 metros sobre el nivel del mar y pendientes menores del 20%...”

Territorio comprendido por encima de la cota 1,800 msnm.

Justificación: Partes más altas de las montañas que rodean el MDC y que representan las zonas de mayor protección de las áreas protegidas cercanas.

La Ley de Bosques Nublados en Honduras (Decreto 87-87) establece, en uno de sus considerandos, que los bosques nublados que se encuentran ubicados en los picos y cerros con altitudes arriba de los 1,800 metros sobre el nivel del mar son los ecosistemas que tienen la mayor capacidad de generar agua potable a un bajo costo para el beneficio de las comunidades circunvecinas.

En la misma Ley, el artículo 5 establece que cada una de esas áreas se declara una "Zona Protegida a Perpetuidad", cuya área esté comprendida entre el punto más elevado y la cota sea de 1800, 2000 ó 2,100 msnm, según se establezca en los estudios respectivos a ser elaborados para cada área en particular. Dentro de los límites de esta zona no se permitirá ninguna actividad agrícola, pastoril, tala, quema, minería y asentamientos humanos, así como los relacionados con cacería, pesca de cualquier índole, construcción de carreteras, viviendas, establecimientos comerciales, públicos y privados que causen disturbios ecológicos.

Áreas con pendientes naturales de terreno mayores al 40% sin importar la cobertura y estabilidad del suelo.

Justificación: Las zonas con pendientes mayores del 40% generan impactos ambientales y posibles fallas del suelo cuando son intervenidas ya sea para construcción de caminos, carreteras, instalación de infraestructura de servicios (agua y saneamiento, electrificación, telecomunicaciones, etc) o construcción de urbanizaciones que requieren grandes movimientos de tierra de relleno para disminuir la pendiente del suelo.

Además de los impactos ambientales (erosión, pérdida de cobertura vegetal, compactación del suelo) que afectan el comportamiento hidrológico, estas zonas, desde el punto de vista económico, son menos factibles para fines de desarrollo urbano que las áreas con pendientes naturales menores del 40%.

Adicionalmente, en la mayoría de estudios de susceptibilidad a deslizamientos que se han desarrollado en varias ciudades latinoamericanas, se ha utilizado la variable de pendientes con valores de susceptibilidad alta para pendientes mayores a 30%.

Franja de protección forestal del cauce principal del Río Choluteca para fines de prevención y mitigación de inundaciones.

Justificación: Al no contar en la actualidad con estudios hidrológicos e hidráulicos completos que determinen y delimiten las áreas susceptibles a ser inundadas por el Río Choluteca a su paso por el MDC, se utilizó el área comprendida por 150 metros a ambos lados del cauce principal del río, considerado un criterio conservador y en base a lo establecido en la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (Decreto 98-2007). Además se incorporaron los resultados del estudio de la Cooperación Japonesa (JICA, 2001) sobre inundaciones en la ciudad de Tegucigalpa tras el paso de la Tormenta Tropical Mitch en 1998.

Variable 2: Zonas de importancia ambiental e hídrica para el MDC

Las zonas de importancia ambiental para fines de este estudio son aquellas que tienen una función imprescindible para el adecuado desarrollo urbanístico de la ciudad de Tegucigalpa y el MDC, es decir, que su protección es indispensable para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable (cantidad y calidad del agua) para la población actual y futura de la ciudad. Además de su importancia hídrica, la protección de estas zonas mantiene el equilibrio hidrológico y la cobertura vegetal y forestal necesaria para disminuir el riesgo de inundaciones, deslizamientos de tierra y sedimentación acelerada de ríos, así como su función de producción de oxígeno (pulmones de la ciudad) y captación de dióxido de carbono (Co₂).

Basado en las cuencas hidrográficas identificadas para fines de abastecimiento de agua de la ciudad, la red hídrica de la zona de estudio y los límites de las áreas protegidas que rodean el MDC, se utilizaron los siguientes indicadores para la definición y delimitación de las zonas de mayor importancia ambiental e hídrica para el MDC:

Indicadores:

Franja de amortiguamiento de los principales ríos del MDC identificados para fines de abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa

Justificación: Se tomó el área comprendida por 150 metros a ambos lados del cauce principal de los ríos hasta la altura de los sitios seleccionados para las obras de captación y 100 metros a ambos lados de los cauces secundarios (Afluentes directos de los ríos principales).

Este indicador es amparado por la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (Decreto No. 98-2007), la cual establece, en el artículo 123, numeral 2, sobre la protección de fuentes y cursos de agua, que en los ríos y quebradas permanentes se establecerán fajas de protección de ciento cincuenta metros (150), medidos en proyección horizontal a partir de la línea de ribera, si la pendiente de la cuenca es igual o superior al treinta por ciento (30%), y de cincuenta metros (50) si la pendiente es inferior del treinta por ciento (30%).

Áreas comprendidas por la zona núcleo y amortiguamiento de las áreas protegidas con territorio dentro del MDC: Parque Nacional La Tigra, Reserva de Vida Silvestre Corralitos, Área de Usos Múltiples Carías Bermúdez y la Reserva Biológica de Yerba Buena.

Justificación: Todas las áreas protegidas mencionadas están amparadas legalmente como zonas de protección prioritaria por su importancia ambiental y forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras (SINAPH).

Área tributaria de la parte alta de los principales ríos (cuenca alta) identificados para fines de abastecimiento de agua potable en el territorio del MDC, delimitada a la altura del 30% de la distancia total del río desde su nacimiento hasta el sitio seleccionado para las obras de captación.

Justificación: No existe un parámetro estándar a nivel internacional para definir las zonas de recarga de los ríos principales. Para ello es necesario realizar estudios específicos que consideren las particularidades de cada cuenca. Por tanto y para fines de este estudio, se tomó como punto de partida (propuesta) el área comprendida a la altura del 30% de recorrido del río principal desde su nacimiento hasta el punto seleccionado para la construcción de las obras de captación (presas). La Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (Decreto No. 98-2007), establece, en su artículo 123, sobre la protección de fuentes y cursos de agua que las zonas de recarga hídrica o cuenca alta son zonas de protección exclusiva. Se prohíbe todo tipo de actividad en estas zonas cuando estas cuencas están declaradas legalmente como zonas abastecedoras de agua.

El territorio por debajo de la costa 1,150 msnm fue considerado como punto de partida para analizar las zonas más apropiadas para el crecimiento de la ciudad de Tegucigalpa y desarrollo urbano del MDC. A este territorio (Coloreado de verde) se sobrepuso las zonas de exclusión identificadas y con ello se determinaron los principales núcleos geográficos que se proponen para fines de desarrollo urbano.

PRINCIPALES RESULTADOS

Zonificación del MDC según las condiciones topográficas de altura sobre el nivel del mar.

En términos generales, de los 1,502 km² del MDC, aproximadamente 43 Km² se encuentran por encima de los 1,800 msnm, representando solamente el 3% del territorio del MDC y la zona de mayor exclusión para fines urbanos bajo este indicador.

Por otro lado, aproximadamente 901 km² se encuentran entre las cotas 1,150 y 1,800 msnm, representando el 60% del territorio del MDC y la zona de exclusión media para fines urbanísticos bajo este indicador. Aproximadamente 558 km², 37% del territorio del MDC se encuentra por debajo de los 1,150 msnm y representa la zona de baja exclusión para fines urbanísticos y el punto de partida para la identificación de los núcleos geográficos más apropiados para el desarrollo urbano del municipio.

El perímetro de la ciudad de Tegucigalpa representa aproximadamente el 8% del territorio del MDC (125.88 km²), de los cuales más del 80% (104 km²) se encuentra por debajo de los 1,150. El 20% restante representa la periferia de la ciudad que en los últimos años se ha expandido hacia zonas por encima de los 1,150 msnm con pendientes más altas y mayores limitaciones para el desarrollo urbano.

Restando el territorio actual de la ciudad de Tegucigalpa al total de la zona por debajo de 1,150 msnm, queda un remanente de 454 km² que representa el 33%, considerado como el más apropiado para fines urbanísticos bajo este indicador. A este territorio se fueron restando las diferentes zonas de exclusión identificadas en los demás indicadores.

Áreas con pendientes naturales de terreno mayores al 40%.

El área total calculada es de aproximadamente 163 km². Se puede observar como las zonas de pendientes mayores al 40% se localizan en su mayoría en las áreas por arriba de los 1,150 msnm. Importante observar también las franjas de pendientes mayores al 40% entre las zonas "verdes" y "amarillas", lo que de cierta forma valida al indicador anterior de utilizar estos rangos de elevación para delimitar las zonas de alta, media y baja exclusión para fines urbanos.

Específicamente hablando de las zonas cercanas al actual perímetro de la ciudad

de Tegucigalpa, se puede observar cómo al este, norte y suroeste de la ciudad existen zonas importantes con pendientes mayores al 40%, lo que limita fuertemente su expansión geográfica. Solamente algunas zonas ubicadas al oeste y en menor medida al sur de la ciudad presentan una predominancia de pendientes por debajo del 40%, lo que además coincide con las áreas de mayor crecimiento urbano en los últimos años.

Franja de protección forestal del cauce principal del Río Choluteca.

Según cálculos preliminares, aproximadamente 21 Km² representan la franja de protección forestal considerando 150 mts a ambos lados del Río Choluteca. Cabe hacer notar que al comparar esta franja con el área de inundación de 50 años identificada por el estudio de JICA (2001), en la ciudad de Tegucigalpa, tras el paso de la Tormenta Tropical Mitch, la franja propuesta es más conservadora, lo que representa un buen punto de partida para un análisis más profundo del área a destinar para fines de protección a ambos lados del cauce del Río Choluteca y con ello prevenir inundaciones futuras en las nuevas zonas de la ciudad.

Franja de amortiguamiento de los principales ríos afluentes del MDC.

Según cálculos preliminares, aproximadamente 17 Km² representan la franja de protección forestal de la red hídrica secundaria de las cuencas hidrográficas identificadas para fines de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Tegucigalpa.

Áreas comprendidas por la zona núcleo y amortiguamiento de las áreas protegidas.

Basado en la información proporcionada por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras y el Sistema Nacional de Información Territorial, el cálculo del área total de las áreas protegidas contenidas dentro del territorio del MDC es de aproximadamente 270 km².

Cuenca alta de los principales ríos identificados para fines de abastecimiento de agua.

El área total calculada de las "cuencas altas" de los principales ríos que se encuentra dentro del territorio del MDC fue de aproximadamente 148 km². Adicionalmente, el siguiente cuadro muestra de forma comparativa, las áreas propuestas de "cuenca alta" de las subcuencas de importancia hídrica para el MDC.

Áreas de las cuencas altas propuestas para las subcuencas del MDC

Nombre de la subcuenca	Área Total (km ²)	Área propuesta de cuenca alta (km ²)	Porcentaje con respecto al área total
Río Guacerique	192.3285	88.6224	46.08
Río El Hombre	343.3165	121.1852	35.30
Río Grande	139.7220	25.0781	17.95
Río Ojojona	50.7108	15.1962	29.97
Río El Pescado	11.6877	3.7725	32.28
Río El Águila	32.0183	8.5204	26.61
Río Sabacuante	46.0587	20.6371	44.81
Río Tatumbá	63.2205	29.1989	46.19

Fuente: Elaboración Propia, 2005

Como se observa en la tabla anterior los rangos varían entre el 17 y el 46% del área total de las cuencas, considerado como el área prioritaria de protección ambiental y punto de partida para establecer estrategias de sostenibilidad con respecto a la cantidad y calidad mínima de agua para el funcionamiento de los embalses y plantas de tratamiento respectivas. El cuadro siguiente resume los cálculos obtenidos de las variables e indicadores utilizados y los niveles de exclusión recomendados para el desarrollo urbano del MDC.

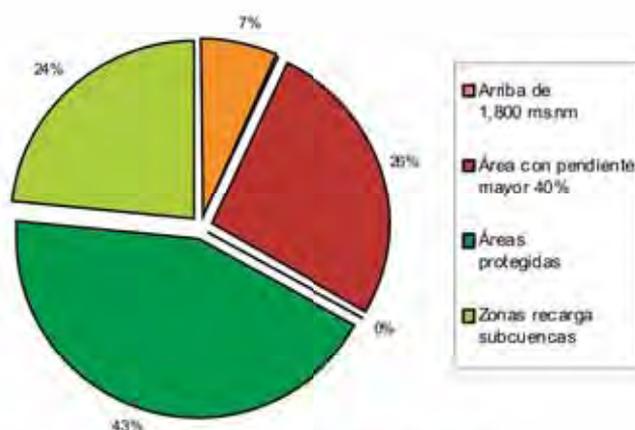
Niveles de exclusión recomendados según indicadores utilizados

Indicador	Nivel de exclusión	Área en Km ²
Territorio comprendido entre las cotas 1,150 msnm y 1,800 msnm.	Zona de exclusión media. Coloreadas en amarillo.	360.4439
Territorio comprendido por encima de la cota 1,800 msnm.	Zona de exclusión alta. Coloreadas de rojo.	43.4042
Áreas con pendientes naturales de terreno mayores al 40% sin importar la cobertura y estabilidad del suelo.	Zona de exclusión alta. Coloreadas de rojo.	163.0441
Franja de protección Forestal del cauce principal del Río Choluteca para fines de prevención y mitigación de inundaciones.	Zona de exclusión media. Coloreadas de amarillo.	21.0000
Franja de amortiguamiento de los principales ríos del MDC identificados para fines de abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa.	Zona de exclusión media. Coloreadas de amarillo.	17.2434
Áreas comprendidas por la zona núcleo y amortiguamiento de las áreas protegidas con territorio dentro del MDC.	Zona de exclusión alta. Coloreadas de rojo.	270.2614
Área tributaria de recarga de los principales ríos identificados para fines de abastecimiento de agua potable en el territorio del MDC.	Zona de exclusión alta. Coloreadas de rojo.	147.6572

Fuente: Elaboración propia

Al restar al territorio del MDC las zonas de exclusión alta y media y el actual perímetro urbano de Tegucigalpa queda un remanente de territorio de aproximadamente 353 km² que representa el área propuesta para fines de desarrollo urbano con las limitaciones específicas según la topografía y estudios técnicos respectivos.

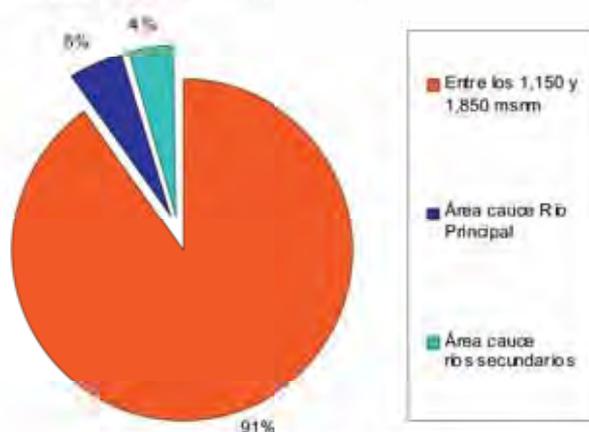
Distribución de áreas de exclusión Alta para fines urbanísticos del MDC



Fuente: Elaboración propia

En total 624.37 Km² se han identificado como NO aptos para fines urbanos bajo las zonas de mayor exclusión territorial. 43% de este territorio corresponde a las Áreas Protegidas, 26% a las áreas con pendientes mayores al 40%, 24% a las partes altas de las subcuencas y el 7% restante a otras zonas por encima de la cota 1,800 msnm.

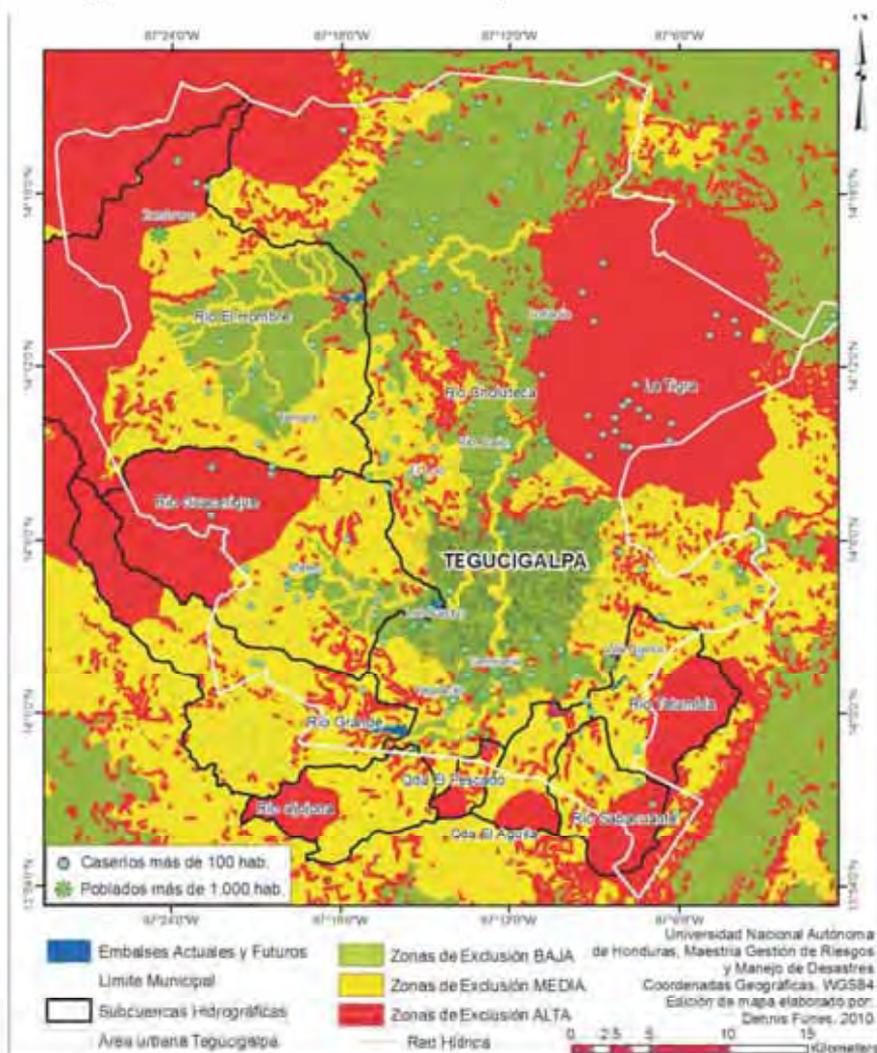
Distribución de áreas de exclusión Media para fines urbanísticos del MDC



Fuente: Elaboración propia

En total 398.69 Km² se han identificado como NO aptos para fines urbanos bajo las zonas de exclusión media territorial. El 9% de este territorio corresponde a la franja propuesta de protección forestal de los cauces del Río Choluteca y sus principales afluentes de las cuencas prioritarias del MDC. Sin embargo la gran mayoría (91%) representa el territorio entre las cotas 1,150 y 1,800 msnm que no fueron cubiertas por los indicadores de exclusión alta. Cabe mencionar que estas zonas de exclusión media también representan las áreas de amortiguamiento entre el potencial perímetro urbano y las principales zonas de protección ambiental consideradas como de exclusión alta.

Mapa Integral de las Zonas de Exclusión para Fines Urbanísticos del MDC



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el mapa anterior, existe muy poca área de baja exclusión para fines urbanos a los alrededores del actual perímetro urbano de la ciudad de Tegucigalpa. Por ende, es necesario orientar el crecimiento de la ciudad para los próximos años hacia otras zonas dentro del Municipio del Distrito Central coloreadas también en verde (ver mapa). En estas nuevas áreas es necesario evaluar la factibilidad de iniciar el desarrollo de ciudades parlantes que con el tiempo puedan unirse al actual perímetro urbano generando la gran metrópolis urbana en el MDC. El territorio propuesto corresponde al 26% del total del área del MDC sin contar con el área actual de la ciudad.

A las 3 zonas de exclusión identificadas se superpuso la localización de los centros poblados con más de 100 habitantes y con ello se determinó la cantidad de población emplazada actualmente en dichas zonas. En la zona de exclusión ALTA existen aproximadamente 9,632 habitantes, en la zona MEDIA 39,052 y 12,808 en la zona BAJA.

Entre las 3 zonas existen aproximadamente 61,500 habitantes, lo que es importante en términos de considerar el crecimiento que estos poblados tendrán en el futuro y cómo se puede articular con el crecimiento de la ciudad de Tegucigalpa y ciudades intermedias, especialmente para los casos de los poblados que actualmente tienen más de 1,000 habitantes y están localizados en las zonas de baja exclusión. Además en la competencia por los recursos, especialmente el agua, es necesario llegar a acuerdos y planificar desde ahora el uso de las fuentes de agua.

La propuesta sobre el uso del mapa es la siguiente:

Zona de exclusión alta: Territorio NO apto para desarrollo urbano. Uso recomendado: Zonas forestales protegidas, manejo de microcuencas, zonas productoras de agua, incentivos para el pago por servicios ambientales, desarrollo rural sostenible, saneamiento de las principales fuentes de agua, resolución de la tenencia de la tierra.

Zona de exclusión media: Territorio NO apto para desarrollo urbano. Uso recomendado: Zonas forestales según condiciones topográficas, agro-forestería y desarrollo rural sostenible, protección de riveras de ríos, planificación de asentamientos semi-urbanos.

Zona de exclusión baja: Territorio apto para desarrollo urbano con las limitaciones y condicionantes según aspectos topográficos y estudios ambientales específicos.

CONCLUSIONES

- Los insumos de este estudio pueden servir para el proceso de Ordenamiento territorial del MDC. Los indicadores utilizados son compatibles con algunos de los indicadores usados generalmente en estudios de propuesta de planes de ordenamiento territorial. Sin embargo, es necesario complementar el trabajo con los estudios de uso actual del suelo, conflictos del uso del suelo y otros factores que determinan la mayor factibilidad de utilizar un territorio para determinado fin. Aspectos como la producción agrícola y otros asentamientos humanos competirán en el futuro por el espacio ahora propuesto para fines de desarrollo urbano. Se recomienda realizar estudios complementarios para identificar la demanda de territorio para otros fines y sus implicaciones para el desarrollo urbano de Tegucigalpa.
- La zonificación propuesta podría servir de base para zonificar el territorio del MDC para fines de licenciamiento ambiental según zonas de exclusión y categorización de los proyectos (zona roja, categoría 4), zona amarilla (categoría 3.1 o 3.2) y zona verde (categoría según tipo y magnitud del proyecto). La SERNA tiene un listado de tipología de proyectos y su categorización correspondiente. Por ejemplo, los proyectos en categoría 4 no pueden realizarse en el territorio que se propone debido a que los impactos ambientales son considerados de alta magnitud e irreversibles en el tiempo. Lo anterior concuerda con las zonas de mayor exclusión del presente estudio como áreas protegidas, zonas con pendientes mayores al 40%, zonas de inundación y deslizamiento y el área propuesta de recarga de los principales ríos del MDC.
- El presente estudio propone una zonificación para fines de asegurar la disponibilidad de agua (cantidad y calidad) para la población futura de la ciudad de Tegucigalpa considerando los proyectos actuales y futuros (construcción de embalses y plantas de tratamiento). Las zonas de recarga propuestas pueden servir como punto de partida para estudios más especializados en determinar por cada cuenca hidrográfica el área necesaria que requiere de protección ambiental para dicho fin. Se recomienda iniciar con el saneamiento de las zonas propuestas de recarga y las franjas de amortiguamiento de los cauces principales y secundarios, con acciones de reforestación, legalización de la tenencia de la tierra y campañas de incentivos para el manejo ambiental y pago por servicios ambientales.
- Los resultados de este estudio manifiestan la necesidad de orientar el crecimiento de la ciudad de Tegucigalpa (o reubicación de las zonas ya pobladas en alto riesgo) hacia el norte, principalmente en dos núcleos geográficos que presentan las mejores condiciones para este fin. Se

recomienda realizar estudios más específicos relacionados con la demanda de territorio para la población futura de la ciudad en horizontes de tiempo de 50 y 100 años, considerando para ello aspectos demográficos (crecimiento poblacional, migración), tipología de las construcciones (horizontales vrs verticales), demanda de espacios y áreas verdes, demanda y oferta de agua potable, aspectos de impacto ambiental (erosión, sedimentación de ríos, tratamiento de aguas residuales y desechos sólidos), entre otros que permitan contrastar el área disponible propuesta en este estudio con aproximaciones más reales del comportamiento futuro de la ciudad.

- Es necesario realizar estudios más profundos sobre la factibilidad o no de la urbanización de la zona de Amarateca. Según la combinación de los indicadores utilizados en este estudio la zona de Amarateca aparece coloreada como de baja exclusión para fines urbanos. Sin embargo y basado en los resultados de estudios preliminares ya realizados en dicha zona se puede recomendar no priorizarla para fines urbanos hasta que se cuente con información suficiente de su capacidad de carga y el nivel de afectación/impacto que podría tener con respecto a la cantidad y calidad del agua para la futura represa del Río del Hombre.
- Los estudios actuales sobre inundaciones y deslizamientos se han enfocado solamente al perímetro actual de la ciudad de Tegucigalpa. Por tanto, se recomienda realizar estudios técnicos para la identificación y mapeo de las zonas susceptibles a inundaciones y deslizamientos del territorio del MDC, especialmente en las zonas propuestas de baja exclusión para fines urbanísticos y con ello elaborar planes urbanísticos que prevengan la construcción de escenarios futuros de riesgo urbano.
- Es necesario conocer y analizar por ejemplo la demanda de tierra para otros fines no urbanos (producción agrícola principalmente) y que las poblaciones aledañas a la ciudad y la misma población que vive en la ciudad necesitan para suplir sus necesidades de alimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Gómez, Manuel. (1994). Reducing urban and natural risks in Mexico city.
- Alonso G., José Luis. (1992). Microzonificación sísmica de áreas urbanas ¿Qué es y para qué sirve?, Artículo.
- Angel, Shlomo. Bartley, Katherine. (2004). Woodrow Wilson School of Public and International Affairs, Princeton University. Rapid Urbanization in Tegucigalpa, Honduras. Preparing for the Doubling of the City's Population in the Next Twenty-five Years.
- Cees van Westen, 2000, APLICACIÓN DE SIG PARA LA EVALUACIÓN DE

AMENAZAS Y RIESGOS: TEGUCIGALPA, HONDURAS, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, ITC, REGIONAL ACTION PROGRAM FOR CENTRALAMERICA (RAPCA)

- Decreto 87-87, Ley de Bosques Nublados y Decreto No. 98-2007, Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Honduras.
- DIAT, SANAA, 2005. Vulnerabilidad del futuro Embalse del Río del Hombre ante los asentamientos poblacionales en el valle de Amaratéca.
- Flores, Manuel, UNAH, 2003. 50 Años de Crecimiento Demográfico Hondureño.
- Herrera, V. (2001). Revista de Teledetección, Chile. Estudio del crecimiento urbano de la ciudad de Valdivia (Chile) a través del uso integrado de imágenes de satélite, SIG y equipos GPS.
- Kuroiwa, J. (1991). Microzonificación y su aplicación al planeamiento urbano para la mitigación de desastres. México, D.F.
- Lavell Thomas, Allan. (1992). Comunidades urbanas en Centroamérica: Vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación: Una propuesta de investigación - acción.
- Mejía, F. (2000). Construyendo una Ciudad Más Saludable y Sostenible Ambientalmente, Estrategia Municipal para la superación de las condiciones de vulnerabilidad del Distrito Central, Capital de Honduras. Tegucigalpa.
- Ochoa. R. (2005) entrevista privada relacionada con el crecimiento urbano de Tegucigalpa en los próximos 50 años y las soluciones técnicas de abastecimiento de agua potable.

Grupos matriciales unitarios de Schrödinger en representaciones particulares de sistemas dinámicos cuánticos finito dimensionales

Fredy Vides*, Terry Loring**, Stanly Steinberg**

RESUMEN

En éste artículo estudiaremos algunos tipos particulares de grupos matriciales unitarios de Schrödinger de la forma $\exp(-itH)$ donde $H \in M_N(\mathbb{C})$ es el Hamiltoniano de un sistema dinámico cuántico dado modelado en el espacio de Hilbert finito dimensional \mathcal{H} . Una vez definido un grupo unitario particular de Schrödinger obtendremos algunas estimaciones para su aproximación y la implementación numérica correspondiente a la solución numérica de la ecuación de evolución de Schrödinger finito dimensional.

Palabras clave: *Grupos matriciales de Schrödinger, sistemas cuánticos finito dimensionales, grafos representativos.*

ABSTRACT

In this article I study some particular types of unitary Schrödinger matrix groups of the form $\exp(-itH)$ where $H \in M_N(\mathbb{C})$ is the Hamiltonian of a given quantum dynamical system modeled on the finite dimensional Hilbert space \mathcal{H} . Once defined a particular Schrödinger unitary group I will obtain some estimates for its approximation and for the numerical implementation corresponding to the numerical solution of the Schrödinger evolution equation.

Key words: *Schrödinger matrix groups, finite dimensional quantum systems, representative graphs*

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Facultad de Ciencias, Escuela de Matemática y Ciencias de la Computación. University of New Mexico, Main Campus. Department of Mathematics and Statistics. Estudiante Maestría Matemáticas. fvides@unah.edu.hn

** University of New Mexico, Main Campus. Department of Mathematics and Statistics. Asesores

INTRODUCCIÓN

En éste trabajo centro mi atención en el estudio de algunas propiedades de grupos matriciales de Schrödinger descritos en general por el conjunto $\{S_t := \exp(-itH)\}_{t \in \mathbb{R}} \subset \mathcal{U}(\mathcal{H})$ donde $H \in \mathcal{L}(\mathcal{H})$ es el hamiltoniano de un sistema dinámico cuántico prescrito y $\mathcal{H} := \mathcal{H}(G)$ es un espacio de Hilbert finito dimensional relacionado en cierta forma aceptable a un grafo ponderado $G := (V_G, E_G)$ que será llamado grafo representativo, los elementos del grupo claramente satisfacen las condiciones: (i) $S_0 = \mathbf{1}_{\mathcal{H}}$, (ii) $S_t \cdot S_s(\cdot) = S_{t+s}(\cdot)$ y (iii) $\lim_{h \rightarrow 0^+} S_h \phi = \phi, \forall \phi \in \mathcal{D} \subseteq \mathcal{H}$, además la condición (iv) $\|S_t \psi_0\| = \|\psi_0\|$, será también satisfecha cuando H es autoadjunto. El Hamiltoniano $H \in \mathcal{L}(\mathcal{H})$ presentado anteriormente está relacionado a un sistema cuántico prescrito por una ecuación de evolución de la forma:

$$E |\psi(t)\rangle = H |\psi(t)\rangle \tag{1.1}$$

con $\psi(0) = \psi_0 \in \mathcal{H}$ y donde $E \rightarrow i/\hbar D_t$, aquí $H \in \mathcal{L}(\mathcal{H})$ tendrá en general la forma $H = H_0 + H_1$ con $H_0 \in M_N(\mathbb{C})$ auto-adjunto, y con $H_1 \in M_N(\mathbb{C})$ diagonal, por simplicidad, en éste trabajo consideraremos nuestra escala de tal forma que $\hbar = 1$

En las siguientes secciones implementaremos algunas técnicas de teoría de operadores en el análisis teórico de los esquemas de aproximación para los grupos matriciales de Schrödinger y al final algunas implementaciones numéricas serán presentadas.

Representaciones Particulares de Sistemas Dinámicos Cuánticos Finito Dimensionales

En ésta sección presentaré las ideas centrales detrás de las técnicas de representación particular de sistemas dinámicos cuánticos finito dimensionales.

Formas Matriciales Generalizadas de Kets y Bras

En éste trabajo consideraremos que el espacio de estados \mathcal{H} de un sistema dinámico cuántico de dimensión finita, es un espacio de Hilbert finito-dimensional, cuyo producto interno viene inducido por una matriz de producto interno $\underline{M_H} \in M_N(\mathbb{C})$ la cual es simétrica positiva definida y satisface la relación

$$\underline{\langle u|v \rangle} := u^* \underline{M_H} v \quad (1.2)$$

dado que $\underline{M_H}$ es simétrica positiva definida, podemos factorizarla en la forma

$\underline{M_H} = \underline{W_H}^* \underline{W_H}$, donde $\underline{W_H} \in M_N(\mathbb{C})$ representa la raíz cuadrada formal de $\underline{M_H}$.

De las relaciones anteriores podemos obtener representaciones matriciales para kets, bras y normas inducidas por las operaciones $\underline{\langle \cdot | \cdot \rangle}$ de acuerdo a las reglas:

$$\underline{|u\rangle} \longleftrightarrow u \quad (2.2)$$

$$\underline{\langle u|} \longleftrightarrow u^* \underline{M_H} \quad (2.3)$$

$$\underline{\|u\|} \longleftrightarrow \underline{\langle u|u \rangle}^{1/2} \quad (2.4)$$

de la definición de la operación de norma, y si denotamos por $\underline{\langle \cdot | \cdot \rangle}_2$ el producto interno usual en $\underline{\mathbb{C}^N}$ dado por $\underline{\langle x, y \rangle}_2 := y^* x$ puede verse que $\underline{\langle x|y \rangle} = \underline{\langle y, x \rangle}_2$ y también

$$\underline{\|u\|} := \underline{\langle W_H u, W_H u \rangle}_2^{1/2} = \underline{\|W_H u\|}_2, \quad (2.5)$$

de forma similar la norma matricial inducida en $\underline{M_N(\mathbb{C})}$ por $\underline{\|\cdot\|}$ puede expresarse en la forma

$$\underline{\|A\|} := \sup_{\|a\|=1} \|Au\| = \underline{\|W_H A W_H^{-1}\|}_2; \quad (2.6)$$

de la relación entre $\underline{\langle \cdot | \cdot \rangle}$ y $\underline{\langle \cdot | \cdot \rangle}_2$ puede verse que para una matriz dada $\underline{A} \in \underline{M_N(\mathbb{C})}$

puede calcularse su adjunta A^\dagger con respecto a $\langle \cdot | \cdot \rangle$ utilizando la siguiente expresión

$$A^\dagger := M_H^{-1} A^* M_H. \quad (2.7)$$

Operadores de Ladder Particulares

Para un sistema dinámico cuántico finito-dimensional dado con espacio de estados $\mathcal{H} \simeq \mathbb{R}(\mathcal{G})$, puede encontrarse u obtener un sistema ortonormal $\hat{X} := \{|k\rangle, 1 \leq k \leq N\} \subset \mathcal{H}$ con respecto a $\langle \cdot | \cdot \rangle$ que será llamado base de análisis particular, y que está relacionado a un grafo representativo $G = (V_G, E_G)$ con $V_G := \{1, \dots, N\}$ y $E_G := \{(\langle ij \rangle, w_{ij})\}$ de

acuerdo a la regla
$$k \longleftrightarrow |k\rangle. \quad (2.8)$$

Observación 1 Es importante notar que una idea clave detrás de la base de análisis particular, es encontrar una base que provea algunas ventajas para el análisis del sistema dinámico cuántico en cuyo espacio de estados la definimos.

Una vez que contamos con un sistema ortonormal $\hat{X} \subset \mathcal{H}$ es posible obtener una matriz $N \in M_N(\mathbb{C})$ que satisface $N|n\rangle = n|n\rangle$ y vendrá dado por

$$N := \sum_{k=1}^N k |k\rangle \langle k| \quad (2.9)$$

de forma similar pueden definirse dos operadores de Ladder particulares $a^\dagger, a \in M_N(\mathbb{C})$

definidos implícitamente por
$$a^\dagger |n\rangle := \sqrt{[n+1][N]} |n+1\rangle \quad (2.10)$$

$$a |n\rangle := \sqrt{[n][N]} |n-1\rangle \quad (2.11)$$

donde $[p]_q := \lambda = (p-1) \pmod q$. De la definición implícita de operadores particulares de Ladder podemos obtener las siguientes definiciones explícitas.

$$\underline{a^\dagger := |1\rangle \langle N| + \sum_{k=1}^{N-1} \sqrt{k+1} |k+1\rangle \langle k|} \quad (2.12)$$

$$\underline{a := |N\rangle \langle 1| + \sum_{k=2}^N \sqrt{k} |k-1\rangle \langle k|} \quad (2.13)$$

Puede verse que $\underline{N = a^\dagger a}$. Dado que tendremos que $\underline{\dot{X} \subset \mathcal{H}}$ es un sistema ortonormal, también que $\underline{H_0^\dagger = H_0}$, $\underline{|m\rangle = (m!)^{-1/2} (a^\dagger)^m |1\rangle}$, y si tomamos

$\underline{E_1 := |1\rangle \langle 1|}$, entonces podemos expresar $\underline{H_0 \in M_N(\mathbf{C})}$ en la forma:

$$\underline{H_0 := \sum_{\langle k|l\rangle} \langle k|H_0|l\rangle |k\rangle \langle l|} \quad (2.14)$$

$$\underline{= \sum_{\langle k|l\rangle} \frac{\langle k|H_0|l\rangle}{\sqrt{k!l!}} (a^\dagger)^k E_1 a^l} \quad (2.15)$$

$$\underline{= \sum_{\langle k\rangle} \frac{\langle k|H_0|k\rangle}{k!} (a^\dagger)^k E_1 a^k + \sum_{\langle k>l\rangle} \frac{\langle k|H_0|l\rangle}{\sqrt{k!l!}} ((a^\dagger)^k E_1 a^l + (a^\dagger)^l E_1 a^k)} \quad (2.16)$$

que será llamada representación particular de $\underline{H_0 \in M_N(\mathbf{C})}$ con respecto a $\underline{\dot{X} \subset \mathcal{H}}$

Evolución y Grupos Matriciales Unitarios de Schrödinger

Para un sistema dinámico cuántico finito-dimensional con espacio de estados $\underline{\mathcal{H}(G)}$, cuya evolución es modelada por la ecuación

$$\begin{cases} i \dot{|\psi(t)\rangle} = \mathbb{H} |\psi(t)\rangle \\ |\psi(0)\rangle = |\psi_0\rangle \end{cases} \quad (3.1)$$

puede obtenerse una expresión para su función de onda $\underline{|\psi(t)\rangle}$ utilizando la

función con valores matriciales $\underline{U_t : \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{H} : t \mapsto e^{-it\mathbb{H}}}$, en la forma

$$\underline{|\psi(t)\rangle := e^{-it\mathbb{H}} |\psi_0\rangle} \quad (3.2)$$

en muchas aplicaciones $\underline{\mathbb{H}} \in M_N(\mathbb{C})$ es una matriz estructurada obtenida utilizando varias operaciones matriciales entre matrices de orden moderado. En la siguiente subsección consideraré casos particularmente importantes de sistemas cuánticos interactivos y no-interactivos.

Hamiltonianos Matriciales

Para una secuencia de espacios de Hilbert finito-dimensionales de la forma $\{\mathcal{H}_\alpha\}_{\alpha=1}^M$ si podemos obtener secuencias base de análisis particular $\{\chi_\alpha\}$, tales que los Hamiltonianos no-interactivos de cada sistema dinámico cuántico finito cuyo espacio de estados está definido por \mathcal{H}_α puede ser representado particularmente por $\underline{\mathbb{H}}_\alpha$ y definido de acuerdo a (2.14), obteniendo una secuencia $\{\underline{\mathbb{H}}_\alpha\}$ que puede usarse para calcular la parte no-interactiva de un Hamiltoniano interactivo $\underline{\mathbb{H}} \in M_N(\mathbb{C})$ utilizando la siguiente expresión

$$\underline{\mathbb{H}}_0 := \bigoplus_{(\alpha)} \mathbb{H}_\alpha = \sum_{(\alpha)} \{\mathbb{H}_\alpha\}^{\otimes e_\alpha} \quad (3.3)$$

donde $\{e_\alpha := (\delta_{r,\alpha})_r\}_{\alpha} \subset (\mathbb{Z}_0^+)^M$ es la base canónica para el espacio de multi-índices de

longitud $M \in \mathbb{Z}_0^+$, y donde en general cada multi-índice $r \in (\mathbb{Z}_0^+)^M$, $\{\mathbb{H}_\alpha\}^{\otimes r}$ se

define por

$$\underline{\{\mathbb{H}_\alpha\}^{\otimes r}} = \bigotimes_{(\alpha)} \mathbb{H}_\alpha^{r_\alpha} \quad (3.4)$$

aquí $\mathbf{1}_\alpha$ denota la matriz identidad en \mathcal{H}_α . Cuando queremos calcular la solución a

(3.1) y si $\underline{\mathbb{H}} := \underline{\mathbb{H}}_0 + \underline{\mathbb{H}}_1$ donde $\underline{\mathbb{H}}_0$ es un hamiltoniano no-interactivo y $\underline{\mathbb{H}}_1$ es

diagonal, es útil calcular un factor integrante que es solución de la ecuación diferencial

matricial

$$\begin{cases} iU_t' = \underline{\mathbb{H}}_0 U_t \\ U_0 = \mathbf{1} \end{cases} \quad (3.5)$$

Una solución a esta ecuación tendrá la forma $U_t := e^{-itH_0}$, y claramente el conjunto $(U_t)_{t \in \mathbb{R}} \subset U(\mathcal{H})$ será un grupo unitario de operadores, ahora el factor integrante puede ser usado para resolver (3.1) utilizando la fórmula

$$|\psi(t)\rangle = U_t |\psi_0\rangle + \int_0^t ds U_{t-s} V |\psi(s)\rangle \quad (3.6)$$

cuya solubilidad ha sido discutida en [9], en particular el caso donde ambas, la parte interactiva y no-interactiva del hamiltoniano H pueden expresarse en forma no-interactiva, i.e., $H = H_0$, es importante porque podemos expresar la solución de (3.1) en la forma

$$|\psi(t)\rangle := U_t |\psi_0\rangle = e^{-itH_0} |\psi_0\rangle \quad (3.7)$$

donde

$$|\psi(t)\rangle := \bigotimes_{(\alpha)} |\psi_{\alpha}(t)\rangle \quad (3.8)$$

$$|\psi_0\rangle := \bigotimes_{(\alpha)} |\psi_{0,\alpha}\rangle. \quad (3.9)$$

Es importante notar que para algunos sistemas complejos modelados por hamiltonianos no-interactuantes, inclusive si su función de onda puede expresarse como (3.7), el cálculo de e^{-itH_0} que puede expresarse en la forma

$$e^{-itH_0} := \bigotimes_{(\alpha)} e^{-itH_{\alpha}} \quad (3.10)$$

puede volverse un duro problema computacional, ésta es la razón por la cual necesitamos algunas técnicas que serán presentadas en la siguiente sección.

Aproximación de Grupos Unitarios Matriciales de Schrödinger

Cuando queremos calcular una aproximación de un grupo unitario matricial de Schrödinger en particular $(U_t := e^{-itH})_{t \in \mathbb{R}}$, podemos comenzar aproximando U_t .

en $[0, \tau] \subset \mathbf{R}$, para $1 > \tau := h_t / \|\mathbf{H}\| \in \mathbf{R}$, con $\mathbf{R} \ni h_t < 1$, esta restricción para \mathcal{T} ayudará a asegurar que la suma

$$\mathbf{U} := \sum_{k=0}^{m} \frac{(-i\tau\mathbf{H})^k}{k!} \quad (3.11)$$

permanece acotada respecto de $\|\cdot\|$. Claramente esta suma representa los primeros m términos del polinomio de Taylor de U_r alrededor de $t = 0$, ahora si tomamos la representación de Padé del aproximante \mathbf{U} obtenemos la siguiente expresión:

$$\mathbf{U} := R_{pp}(-i\tau\mathbf{H}) = D_{pp}(-i\tau\mathbf{H})^{-1} N_{pp}(-i\tau\mathbf{H}) \quad (3.12)$$

con

$$N_{pq}(-i\tau\mathbf{H}) := \sum_{j=0}^p \frac{(p+q-j)!p!}{(p+q)!j!(p-j)!} (-i\tau\mathbf{H})^j \quad (3.13)$$

$$D_{pq}(-i\tau\mathbf{H}) := \sum_{j=0}^q \frac{(p+q-j)!q!}{(p+q)!j!(q-j)!} (i\tau\mathbf{H})^j \quad (3.14)$$

Puede verse que tomando $\mathbf{S} := N_{pp}(-i\tau\mathbf{H})$, tendremos que $D_{pp}(-i\tau\mathbf{H}) = \mathbf{S}^\dagger$, y si tomamos $\mathbf{S}^+ := (\mathbf{S}^\dagger)^{-1}$, entonces podemos expresar (3.12) en la forma

$$\mathbf{U} = \mathbf{S}^+ \mathbf{S} \quad (3.15)$$

De la relación de (3.12) con la expansión de Taylor de $e^{-i\tau\mathbf{H}}$ y la restricción de Picard para $\tau \in \mathbf{R}^+$ en (3.11), podemos obtener la siguiente estimación

$$\|e^{-i\tau\mathbf{H}} - \mathbf{U}\|_2 \leq \left| \frac{1}{(2p+1)!} - c_{p,2p+1} \right| h_\tau^{2p+1}$$

Lema 1

Demostración.

$$\|e^{-i\tau H} - U\|_2 \leq \left\| \sum_{k=2p+1}^{\infty} \left(\frac{1}{k!} - c_{p,k}\right) (-i\tau H)^k \right\|_2 \quad (3.16)$$

$$\leq \left| \sum_{k=2p+1}^{\infty} \left| \frac{1}{k!} - c_{p,k} \right| (-\tau)^k \|H\|_2^k \right| \quad (3.17)$$

$$\leq \left| \frac{1}{(2p+1)!} - c_{p,2p+1} \right| \tau^{2p+1} \|H\|_2^{2p+1} \quad (3.18)$$

$$\leq \left| \frac{1}{(2p+1)!} - c_{p,2p+1} \right| h_{\tau}^{2p+1}. \quad (3.19)$$

Λ

Dado que H será considerado en general auto-adjunto, i.e., $H^\dagger = H$, tendremos

que H es normal, por tanto puede factorizarse en la forma $H = VDV^*$, con

$D := \text{diag } \{d_i\}$, y tomando $\Lambda := R_{pp}(-i\tau D)$ obtenemos

$$U = S^* S \quad (3.20)$$

$$= V\Lambda^+ V^* V\Lambda V^* \quad (3.21)$$

$$= V\Lambda^+ \Lambda V^* \quad (3.22)$$

que implica el siguiente resultado.

Lema 2 $\underline{U^*U = 1}$

Demostración.

$$\underline{U^*U = V\Lambda^*\Lambda^{-1}V^*V\Lambda + \Lambda V^*} \quad (3.23)$$

$$\underline{= V\Lambda^*\Lambda^{-1}\Lambda + \Lambda V^*} \quad (3.24)$$

$$\underline{= V\Lambda^*\Lambda + \Lambda^{-1}\Lambda V^*} \quad (3.25)$$

$$\underline{= VV^*} \quad (3.26)$$

$$\underline{= 1.} \quad (3.27)$$

Λ

De las relaciones anteriores podemos ver que el operador

$$\underline{\hat{U} := W_H^{-1}UW_H} \quad (3.28)$$

satisface las relaciones siguientes

$$\|\hat{U}\phi\| = \|W_H W_H^{-1}UW_H\phi\|_2 = \|UW_H\phi\|_2 = \|W_H\phi\|_2 = \|\phi\| \quad (3.29)$$

lo cual implica que $\|\hat{U}\| = 1$ el adjunto de \hat{U} puede obtenerse de la siguiente

forma:

$$\underline{\hat{U}^\dagger = M_H^{-1}\hat{U}^*M_H} \quad (3.30)$$

$$\underline{= M_H^{-1}(W_H^{-1}UW_H)^*M_H} \quad (3.31)$$

$$\underline{\quad} = M_H^{-1} W_H^* U^* W_H^+ M_H \quad (3.32)$$

$$\underline{\quad} = W_H^{-1} W_H^+ W_H^* U^* W_H^+ W_H^* W_H \quad (3.33)$$

$$\underline{\quad} = W_H^{-1} U^* W_H \quad (3.34)$$

el grupo matricial unitario de Schrödinger relativo a \mathbb{H} , tendrá la forma

$(\hat{U}_k := \hat{U}^k(\cdot), k \in \mathbb{Z}^+)$ Puede verse que

$$\underline{\quad} \hat{U}^\dagger \hat{U} = \mathbf{1} = \hat{U} \hat{U}^\dagger \quad (3.35)$$

y esto implica que el grupo unitario discreto de Schrödinger de inversión en el tiempo vendrá dado por $(\hat{U}_{-k} := (\hat{U}^\dagger)^k(\cdot), k \in \mathbb{Z}^+)$ y será coherente con la reversibilidad local

de los grupos unitarios de Schrödinger. Del lema L.3.1 y tomando el intervalo temporal

$[0, m\tau] \subset \mathbb{R}$ podemos obtener lo siguiente. $\|e^{-im\tau H} - \hat{U}^{ms}\| \leq \frac{m^{2p+1}}{(2p+1)!} \hbar^{2p+1}$

Lema 3

Demostración. Si denotamos por $c_{p,k}$ los coeficientes multinomiales de Padé, entonces obtendremos

$$\|e^{-im\tau H} - \hat{U}^{ms}\| = \left\| \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-im\tau H)^k}{k!} - \left(\sum_{k=0}^{\infty} c_{p,k} (-i\tau H)^k \right)^m \right\| \quad (3.36)$$

$$\leq \left\| \sum_{k=2p+1}^{\infty} \left(\frac{m^k}{k!} - c_{p,k} \right) (-i\tau H)^k \right\| \quad (3.37)$$

$$\leq \left| \sum_{k=2p+1}^{\infty} \frac{m^k}{k!} (-c_{p,k}) (-\tau)^k \|\mathbb{H}\|^k \right| \quad (3.38)$$

$$\leq \frac{m^{2p+1}}{(2p+1)!} h_{\tau}^{2p+1}. \quad (3.39)$$

A

Ahora si denotamos por $\{\hat{U}_{\alpha}\}$ la secuencia de aproximantes matriciales correspondientes a los elementos matriciales básicos de Schrödinger $\{e^{-i\tau H_{\alpha}}\}$, y si tomamos $\{h_{\alpha}\}$ como una secuencia de pasos base en el tiempo considerados para la aproximación de cada matriz básica de Schrödinger, y si tomamos $e^{-im\tau H_0}$ definido de acuerdo a (3.10) y el aproximante no-interactivo $\hat{U} \in M_N(\mathbb{C})$ definido por

$$\hat{U} := \bigotimes_{\alpha} \hat{U}_{\alpha} \quad (3.40)$$

podemos obtener la siguiente estimación.

Teorema 1 Existe $h \in (0, 1) \subset \mathbb{R}^+$, tal que

$$\|e^{-im\tau H_0} - \hat{U}^m\| \leq (2^M - 1)m^{2p+1}/(2p+1)!h^{2p+1}$$

Demostración. Si definimos $h := \sup_{\alpha} h_{\alpha}$ y tomamos $\Delta_{m,\alpha} := (e^{-im\tau H_{\alpha}} - \hat{U}_{\alpha}^m)$ podemos usar la operación

$$\{A_r\} \odot \{B_s\} := \bigotimes_{p=1}^M (A_{\alpha}(e_p \cdot r_p) + B_p(e_p \cdot s_p))$$

donde $r, s \in (\mathbb{Z}_0^+)^M$ son multi-índices que satisfacen $\|r\|_{\infty} = \|s\|_{\infty} = 1$, $|s| + |r| = M$

$r \cdot s = 0$ y $|r| > 0$, para expresar $e^{-im\tau H_0} - \hat{U}^m$ en la forma

$$e^{-im\tau H_0} - \hat{U}^m = \sum_{\langle \alpha \rangle} e^{-im\tau H_0} - \sum_{\langle \alpha \rangle} U_\alpha \quad (3.41)$$

$$= \sum_{\langle |r|+|s|=M \rangle} \{\Delta_{m,r}\} \otimes \{\hat{U}_s^m\} \quad (3.42)$$

Por lo tanto,

$$\|e^{-im\tau H_0} - \hat{U}^m\| = \left\| \sum_{\langle |r|+|s|=M \rangle} \{\Delta_{m,r}\} \otimes \{\hat{U}_s^m\} \right\| \quad (3.43)$$

$$\leq \sum_{\langle |r| \leq M \rangle} \prod_{\langle r \rangle} \|\Delta_{m,r}\| \quad (3.44)$$

$$\leq \sum_{\langle |r| \leq M \rangle} \prod_{\langle r \rangle} \frac{m^{2p+1}}{(2p+1)!} h^{2p+1} \quad (3.45)$$

$$\leq \frac{(2^M - 1)m^{2p+1}}{(2p+1)!} h^{2p+1}. \quad (3.46)$$

lo cual provee el resultado deseado. Λ

Ejemplos Numéricos

En ésta sección presentamos algunos ejemplos básicos para ilustrar la implementación de las ideas presentadas en la investigación para calcular la evolución de los estados de una representación particular de un sistema dinámico cuántico finito-dimensional.

Ejemplo 1

Un experimento de doble rejilla bajo condiciones fotónicas de absorción simple, modelado por un sistema dinámico cuántico estocástico con espacio de estados

$\mathcal{H} \cong \mathbb{C}^b$, y descrito por un grafo representativo $G := (V_\alpha, E_\alpha)$ cuyos conjuntos

conformantes son:

$$V_G := \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$E_G := \{((1; 2), 1), ((1; 3), 1), ((2; 4), 1), ((2; 5), 1), ((3; 4), 1), ((3; 5), 1)\}$$

Figura 1: Grafo Representativo $G := (V_G, E_G)$ de un experimento de Doble-Rejilla.

Si tomamos $\hat{X} := \{e_k\} \subset \mathcal{H}$ con $e_k := (\delta_{k,j})_5$, entonces tendremos

$$N := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

$$a^\dagger := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sqrt{5} & 0 \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

$$a := \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{5} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

claramente $\underline{N = a^\dagger a}$, ahora, si el Hamiltoniano $\underline{H \in M_5(\mathbb{C})}$ del sistema es definido por

$$H := \Lambda(G) := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

luego tendremos que $\underline{e^{-i\tau H} := V e^{-i\tau \Lambda} V^*}$, con

$$V := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & -1 & -1 \\ -\frac{\sqrt{6}}{2} & \frac{\sqrt{6}}{2} & -1 & 0 & 0 \\ -\frac{\sqrt{6}}{2} & \frac{\sqrt{6}}{2} & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

$$e^{-ir\Lambda} := \begin{pmatrix} e^{i\sqrt{6}t} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-i\sqrt{6}t} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (4.6)$$

también tendremos que el aproximante de Padé de tercer orden que coincide con el esquema de Crank-Nicholson tendrá la forma

$$\tilde{U} := \begin{pmatrix} \frac{r^2+2}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} & -\frac{2r^2}{3r^2+2} & -\frac{2r^2}{3r^2+2} & -\frac{2r^2}{3r^2+2} \\ -\frac{2ri}{3r^2+2} & \frac{2}{3r^2+2} & -\frac{3r^2}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} \\ -\frac{2ri}{3r^2+2} & -\frac{3r^2}{3r^2+2} & \frac{2}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} \\ -\frac{2r^2}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} & \frac{r^2+2}{3r^2+2} & -\frac{2r^2}{3r^2+2} \\ -\frac{2r^2}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} & -\frac{2ri}{3r^2+2} & -\frac{2r^2}{3r^2+2} & \frac{r^2+2}{3r^2+2} \end{pmatrix} \quad (4.7)$$

por L.3.3 tendremos que $\|e^{-im,rH} - \tilde{U}^m\| \leq \frac{m^2}{6} h_r^3$. En particular el operador

$\mathbb{N} \in M_6(\mathbf{C})$ puede usarse para calcular el estado esperado del sistema

utilizando la expresión $\langle \mathbb{N} \rangle_k$ con $[q] := \{p \in \mathbf{Z} : |q - p| = \min\{|q - r|, r \in V_G\}\}$

y donde

$$\langle \mathbb{N} \rangle_k := \langle \psi_0 | \tilde{U}_k^t \mathbb{N} \tilde{U}_k | \psi_0 \rangle = \langle \psi_0 | \tilde{U}_k^t a^\dagger a \tilde{U}_k | \psi_0 \rangle = \|a \tilde{U}_k \psi_0\|. \quad (4.8)$$

donde $|\psi_0\rangle$ es el estado inicial del sistema.

Ejemplo 2 En éste ejemplo consideraremos con tres partículas representativas que evoluciona en un espacio de Fock $\mathcal{H}^{\otimes 3}$ basado en el espacio de estados

del ejemplo anterior, i.e., $\mathcal{H}^{\otimes 3} := \mathcal{H} \otimes \mathcal{H} \otimes \mathcal{H}$, también consideraremos que

$\mathcal{X}^{\otimes 3} := \{|ijk\rangle, i, j, k \in \{1, \dots, 5\}\}$ y que el hamiltoniano del sistema será

interactivo, en éste caso particular vendrá dado por $\mathbb{H} := \mathbb{H} \oplus \mathbb{H} \oplus \mathbb{H} + \omega_0^3 \mathbf{1}^{\otimes 3}$,

donde $\omega_0 \in \mathbf{C}$ es una constante de absorción relacionada al medio donde el sistema evoluciona, los básicos del grupo $e^{-ir\mathbb{H}}$ y su aproximante de Padé vendrán dados por

$$e^{-i\tau\hat{H}} := e^{i\tau\omega_0^3}(e^{-i\tau\hat{H}} \otimes e^{-i\tau\hat{H}} \otimes e^{-i\tau\hat{H}}) \quad (4.9)$$

$$\hat{U} := (1 - i\tau\omega_0^3)^{-1}(1 + i\tau\omega_0^3)U \otimes U \otimes U \quad (4.10)$$

respectivamente, éste ejemplo es todavía simple pero da una buena idea de cuán útil puede ser T.3.1 para obtener un estimado de la forma

$$\|e^{-im\tau\hat{H}} - \hat{U}^m\| \leq \frac{2m^3}{3}\hbar^3. \text{ En este caso podemos}$$

$$[\langle \hat{N}_k \rangle] := [\langle \hat{N}_1 \rangle_k][\langle \hat{N}_2 \rangle_k][\langle \hat{N}_3 \rangle_k] \quad (4.11)$$

$$= [\|aU\psi_{0,1}\|][\|aU\psi_{0,2}\|][\|aU\psi_{0,3}\|] \quad (4.12)$$

donde $|\psi_0\rangle = |\psi_{0,1}\rangle \otimes |\psi_{0,2}\rangle \otimes |\psi_{0,3}\rangle$ es el estado inicial del sistema.

CONCLUSIÓN

Es posible concluir que los teoremas técnicos deducidos en la investigación junto al enfoque particular de los sistemas cuárticos finito-dimensionales, es de gran utilidad además de que provee una herramienta rigurosa y elegante para estudiar dichos sistemas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a: Hashem por todo; a Mirna, por su amor y apoyo; a Stanly Steinberg por su apoyo, consejos y por sus valiosos comentarios y sugerencias; a Francisco Figeac por grandes conversaciones acerca de aplicaciones de la teoría algebraica de grafos y a Concepción Ferrufino, Rosibel Pacheco y Jorge Destephen por todo su apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

- BÖTTCHER A.: *C*-Algebras in Numerical Analysis*, Irish Math. Soc. Bulletin 45 (2000), 57–133, 2000.
- CHEBOTAREV A.M.: *Lectures on Quantum Probability*, Aportaciones Matemáticas, Sociedad Matemática Mexicana, S y G Editores, S.A. de C.V., 2000.
- LORING T. AND M. B. HASTINGS: *Disordered Topological Insulators via C*-Algebras*, arXiv:1005.4883v1, 2010.
- LORING T.: *From Matrix to Operator Inequalities*, arXiv:0902.0102v1 [math.OA], Department of Mathematics and Statistics, University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131, USA. 2009.
- MOLER C. AND VAN LOAN C.: *Nineteen Dubious Ways to Compute the Exponential of a Matrix, Twenty-Five Years Later*, SIAM REVIEW Vol. 45, No. 1, pp. 3–000, 2003.
- PHILLIPS A.C.: *Introduction to Quantum Mechanics*, The Manchester Physics Series, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- SIMON B.: *Schrödinger Semigroups*, Bulletin (New Series) of the American Mathematical Society, Volume 7, Number 3, November 1982.
- STEINBERG S.: *Local Propagator Theory*, Rocky Mountain Journal of Mathematics, Volume 10, Number 4, Fall 1980.
- VIDES F.: *Approximation of Schrödinger Unitary Groups of Operators by Particular Projection Methods*, arXiv:1101.3274v2 [math.FA]. 2011.



Áreas

**Humanidades,
y Arte,**

**y
Ciencias
Sociales**



Relación entre patrón de sueño y ansiedad estado-rasgo en estudiantes de psicología general de la UNAH

Marcio Castillo^{*}, Ángel Meza^{*}, Lili Núñez^{*}, Ivette Rivera^{**}

RESUMEN

A partir del siglo XX la ciencia ha abordado el estudio del sueño desde diferentes perspectivas; en la década de los 70's surgió una nueva forma de estudiar el sueño relacionado con la cantidad de horas que los individuos duermen. Se sabe que existen diferencias individuales en relación a los sujetos con distintos patrones de sueño y variables psicofisiológicas como la ansiedad. Existen diversas investigaciones que han relacionado variables psicológicas con patrones de sueño, aunque algunos de estos estudios han mostrado resultados contradictorios. El propósito de este estudio es analizar la relación entre Patrón de Sueño y los niveles de Ansiedad Estado-Rasgo en estudiantes universitarios de la asignatura de Psicología General de la UNAH II período académico de 2009, la población estudiada fue de 150 alumnos compuesta por 117 mujeres (78%) y 33 hombres (22%).

Respecto a la edad se obtuvo una media de 22.75 años con una desviación estándar de 5.44 años (SD= 5.44 años). Los instrumentos de evaluación utilizados fueron: el Inventario de Ansiedad Rasgo-Estado IDARE y el Cuestionario de Hábitos de Sueño. El 32.0% de los participantes mostró un patrón de sueño corto, 51% un patrón de sueño intermedio y el 16.7% un patrón de sueño largo. Los resultados indican que existe relación estadísticamente significativa en donde se evidencia que los sujetos con patrón de sueño largo mostraron puntajes más elevados en las variables ansiedad estado-rasgo. Cabe destacar que la evidencia encontrada es contradictoria con la literatura desarrollada anteriormente, pero congruente con la hipótesis planteada.

Palabras clave: *patrón de sueño, ansiedad-estado, ansiedad-rasgo, estudiantes.*

^{*} Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias Sociales. Escuela de Psicología. Estudiantes de la Carrera de Psicología.

^{**} Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias Sociales. Escuela de Psicología. Psicóloga Asistencial del Centro Odontopediátrico y Detección de Otras Patologías (C.O.D.O.P.A.) de la Región Sanitaria Metropolitana, Secretaría de Salud. Asesora

ABSTRACT

Since the twentieth century science has been addressing sleep study from different perspectives, in the early 70's a new way to study sleep was related to the amount of hours that people sleep. It is known that there are individual differences in relation to subjects with different sleep patterns and psychophysiological variables such as anxiety. There are several studies that have attempted to link psychological variables with sleep patterns; although some cases have shown contradictory results. The purpose of this study is to analyze the relationship between sleep pattern and state-trait anxiety levels among university students of the subject of General Psychology UNAH, second academic period of 2009. The population was 150 students, representing the total universe consisting of 117 women (78%) and 33 men (22%).

For age was obtained by an average of 22.75 years with a standard deviation of 5.44 years (SD = 5.44 years). The assessment instruments used were the STAI (State-Trait Anxiety Inventory) and the Sleep Habits Questionnaire. 32.0% of participants showed a short sleep pattern, 51% intermediate sleep pattern and 16.7% showed a long sleep pattern. The results indicate that there is a statistically significant relationship demonstrated that subjects with long sleep pattern showed higher scores on state-trait anxiety variables. Significantly, the evidence found is inconsistent with the literature developed above, but consistent with the hypothesis.

Key words: *Sleep pattern, state-anxiety, trait-anxiety, students.*

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos el ser humano se ha visto envuelto en un anhelo de conocimiento que ha despertado su gran habilidad de investigar cada detalle que le rodea, realizando así importantes descubrimientos. El sueño y el descanso han estimulado al hombre a plantearse muchas interrogantes ¿será que las personas que duermen más tienen menos ansiedad? o por el contrario ¿las personas que duermen más evidencian más ansiedad? ¿varía esto en poblaciones de distintos contextos geográficos? En el estudio del comportamiento y funcionamiento humano se han podido crear más áreas desde las que se pueden establecer interesantes conexiones entre el sueño y la salud. Es hasta el siglo XX cuando se inicia la investigación sistemática del sueño y su relación con variables psicológicas y otras; lo que ha generado distintos conceptos acerca de la fisiología del sueño. Es hasta la década de los setentas que se comienza a desarrollar el concepto de patrón de sueño, el cual se define como la cantidad de tiempo que duerme una persona, posteriormente se clasificó el patrón de sueño en tres categorías: patrón de sueño corto (sujetos que duermen diariamente menos de 6 horas), los sujetos con patrón de sueño largo (duermen más de 9 horas cada día), y aquellos con patrón de sueño intermedio (duermen aproximadamente entre 7-8 horas al día)(Moorcroft, 1993).

Se ha podido determinar que la media de tiempo de sueño que duerme un sujeto es de ocho horas, no se han encontrado variaciones entre una cultura u otra pese a que cada individuo presenta una necesidad de sueño diferente para funcionar y adaptarse adecuadamente al ambiente.

La ansiedad ha sido estudiada como rasgo de personalidad y como una respuesta emocional. La ansiedad rasgo (A-Rasgo) se entiende como una predisposición relativamente estable a percibir las circunstancias ambientales como amenazantes y por tanto una tendencia a responder, con frecuencia, con fuertes estados de ansiedad. En cambio, la ansiedad estado (A-Estado) es un concepto que se refiere a una situación en un momento dado siendo fluctuante y transitoria, caracterizada por una percepción subjetiva de sentimientos de aprehensión y temor, y a una alta activación del sistema nervioso autónomo (Spielberger y Díaz-Guerrero, 1975).

Benoit, Foret, Merle, & Reinberg (1981) estudiaron diversas variables fisiológicas como temperatura y frecuencia cardiaca durante una situación experimental de privación de sueño. Los resultados indicaron diferencias en los sujetos con patrón largo en contraste con los sujetos de patrón corto. Vera-Villarroel, Sánchez, Rivera, y Buela-Casal (2001) encontraron que sujetos con patrón de sueño largo y corto diferían en términos de actividad electromiográfica, ya que los sujetos con patrón de

sueño largo mostraron mayor susceptibilidad a los cambios a diferentes horas del día. Sierra, Zubeidat, Ortega, & Delgado-Domínguez (2005) concluyeron que las variables sobre preocupación de la salud y los niveles de ansiedad están relacionadas con el insomnio, trastorno de sueño que afecta el patrón de sueño en los sujetos.

Las primeras investigaciones en examinar la relación entre las variables de personalidad y patrones de sueño corto y largo fueron realizadas por Webb (1990) quien demostró que no hay diferencias entre ellas. Por otra parte Kumar & Vaidya (1982) encontraron que los individuos con patrón corto de sueño presentan altos niveles de neuroticismo. Similares hallazgos obtienen Buela-Casal, Sierra & Caballo (1992) no encontraron diferencias en variables de personalidad con respecto a los sujetos con patrón de sueño corto y patrón de sueño largo.

En relación con los aspectos emocionales la literatura también es contradictoria, por una parte *Hartmann, Backland & Zwillig* (1972) encontraron que los sujetos con patrón de sueño largo presentan mayores niveles de ansiedad que los sujetos con patrón corto. Por otra parte, resultados contrarios encuentran Hicks y Pellegrini (1977) quienes concluyen que los sujetos con patrón corto eran más ansiosos que los sujetos con patrón largo. Rivera, Sánchez, Vera-Villaroel & Buela-Casal (2001) analizaron a un grupo de mujeres con diferentes patrones de sueño, no encontraron diferencias estadísticamente significativas en neuroticismo, extroversión y ansiedad-estado y ansiedad-rasgo. Bartholin, Muñoz & Vera-Villaroel (2003) realizaron un estudio en población chilena quienes concluyeron que no existe relación estadísticamente significativa entre las variables psicológicas (ansiedad estado-rasgo, depresión y patrones de sueño). Fitchten, Libman, Creti, Bailes & Sabourin (2004) de igual manera no encontraron diferencias significativas en el análisis de variables psicológicas como psicopatología, neuroticismo, depresión y ansiedad en sujetos con patrón de sueño largo y corto. En contraste con el estudio de *Miró, Cano-Lozano, y Buela-Casal* (2005) que evidenciaron que dormir menos y más tiempo del estimado al patrón de sueño intermedio tiene repercusiones para la salud física y psicológica.

De acuerdo a lo anterior se demuestra que existe evidencia contradictoria en lo que se refiere a la relación entre patrón de sueño y variables de personalidad y emocionales, especialmente en la ansiedad. El objetivo del presente estudio es analizar la relación entre los diferentes patrones de sueño con la ansiedad estado-rasgo en estudiantes universitarios hondureños, dado que es un campo no explorado.

METODOLOGÍA

Participantes

La población de los participantes es de 150 estudiantes de la asignatura de Psicología General, de la jornada matutina y vespertina, del II periodo académico de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) año 2009. La muestra está compuesta por 117 mujeres (78%) y 33 hombres (22%), la media de edad correspondió a 22.75 con una desviación estándar de 5.44 años.

Instrumentos

Cuestionario de hábitos y conductas de sueño. Diseñado para ser auto aplicable, así como de aplicación individual y colectiva. La escala no tiene límite de tiempo. Consta de preguntas concernientes a los hábitos y a la vigilia de una persona en distintos momentos de su vida. Este cuestionario permite clasificar a los sujetos en tres categorías: patrón largo, quienes usualmente duermen 9 o más horas de sueño; patrón intermedio, quienes duermen alrededor de 7 y 8 horas; y patrón corto de sueño, quienes duermen menos de 6 horas de sueño (Buela-Casal, et al., 1992).

Inventario de Ansiedad: Rasgo-Estado IDARE, versión en español del STAI (State-Trait Anxiety Inventory) instrumento que fue diseñado para ser auto administrado, así como de aplicación individual y grupal. Consta de dos escalas con 20 ítems cada una para evaluar la sintomatología ansiosa; es decir, las dos dimensiones distintas de la ansiedad: 1) la llamada Ansiedad Rasgo (A-Rasgo) evalúa la predisposición general para la ansiedad y 2) la denominada Ansiedad-Estado (A-Estado) evalúa la ansiedad que presenta el sujeto en ese momento. Ambas escalas poseen una puntuación T normalizada mínima de 20 puntos a una máxima de 80 puntos en progresión con el nivel de ansiedad.

Los sujetos contestan a cada una de las afirmaciones ubicándose en una escala de cuatro dimensiones en formato tipo Likert que van de 1 a 4. Este instrumento reporta altos índices de confiabilidad calculados a partir de la fórmula K-R 20 con la modificación introducida por Cronbach (.83 a .92) y altos índices de validez. (Spielberger & Diaz-Guerrero, 1975). La utilización de este instrumento es permitida para psicólogos de acuerdo a las regulaciones del uso de pruebas psicológicas por el Colegio de Psicólogos de Honduras y el distribuidor de la misma para Honduras.

Procedimiento

Se invitó a estudiantes universitarios de la clase de Psicología General a participar en el estudio, se les especificó que la participación era de forma voluntaria. Se aplicó a todos los sujetos el Cuestionario de Hábitos y Conductas de Sueño con el objetivo de clasificar a los sujetos en términos de su patrón de sueño habitual, así se obtuvieron tres grupos de sujetos respecto a su patrón de sueño (patrón corto, intermedio y largo). A todos ellos se les aplicó el cuestionario para evaluar la Ansiedad Estado-Rasgo (IDARE). La recolección de los datos fue supervisada por los autores y colaboradores de la investigación. Se tabularon y analizaron los datos con programa estadístico SPSS 17.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados indicaron que el 32% de los sujetos presentaban un patrón de sueño corto, el 51.30% mostraba un patrón de sueño intermedio y el 16.70% de los sujetos manifestaron tener un patrón de sueño largo. (Ver Gráfico # 1).

Gráfico # 1. Distribución de Patrón de sueño



En la tabla #1 se pueden observar los resultados de las evaluaciones sobre las relaciones de ansiedad estado-rasgo entre los distintos patrones de sueño, dicha evaluación muestra mayores niveles de ansiedad estado en los sujetos de patrón de sueño largo, esto se corrobora en el análisis de varianza porque muestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($F= 5.67$ de $p > 0.004$). En lo que se refiere a la ansiedad rasgo, se muestra una tendencia mayor en el grupo de patrón de sueño largo con respecto a los demás grupos, el análisis de varianza muestra que existen diferencias estadísticamente significativas ($F=7.14$ $p > 0.01$).

Tabla # 1. Medias, desviaciones estándar y análisis de varianza (ANOVA) en los tres grupos de patrón de sueño y ansiedad estado-rasgo.

	Patrón Corto	Patrón Intermedio	Patrón Largo	F	P
Ansiedad Estado	44.27 12.25	40.24 11.55	48.8 12.29	5.67	0.004
Ansiedad Rasgo	48.79 15.45	42.81 9.9	52.91 14.19	7.14	0.001
P=0.05					

De los sujetos evaluados el 14.0% reportó estar tomando algún tipo de medicamento para poder dormir, el 86.0% restante indicó lo contrario. Otro dato a resaltar fue que el 68.7% de los participantes indicaron tomar una siesta durante el día; sin embargo, no se especificó la duración de ésta. Lo anterior evidencia que un alto porcentaje de esta población estudiantil es bifásica con respecto a la variable sueño.

DISCUSIÓN

El objetivo del estudio es analizar la relación entre las variables de ansiedad y patrón de sueño. Los resultados obtenidos evidenciaron mayores niveles de ansiedad-estado en los sujetos con patrón de sueño largo y mayores niveles de ansiedad-rasgo en el grupo de patrón de sueño largo en relación a los demás grupos. Esta investigación no coincide con estudios anteriores como los de Bartholin et al. (2003) y Buéla-Casal et al. (2001) quienes indicaron que no existen diferencias entre las variables de personalidad y patrones de sueño.

Sin embargo, concuerda con trabajos anteriores como los de Benoit (1981) y Hartman (1977) quienes encontraron diferencias significativas entre el nivel de ansiedad y los patrones de sueño en los sujetos de su estudio, en el que señalan que con patrón de sueño largo hay mayor ansiedad. Es interesante mencionar que Hick y Pellegrini (1977) encontraron diferencias pero en dirección opuesta a este estudio, ya que los sujetos de patrón de sueño corto presentaron mayor ansiedad.

Cabe destacar que la mayoría de los participantes de este estudio no estaban bajo efectos de medicamentos, lo que sugiere que esta variable no afectó los resultados. Sin embargo, es posible que los análisis en este estudio fuesen diferentes si la muestra hubiese sido mayor, como se evidencia en estudios previos, por ejemplo en el trabajo de Rivera, et al. (2001) que los datos señalaron una tendencia mayor en ansiedad-rasgo en sujetos de patrón de sueño largo.

Los resultados de este estudio exploratorio evidencian resultados contradictorios en relación a patrón de sueño y ansiedad estado/rasgo en investigaciones previas. Es muy importante mencionar el porcentaje alto de estudiantes que realiza siesta, lo que abre una nueva línea de investigación en población hondureña con respecto a los beneficios en la población estudiantil de ser bifásicos (siesta matutina y horas de sueño durante la noche).

CONCLUSIÓN

De acuerdo a lo expresado anteriormente se infiere que en la población de este estudio existen diferencias significativas entre sujetos con diferentes patrones de sueño y variables psicológicas como la ansiedad. Mostrando que a mayor patrón de sueño hay mayores niveles de ansiedad estado-rasgo.

Es importante destacar que el universo de este estudio estuvo compuesto por poca cantidad de estudiantes, además su selección fue intencionada, por lo que se incentiva a que se realicen investigaciones posteriores con una población numéricamente mayor, para analizar las relaciones entre las variables de patrón de sueño y ansiedad, con el objetivo de profundizar dichos resultados en contextos geográficos similares y posibilitar la generalización de los resultados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación de los estudiantes de la clase de Psicofisiología III, sección 1701, de la carrera de Psicología de la UNAH, II periodo académico del año 2009, quienes colaboraron en la recolección de los datos del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bartholin, T., Muñoz, A & Vera-Villarroel, P.E. (2003). Relación entre patrones de sueño, ansiedad y depresión. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 12 (3), 58-61.
- Benoit, O., Foret, J., Merle, B. & Reinberg A. (1981). Circadian rhythms (temperature,

- heart rate, vigilance, and mood) of short and long sleepers, effects of sleep deprivation. *Chronobiologia*, 8: 341-350.
- Buela-Casal, G. y Navarro, J.E. eds. (1990). *Avances en la Investigación del sueño y sus trastornos*. Madrid: Siglo XXI Editores.
- Buela-Casal G.; Sierra, J.C. & Caballo, V.E. (1992). Personality differences between short and long sleepers. *Personality Individual Differences*, 13, 115-117.
- Fitchten, C. Libman, E. Creti, L. Bailes, S. & Sabourin, S. (2004). Long sleepers sleep more and short sleepers sleep less: A Comparison of Older Adults Who Sleep Well. *Behavioral Sleep Medicine*, 2(1), 2-23.
- Hartmann, E., Backland, F., & Zwilling, G. (1972). Psychological differences between long and short sleepers. *Archives of General Psychiatry*; 26: 463-468.
- Hicks, A. & Pellegrini J. (1977). Anxiety levels of short and long sleepers. *Psychological Reports*; 41:569-570.
- Kumar, A. & Vaidya A. (1982). Neuroticismo in short and long sleepers. *Perceptual Motor Skills*, 54, 962.
- Miró, E., Cano-Lozano, M. & Buela-Casal, G. (2005). Sueño y calidad de vida. *Revista Colombiana de Psicología*. 2005, 14, 11-27.
- Moorcroft, W. H. (1993). *Sleep, dreaming and sleep disorders*. Boston: University Press of America.
- Rivera, I., Sanchez, A.I., Vera-Villarroel, P.E. & Buela-Casal, G. (2001). Sleep patterns and relation to psychological traits in women. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 10 (3), 81-83.
- Spielberger, C.D. & Diaz-Guerrero, R. (1975). *Manual e Instructivo de Inventario Ansiedad Rasgo-Estado*. El Manual Moderno, México.
- Spielberger, C.D., Gorsuch, R.L. & Lushene, T.E. (1994). *Cuestionario de Ansiedad Estado-Rasgo*. Madrid: TEA Ediciones.
- Sierra, J.; Zubeidat, I.; Ortega, V. & Delgado-Domínguez, C. (2005). Evaluación de la Relación entre Rasgos Psicopatológicos de la Personalidad y La Calidad del Sueño. *Salud Mental*, 28, (3).
- Vera-Villarroel, P.; Sánchez, A.; Rivera, I. & Buela-Casal, G. (2001). Sleep Pattern and daytime differences in the electromyographic activity and peripheral temperature. *International Journal of Psychophysiology*. 41, 181-186.
- Webb, W.B. (1990). Ontogenia del sueño. En Buela-Casal, G; Navarro J.F eds. *Avances en la investigación del sueño y sus trastornos*. Madrid: Siglo XXI.

Desarrollo de identidad femenina y cultural, en la poesía de Xiomara Cacho

Carlos Adalid Aguilar Morales*, Claudia Torres**

RESUMEN

La poeta Xiomara Cacho desarrolla en su poesía una exaltación de su identidad, como mujer y como garífuna. Por tanto toma no solo su voz, sino también la de todo garífuna; de esta manera hace crecer un orgullo y apropiación de su cultura, de sus ancestros, de cada parte, ritmo, y manifestación cultural y artística que representa su cultura. En la investigación desarrollo el forjamiento de identidad femenina y cultural en la poesía de Xiomara Cacho. Para el análisis de la identidad femenina utilizaré las etapas que forman una identidad femenina según la psicóloga Adelaida Santana, adaptado por la Dra. Claudia Torres. Para el análisis de la identidad cultural utilizaré preceptos poscolonialistas. La investigación se presenta mediante un ensayo que resume la totalidad del trabajo original.

Palabras clave: *Poscolonialismo, identidad, cultura, subalteridad, garífuna, constructos, etnocentrismo, eurocentrismo.*

ABSTRACT

The poet Xiomara Cacho develops in his poetry an exaltation of her identity as a woman and as a garífuna. She takes not only his voice but also the voice of every garífuna, therefore she build the pride of her culture, her ancestors, every part, rhythm and every cultural and artistic manifestation of his culture. In this research I explain the development of the feminine and cultural identity in the poetry of Xiomara Cacho. For the feminine identity analysis I will use the feminine identity phases of the psychologist Adelaida Santana, with the adaptation of Doctor Claudia Torres. For the cultural identity analysis I will use poscolonialism precepts. The research is presented by an essay that resumes the totality of the original investigation.

Key words: *Poscolonialism, identity, culture, subalternity, garífuna, constructs, ethnocentrism, eurocentrism.*

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Humanidades y Artes. Escuela de Letras.
Estudiante de la Carrera de Letras. carlosadalid9@msn.com

** Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Humanidades y Artes. Escuela de Letras.
ASESORA

INTRODUCCIÓN

El o la poeta escribe bajo un ideal, no enumeraré la infinidad del numen poético; pero, es evidente cuando se trata de una autora afrodescendiente¹ (Contreras), los versos no podrán escapar del forjamiento de una identidad², primero como mujer ante una sociedad predominante machista, segundo como perteneciente a una etnia afrodescendiente (Garífuna) y tercero como perteneciente a un país en vías de desarrollo, Honduras.

La cultura afrodescendiente ha sido marginada a través de la historia, el racismo ha sido una excusa para la disminución. La etnia garífuna actualmente se enfrenta a los constructos que la disminuyen. **Gramsci** utiliza el término "grupo subalterno" para definir a los sectores bajo una hegemonía de poder (Zhaoguo, 2011); Sin embargo, el término fue tomado por los estudios poscolonialistas, específicamente Spivack, quien desarrolla las implicaciones del término de la siguiente manera: El subalterno a) en el campo de la práctica política, se trata de un sujeto que se siente con voz autorizada para "hablar por" otro que se piensa sin voz; b) en el campo cultural —y más específicamente artístico—, re-presentar supone una conciencia capaz de aprehender al sujeto subalterno y, a partir de esto construir un relato que le otorgue visibilidad. (Otaiza, No 9-2005).

Es el caso de la poeta Xiomara Cacho, quien es afrodescendiente³, garífuna y hondureña, aunque el término hondureña debe bastar para poder dilucidar la multiculturalidad que existe en el país. Ya que Honduras está formado por diversos grupos étnicos. Me baso en la pregunta de Spivak ¿Puede hablar el subalterno? Para argumentar sobre la idea de la identidad; es decir, los grupos subalternos toman la voz actualmente ante el etnocentrismo⁴, para no solo hablar de identidad, sino también forjarla, además su voz es más audible actualmente con el apoyo de las TIC⁵ y los esfuerzos de organizaciones y personas para que su voz sea escuchada como validada. De la manera en que lo expresa la autora en una entrevista (la pregunta es acerca de la literatura de la negritud):

¹ "Afrodescendiente. Es el término con que se denomina a las personas que descienden de los africanos que fueron traídos a América en la época de la colonización, cuya cultura y color guardan estrecha relación con sus antepasados."

² "Identidad es la respuesta a las preguntas quién soy, qué soy, de dónde vengo, hacia dónde voy." (Krell)

³ El término "garífuna" se utiliza para nombrar a la etnia de origen africano que reside en Centroamérica, el Caribe y Estados Unidos. Actualmente habitan la parte costera de Honduras e Islas de la bahía, además las ciudades más importantes del país como Tegucigalpa, San Pedro Sula y El Progreso

⁴ Tendencia emocional que hace de la cultura propia el criterio exclusivo para interpretar los comportamientos de otros grupos, razas o sociedades. (DRAE)

⁵ Tecnologías de la información y la comunicación

"Porque cuenta, muestra lo que es la vida feliz e infeliz, es la literatura que da un sentido moral de la vida, rescata valores y redime pueblos olvidados, exhortando a la resistente en la defensa y mantención de su territorio, su forma de vida, sus valores ancestrales, sin olvidar la relación interétnica, interculturalidad, que han encubierto y sofocado una serie de tensiones, carencias, atropellos, crímenes étnicos, culturales y ecológicos, que siguen latentes en la memoria colectiva y silenciada de los sectores oprimidos, menospreciados y marginados"(Cacho)

Vemos la identificación de la autora, la manera en que manifiesta su preocupación por los problemas de los "sectores oprimidos, menospreciados y marginados" La literatura se convierte en un instrumento para "rescatar valores y redimir pueblos olvidados" La autora toma la voz de su cultura y la expone en su poesía.

Xiomara Mercedes Cacho Caballero, es el nombre completo de la autora, quien es también la primera poeta garífuna que ha publicado libros en Honduras. Nació en Punta Gorda, Roatán, Islas de la Bahía. Su hoja de vida expresa orgullosamente "es originaria de la primera comunidad Garífuna en Honduras" nació el 15 de septiembre de 1968.

De acuerdo a la encuesta para el "programa de investigación: historia de la literatura de mujeres en América (Centroamérica-México)" provista por la autora, inicia su carrera literaria con la publicación de artículos en periódicos, luego con la participación en diversos recitales poéticos. Sus versos no pecan de palabras rebuscadas al contrario, en un lenguaje sobrio y bello expresa sus preocupaciones, sentimientos e ideas.

"Quizá su trascendencia radique en que, por primera vez en la historia de la poesía hondureña, una mujer de la etnia garífuna realiza un esfuerzo de integración intercultural" (Humaña, 2010, pág. 739)

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los estudios poéticos en el país son relativamente escasos, los estudios de literatura femenina son menores, casi nulas son los estudios de poetas garífunas, así que la investigación goza de las primicias en el campo del estudio multicultural literario, he ahí la importancia del mismo. Ya que se analiza literatura femenina y garífuna, existe la visión de una mujer frente a los constructos sociales y la visión de una garífuna ante la pluralidad étnica en el país.

Surge la pregunta ¿Cómo abordar el estudio poético de una autora garífuna? Sumando al esfuerzo que su poesía es trilingüe, inglés, español y garífuna. Xiomara Cacho como poeta tiene una voz autorizada (por la poesía y su intelecto) para "hablar por" otro que se piensa sin voz (o que al menos no la utiliza), además por medio de su literatura representa una conciencia capaz de aprehender al sujeto subalterno y, a partir de esto construir un relato (o poema) que le otorgue visibilidad.

Decidí entonces partir del forjamiento de identidad cultural, para lo cual utilizaré preceptos poscolonialistas; sin embargo, antes de una identidad cultural existe el forjamiento de la identidad personal, en este caso la femenina, analizaré su poesía partiendo del análisis de identidad femenina de la psicóloga Adelaida Santana, adaptado por la Dra. Claudia Torres. Luego presentaré el análisis utilizando los estudios poscolonialistas, ya que su poesía tiene en parte esas dos visiones.

La poeta en su poesía indica diversos elementos que nos permiten dilucidar su empoderamiento como mujer. El modelo utilizado comprende cinco etapas: Conformidad o aceptación; revelación; resistencia e inmersión; introspección o síntesis; sinergia. Cada etapa es un forjamiento para la identidad.

La etapa de conformidad corresponde a la mujer que acepta los preceptos del canon social, no acciona en contra de ellos. La etapa de revelación implica que la mujer quiere romper con el estatus social establecido para su persona. La etapa de introspección corresponde al desarrollo de una identidad como mujer plena, se ama selectivamente. La etapa de sinergia se refiere a la aceptación plena de una pluralidad de género.

La poesía de Xiomara Cacho se desarrolla en la cuarta etapa, introspección. Levemente desarrolla la sinergia. La autora introduce la etapa de introspección con su poema "Mis ojos se duermen"

*"Que placidez asiento cuando mis ojos se duermen
Concibiendo tu mirada descubriendo mis encantos"⁶*

Podemos observar que la apreciación y valoración de la mujer se presenta "Descubriendo mis encantos" la poesía describe cómo la mujer puede llegar a un estado de reflexión sobre su persona al descubrir los "encantos" que posee, de esa manera puede amar, es por eso que la autora explica "Concibiendo tu mirada". La introspección sobre su identidad permite que la subalteridad a la que estaba

⁶ Poemas facilitados por la autora

relegada no se presente y pueda amar en igualdad, sin sentirse inferior, lo vemos en el siguiente fragmento:

*“Cuando nuestras piernas se entrelazan,
Y tus labios, se abren para decirme con voz lenta y pausada:
Me fascinas, dejándome sentir tus manos,
acariciar mi cuerpo,
hospedando tus labios en mi boca
entregándome los flagelos de los besos
más hermosos, más tiernos, más dulces.”*

El apoderamiento de su identidad le permite romper con los esquemas tradicionales que atan a la mujer, es decir, siente plena libertad al referirse a temas eróticos. Se olvidan los preceptos que rigen a una mujer doblegada y sumisa, la mujer que no puede hablar de sexo por su castidad, esos constructos no se presentan y se desechan en la etapa de la introspección.

*“cuando el deseo por amarnos germina
nuestra habitación se convierte en fuego
de pasión que quema nuestros cuerpos
cómplices de nuestra desenfrenada excitación”*

La mujer en la etapa de introspección es consciente de su cuerpo, existe un empoderamiento de su identidad por medio de su cuerpo, esa característica le permite poder amar y entregarse si lo desea, ya que cada acción se realiza con una conciencia de mujer, los preceptos sociales que construyen a la mujer quedan fuera.

*“palmo a palmo los rincones de mi cuerpo,
que también es tuyo, y que pones a volar,
con una historia, una fantasía
estremeciendo mi libido sin freno alguno.”*

Se observa que la autora tiene un empoderamiento de su identidad como mujer, no escucha los constructos sociales, han sido desechados por una identidad forjada en capacidad para verse de una manera positiva, la autora no escucha los preceptos que construyen a la mujer socialmente, y es el amor quien provoca ese pensamiento:

*“me basta el olor de tu piel
para olvidarme decisivamente de que el mundo existe”*

Por eso afirmo que la poesía de Xiomara Cacho desarrolla una identidad de mujer correspondida a la cuarta etapa del modelo de forjamiento de identidad femenina. Habiendo comprendido cómo visiona la autora a la mujer, podemos comprender la colectividad que implica su concepción respecto a su cultura.

Como se ha expresado, la autora toma la voz de su pueblo para exaltar su identidad cultural, existen diversas formas de exaltación y forjamiento de la identidad garífuna en su poesía, por ejemplo el recurso de definir su espacio en el mundo, las características de su tierra, en su poesía "perfección de riquezas" la autora exalta las tierras garífunas.

*"Mi isla, tiene reliquias acuáticas
De edificios muy grandes y claramente formados
De una arena perpetua, que se levanta en poniente
Admirada por el poder de reyes,
Provenientes de África y Europa."*

Destaco la evocación de los reyes de África y Europa, pues en efecto América fue admirada por sus riquezas, América fue el encuentro de los continentes.

*"La isla, donde yo nací es sacra,
Hermosa, admirable, fértil,
Es de grandísima admiración por la fuerza de sus habitantes
Y la génesis tiránica de sus primeros hombres"*

Nótese la utilización de la palabra "sacra" para definir a la isla, además de los adjetivos que la modifican. La evocación al pasado es evidente, el pasado es importante para comprender el presente y desarrollar un mejor futuro, en una cultura el pasado es definitivamente imprescindible para forjar una identidad. La poeta con una conciencia cultural exalta la belleza de la tierra garífuna.

La autora describe la importancia de la cultura ancestral, promueve su conservación, las manifestaciones culturales que han sobrevivido con el sincretismo son pocas, el dugú es una de ellas.

*"¡Como tocan el tambor
los niños de mi pueblo!
Conservan sus costumbres
y hablan de dugú"*

El tambor es un elemento importante de la cultura garífuna. La autora nos explica la importancia que tienen los niños en la cultura, es a ellos quien debe de transmitírsele para asegurar su preservación. Para esto es necesario el forjamiento de la identidad, pues el niño puede "aculturizarse" y desvalorizar sus raíces. Referente al dugú:

"Durante días y noches, familias enteras se reúnen para rendirle homenaje a sus ancestros ofendidos en el espacio sagrado del dabuyaba, el templo del culto." (redaccion@laprensa.hn, 2009)

También la autora describe el dugú en su poesía:

"Muy felices,
ofrendan comida a sus ancestros.
Aman la comunidad nacional,
también tocan el tambor"

La autora se interesa por rescatar y preservar sus costumbres, la literatura se convierte en la vía inmortalizadora de una tradición ancestral. Ante la pluralidad cultural del país, la autora no descuida la identidad nacional, los expresa como "comunidad nacional" En el mismo poema la autora expresa directamente la importancia de preservar la identidad cultural, y la importancia de que esta crezca junto al niño.

*"Los niños de mi pueblo
conservan su identidad cultural,
labran la tierra,
creen en el desarrollo."*

Uno de los poemas más importantes por su temática es "Sueño". En él la voz avanza mediante preguntas retóricas y afirmaciones referentes a la pigmentación de la piel del afrodescendiente. La importancia de la palabra sueño adquiere en este poema la figura de un anhelo por la conciencia de la identidad. Primero nos introduce las preguntas sobre el sueño, este es descrito como "Divino y maravilloso"

*"¿Has visto un sueño avanzar?
Pues yo sí lo vi.
¿Has visto lo bien que tu sueño puede avanzar?
Es divino y maravilloso."*

*El sueño avanza
cuando el cielo llega a tus brazos.
¿Has visto lo bello que avanza tu sueño?
Pues yo sí lo vi. "*

El poema está dirigido a una persona afrodescendiente, no necesariamente garífuna. La contraposición de colores entre los brazos afrodescendientes extendidos al cielo azul crea una imagen visual hermosa. Luego de mencionar el "sueño" la autora describe sus características:

*"El cielo en tus brazos
es la conciencia del color de tu piel
ante los ojos de la sociedad
es la frescura de tu pigmentación."*

La identidad necesita conciencia, esa "conciencia del color de tu piel" además introduce el elemento social que esa pigmentación implica; sin embargo, ante cualquier constructo social la autora expresa la belleza de "la frescura de tu pigmentación". En estos versos existe un identidad marcada, ningún precepto social influye la conciencia de la identidad.

La imagen visual del "cielo en tus brazos" nos hace pensar en ese sueño de "igualdad" y abolición del racismo; sin embargo, para que exista una sinergia cultural debe crecer primero la identidad individual y luego social del individuo. Tal es el sueño de la autora. El poema finaliza con una exaltación a la descendencia africana, y una exhortación para recordar y no olvidar a los antepasados que poblaron América.

*"Lo maravilloso es
la sangre africana.
Es el dolor que sufrieron
aquellos que te abrieron
las puertas a la América"*

CONCLUSIONES

Por lo anterior afirmo que la poeta Xiomara Cacho desarrolla en su poesía una exaltación de su identidad, como mujer y como garífuna. La autora refiere respecto a su literatura:

"me ha servido como testimonio de una época, de ideales y del entorno histórico en los cuales se ha desenvuelto mi pueblo étnico y mi país. Es un pliego social de tiempo, de costumbres, de política y de la psicología de un pueblo... a través de la literatura, he podido plasmar mis ideales, costumbres, cultura y anhelos" (Cacho X.)

La poeta es una mujer, garífuna y hondureña conciente de su género, etnia y nacionalidad. Su poesía es el nexo entre la concepción del forjamiento de la identidad garífuna. Por eso desarrolla en su poesía una exaltación y forjamiento de su identidad como mujer y como garífuna.

BIBLIOGRAFÍA

- Cacho, X. (Abril de 2010). PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN: HISTORIA DE LA LITERATURA DE MUJERES EN AMÉRICA CENTRAL (Centroamérica-México). (M. Zavala, Entrevistador).
- Cacho, X. (s.f.). Visión de la literatura de la negritud.
- Contreras, M. (s.f.). *Hoy digital*. Recuperado el 31 de Julio de 2011, de <http://www.hoy.com.do/areito/2008/10/31/253520/CulturaUn-llamado-para-reconocer-la-riqueza-heredada-del-continente>
- Heraldo, E. (s.f.). *www.elheraldo.hn*. Recuperado el 31 de julio de 2011, de <http://www.elheraldo.hn/Pa%C3%ADs/Ediciones/2010/12/07/Noticias/Afrodendientes-a-cumbre-en-Honduras>
- Humaña, H. (2010). *La palabra iluminada*. Guaymuras.
- Krell, H. (s.f.). *ILVEM*. Recuperado el domingo de julio de 2011, de <http://www.ilvem.com/shop/otraspaginas.asp?paginanp=363&t=IDENTIDAD.htm>
- Mayaparadise. (s.f.). *Aula Intercultural*. Recuperado el Domingo de Julio de 2011, de El portal de la educación intercultural: http://www.aulaintercultural.org/article.php3?id_article=1000
- Otaíza, M. R. (No 9-2005). Eltit y Spivak: dos visiones de la subalternidad. *El hablador*, 1. redaccion@laprensa.hn. (5 de abril de 2009). *La prensa.hn*. Recuperado el Domingo de julio de 2011, de <http://www.laprensa.hn/Ediciones/2009/04/06/Noticias/Joven-estudia-el-rito-dugu>
- Silva, V. M. (2003). *Un pensar desde las confuciones fronteras*.
- Zhaoguo, D. (2011). Theorizing Resistance in Spivak's. *STUDIES IN LITERATURE AND LANGUAGE*, 20.

Metodología: Enfoque accional y SGAV, sus influencias en el aprendizaje de una lengua extranjera

Katia Barahona*, Angélica Coello*, Alberto Aguiluz*, Patricia García**

RESUMEN

El Enfoque Accional cambia de manera positiva los patrones de conducta del maestro y los estudiantes dentro del aula de clases; la utilización del enfoque optimiza el proceso enseñanza aprendizaje de una lengua extranjera. La investigación determina en qué medida se ha adaptado el enfoque en las clases de lengua extranjera en la UNAH; y cómo puede el enfoque modificar el comportamiento de los actores del proceso educativo (alumno, maestro).

Al implementar el Enfoque Accional se generan avances en el proceso enseñanza aprendizaje, ya que el estudiante aprende a ser autónomo y a construir su propio conocimiento sin depender totalmente del docente; es decir, el docente se convierte en un facilitador y un guía no en el totalizador del conocimiento. En el Enfoque Accional se evitan las siguientes ideas: el maestro enseña y decide todo lo que se aprende, el maestro es la única fuente de aprendizaje. Estas ideas predominan actualmente en la enseñanza de una lengua.

Palabras clave: *Enfoque accional, enfoque estructuro-global audiovisual (ó SGAV), metodología, competencias lingüísticas, roles del maestro y estudiante, diferentes tipos de saberes, comportamiento.*

ABSTRACT

The Actional Approach has had a positive effect on the patterns of the teacher and students behavior inside the classroom and has improved the teaching/learning process of a foreign language. This research explains how the Actional Approach can be adapted to the foreign language classes inside the classrooms of the Foreign Languages Career and therefore, explains how the behavior of teachers and students can be changed through the learning-teaching process.

* Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Humanidades y Artes. Escuela de Lenguas Extranjeras. Estudiantes del Seminario de Tesis de la Carrera de Lenguas Extranjeras. coelloangelica@gmail.com; kalibacru@yahoo.com; mx.alberto_ago04@hotmail.com

** Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Humanidades y Artes. Escuela de Lenguas Extranjeras. Máster en Lingüística. Asesora del Seminario de Tesis, Editora. patdebor@yahoo.com

When applying this approach, it can promote improvement by helping the students become autonomous learners and the teacher become a facilitator and a guide and not the only source of knowledge. This approach avoids the ideas, which are still predominant in the teaching of a foreign language today, that the teacher is the one who teaches and decides everything in learning and that the teacher is the only source of knowledge.

Key words: *Actional Approach, SGAV, methodology, linguistic competence, teachers and students roles, different kinds of knowledge, behavior.*

INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza de una lengua extranjera tiene como finalidad principal establecer y/o arreglar los ambientes en los cuales los estudiantes pueden interactuar y aprender. Se ayuda a los estudiantes a adquirir información o conocimientos, ideas, habilidades, valores, maneras de pensar y medios de autoexpresión; se les está enseñando también a aprender. Los efectos de los modelos de enseñanza se miden no sólo si el estudiante alcanzó los objetivos específicos que se pretendían, sino también, en cuanto a si incrementaron su habilidad para aprender, lo cual es el propósito fundamental en el estudio de Joyce y Weil (citados en Morín y Carvajal, 2002). La manera en la que se lleva a cabo la enseñanza tiene un gran impacto en las habilidades de los estudiantes para auto educarse. Los maestros exitosos involucran a sus estudiantes en tareas sociales y cognitivas. Por lo tanto, en esta investigación nuestro principal objetivo es conocer en qué medida los docentes de la Carrera de Lenguas Extranjeras utilizan el Enfoque Accional y el SGAV.

Para una mejor ilustración, se detallan ambas metodologías a continuación.

Enfoque Estructuro-global Audiovisual (SGAV)

Durante muchos siglos la enseñanza de lenguas había sido un tema secundario en el sistema de educación y quienes se dedicaban a esta tarea tenían en su mayoría conocimientos empíricos basados en la religión, se ve reflejado en la enseñanza del latín y lenguas clásicas. (Sánchez, 1997). Sin embargo, factores como el incremento de intercambios culturales, facilidades de movilidad y transporte y la incursión sobre el tema en el ámbito científico, dieron como resultado la creación de libros de investigación sobre la enseñanza de idiomas, los cuales servían como medios de consulta; un hecho decisivo en la historia de la enseñanza de lenguas. Surge entonces en los Estados Unidos la primera metodología de base estructural llamada el Método Audio-lingual (ALM) cuya configuración se debe especialmente a los estudios lingüísticos que dieron origen a las escuelas estructuralistas. Bloomfield (citado en Sánchez, 1997) fue los creadores del movimiento renovador estructuralista ya que sus obras fueron considerados necesarios para quienes trabajaban en el ASTP (Army Specialized Training Program) del ejército norteamericano durante la Segunda Guerra Mundial. Esta escuela se centra en la búsqueda de estructuras fundamentales de las lenguas, sustentando así la nueva metodología. A esto se suma la influencia directa del psicólogo Skinner en cuyos experimentos llegó a la conclusión de que la formación de hábitos es el fruto de la repetición de actos o comportamientos. El concepto de hábito es pronto adoptado en

la terminología lingüística y en su aplicación a la enseñanza de lenguas. El inicio de este nuevo enfoque fue un factor decisivo para que la enseñanza de lenguas se convirtiera en una cuestión nacional en los Estados Unidos y de allí se extendiera a todo el mundo.

Más tarde en Francia nace la variante SGAV. En esta modalidad francesa se añaden algunos elementos derivados del mayor uso de los apoyos visuales y la idea de la comprensión global del texto (Sánchez, 1997). Dentro de algunas características están que el alumno comprenda globalmente el diálogo antes de trabajar con la estructura lingüística previamente seleccionada. El profesor es protagonista y guía de la clase. El alumno es un agente pasivo ya que no participa en la toma de decisiones respecto a lo que aprende y cómo. El profesor es siempre el modelo que los alumnos deben reproducir mediante la repetición y la imitación. El aprendizaje de la gramática es inductivo y se adquiere a través de la práctica. El aprendizaje en general se logra mediante un proceso inductivo; es decir, a partir de la práctica y de lo concreto. El estudiante no hace ningún tipo de razonamiento, análisis, hipótesis sobre lo que aprende. No se utilizan sus conocimientos anteriores para construir nuevo conocimiento. El alumno no cuestiona lo que aprende del maestro ni lo que desea aprender.

Enfoque Accional

Hasta hace algunos años, la enseñanza de una lengua estaba enfocada en el profesor desde el punto de vista que, es él quien tiene el conocimiento y el alumno acude a él para aprenderlos. Además, la elaboración del contenido se enfocaba más desde cómo enseñar y no desde la óptica de cómo aprender. El surgimiento de las democracias en Europa inicia un cambio educativo con importantes consecuencias sociales como la igualdad en el derecho a la educación. En estas condiciones surge la necesidad de definir qué se va a enseñar. Los objetivos educativos son establecidos por el gobierno quienes son "asesorados por especialistas en pedagogía". De estos objetivos surge el esquema educativo que obliga a los profesores a cumplir procedimientos de trabajos pertinentes. La enseñanza de idiomas no está aislada a este proceder. El nuevo enfoque se enmarca en el ámbito de la enseñanza de lenguas. Este es un enfoque comunicativo ya que se empieza a tomar en cuenta las necesidades o intenciones de comunicación por parte del aprendiz, porque de hecho se aprende un idioma para utilizarlo en contextos y situaciones significativas y realistas (Sánchez, 1997). Los conflictos surgidos en Europa luego de la Segunda Guerra Mundial, dieron lugar a la creación de la Unión Europea, dentro de la cual se llegó a un acuerdo respecto a las lenguas que serían utilizadas en la organización (ya que los

miembros tienen diversidad cultural y lingüística). Es así, que nace el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (MCERL) que dio como resultado el surgimiento del actual enfoque en la enseñanza de lenguas, la perspectiva accional. Esta nueva perspectiva ve al aprendiz de una lengua como un actor social que tiene una tarea por cumplir, en un contexto y situación dados (*Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas, 2005*). Las tareas a realizar se llevarán a cabo por medio de competencias, las cuales no serán solamente lingüísticas, sino todas aquellas a las que recurrimos para realizar cualquier actividad de la vida cotidiana. Al hablar de competencias nos referimos a los saberes que toda persona posee: saber declarativo o empírico, saber ser, saber hacer y saber aprender. Lo anterior provoca un cambio radical en los roles de los actores del proceso de enseñanza / aprendizaje de una lengua. Dado que, al aplicar estos elementos o competencias en la enseñanza, se desarrolla la capacidad de autonomía en el estudiante, él mismo construye su propio aprendizaje, y no depende todo el tiempo del maestro, de tal manera que amplifica la capacidad de deducción y descubrimiento. Así que busca una nueva concepción en el rol del maestro como facilitador, guía e investigador del aprendizaje y no solamente un instrumento transmisor de conocimiento. Desde esta perspectiva el maestro es un guía que ayuda al alumno a adquirir estrategias de aprendizaje que lo convierten en un ser autónomo. Al mismo tiempo, enseña al estudiante a aprender y desenvolverse en todos los ámbitos, tanto profesionales como sociales y culturales. Finalmente, el docente desempeña el papel de un orientador, ya que cede su protagonismo al alumno permitiendo que este sea el actor principal del acto de aprender.

Esta perspectiva considera como factor importante la relación entre maestros y estudiantes; es decir, el rol docente es fundamental y tiene la responsabilidad de incitar a los estudiantes el desarrollo de aptitudes y capacidades para el cuestionamiento de la realidad, la investigación, la invención y el descubrimiento. De esa manera se estimula la confianza en el alumno, para expresar sus ideas y tomar decisiones propias, para tener conciencia de sus errores y aceptarlos de tal manera que al corregirlos se construya aprendizaje. Al ser el actor principal del proceso enseñanza / aprendizaje es capaz de tomar decisiones concernientes a su aprendizaje y para ello debe aprender a conocerse, conocer sus capacidades, estimar lo que sabe y lo que no sabe, reconocer lo que ha aprendido y lo que le resta por aprender, lo que lo transforma en un investigador independiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación, con enfoque cuantitativo transeccional no-experimental, se realizó en el tercer período del 2010 como parte del Seminario de Investigación de

la Carrera de Lenguas Extranjeras. Se observó el uso del Enfoque Accional y la Metodología SGAV en las aulas de clases donde se enseña una lengua extranjera. Para la recolección de datos se utilizaron dos encuestas, una dirigida a profesores de lengua de inglés, francés e italiano compuesta por 12 preguntas cerradas y otra encuesta dirigida a los estudiantes de las clases de estas secciones impartidas por los mismos docentes la cual consistió en un cuestionario de 18 preguntas cerradas. Dichas encuestas estaban constituidas por una serie de preguntas que pretendían obtener las reacciones de los entrevistados frente al uso de una u otra metodología de enseñanza/aprendizaje de una lengua. Las encuestas se aplicaron en un solo momento y no se manipularon las variables.

Para el análisis de los datos recolectados, se seleccionó el programa Microsoft Excel. Primeramente, se procedió a codificar cada una de las respuestas obtenidas en el instrumento de medición. Una vez hecha la codificación, se procedió a tabular los datos ingresándolos al programa para obtener los resultados que sirvieron para elaborar los gráficos que representaron las respuestas obtenidas.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Partiendo de las características de ambos enfoques, Accional y SGAV, se elaboraron dos instrumentos dirigidos a docentes y estudiantes de la Carrera de Lenguas. Para fines prácticos, se presenta un resumen de la siguiente tabla de los resultados obtenidos.

Tabla N. 1: Resumen de los resultados obtenidos de las encuestas dirigidas a docentes y estudiantes de la Carrera de Lenguas Extranjeras

No.	Pregunta	Respuesta	%	Respuesta	%	Total
1	El docente prepara el ambiente físico del aula	Si	50%	No	50%	100%
2	El docente prepara el material y utiliza recursos didácticos	Si	67.5%	No	32.5%	100%
3	El docente crea un ambiente de confianza en el grupo	Si	60%	No	40%	100%
4	El docente permite la libre expresión en el aula en relación a un tema	Si	82.5%	No	17.5%	100%
5	El docente utiliza conocimientos previos	Si	65.5%	No	34.5%	100%
6	El docente guía el aprendizaje	Si	60%	No	40%	100%
7	El alumno hace reflexión sobre el tema enseñado	Si	72.5%	No	27.5%	100%
8	El alumno elabora sus propias hipótesis en relación a los temas que aprende	Si	52.5%	No	47.5%	100%
9	El alumno aprende sin memorización textual	Si	62.5%	No	37.5%	100%
10	El alumno hace investigaciones por su propia cuenta	Si	52.5%	No	47.5%	100%

Según los datos obtenidos relacionados con el docente, el 50% de los encuestados prepara el ambiente físico antes de iniciar su clase, el 67.5% utiliza los recursos de aprendizaje necesarios al momento de enseñar, el 60% proporciona una atmósfera social agradable dentro del aula. En relación al tema enseñado, el 60% guía el aprendizaje, el 82.5% permite la libre expresión y el 65.5% utiliza conocimientos previos del alumno para desarrollarlo. Es interesante observar que la mayoría de los docentes encuestados desarrollan características importantes relacionadas con el enfoque accional que promueven la autonomía en el aprendizaje en el saber hacer, saber ser y saber aprender desarrollando de tal forma la capacidad de deducción y descubrimiento. Así que el rol del maestro es de un facilitador y guía del aprendizaje que permite la libre expresión y no solamente un instrumento transmisor de conocimiento. Desde esta perspectiva, y según lo expresado por los alumnos encuestados, el 72.5% hace reflexión sobre el tema enseñado y el 62.5% aprende sin memorización textual. En menor grado, el 52.5% elabora sus propias hipótesis en relación a los temas que aprende y hace investigaciones por su propia cuenta.

CONCLUSIONES

Los resultados reflejan que el maestro es un guía que ayuda al alumno a adquirir estrategias de aprendizaje que lo convierten en un ser autónomo, hasta cierto punto responsable de su propio aprendizaje demostrando así que existe una tendencia en la Carrera de Lenguas Extranjeras orientada hacia el uso del Enfoque Accional y no hacia el SGAV.

Además, los resultados demuestran que los docentes desarrollan los saberes que un estudiante debe poseer cambiando los roles del proceso de enseñanza/aprendizaje de una lengua en donde se incita al alumno a desarrollar aptitudes y capacidades que lo hacen responsable de su propio aprendizaje y de esta forma desarrollando su autonomía. Esto se ve reflejado en las respuestas dadas por los estudiantes que en su mayoría reflexionan sobre el aprendizaje, elaboran sus propias hipótesis en relación a los temas aprendidos y hacen investigaciones por su propia cuenta.

El Enfoque Accional ha provocado un cambio en las áreas de la enseñanza de lenguas extranjeras, un cambio positivo, eficaz y eficiente en el que el alumno ya no solo es un autómatas controlado por una autoridad, sino que tiene una personalidad que incluye el tener derechos, compartir experiencias y se convierte en un actor social dentro de situaciones auténticas de la vida real. El Enfoque Accional desarrolla cambios positivos en el comportamiento de los dos actores del proceso.

de enseñanza/aprendizaje de tal manera que facilita el proceso de ambos roles (el del maestro y estudiante).

Se recomienda promover este enfoque en todas las aulas de clases que enseñan una lengua extranjera.

BIBLIOGRAFÍA

Centro Virtual Cervantes. (s.f.). Recuperado el 24 de octubre de 2010, de Dicionarios de Términos Claves de ELE:

http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/metodosgav.htm.

Consejo, E. (2005). *Marco Común Referencial Europeo para las Lenguas*. Paris: Didier.

Puren, C., & Bertocchini, P. (1999). *Se former en didactique*. Paris: Ellipses.

Rectoría, V. A. (2009). Modelo Educativo de la UNAH. *Serie de la Reforma Universitaria* N° 3, (pág. 100). Tegucigalpa.

Rectoría; Vicerrectoría; Curricular, Comité Técnico de Desarrollo. (abril de 2009). *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*, N° 3. Recuperado el 24 de octubre de 2010, de Reforma Universitaria:

<https://www.unah.edu.hn/uploaded/content/category/1594271282.pdf>.

Rogero, P. A., & Díaz González, R. (2002). Fiche Pedagogique. *Français dans le Monde* (324), 81-83.

Sánchez, A. (1997). *Los Métodos en la enseñanza de idiomas: Evolución histórica y análisis didácticos*. Madrid: General Española.

Tangliante, C. (1999). *La classe de langue* (Vols. fs, 213). Paris: CLE Internacional.



**Notas
Informativas**



UNAH
DIRECCIÓN DE
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

DIPLOMADO en INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA 2012

Séptima Promoción

Inscripción y Matrícula

Del 30 de enero al
16 de marzo

Inauguración e inicio de clases

23 y 24 de marzo

MODULOS

- I. Epistemología
- II. Construcción del objeto de estudio
- III. Fundamentación teórica
- Asesoría temática
- IV. Población y muestra
- V. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuantitativos
- Asesoría temática
- VI. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cualitativos
- VII. Informe de la investigación
- VIII. Administración, seguimiento y evaluación de proyectos
- Presentación y Defensa de Proyecto de Investigación



Edificio F1, 3er. piso,
cubículo 301
Tel: 2231-0678, ext. 151

Contacto

Departamento de Proyectos de Investigación

Edilio Medina - investigacion@unah-proyectos.inggnet.unh.ac.hn

Laura Solís de Alvarado - investigacion@unah-proyectos.ig@unah.ac.hn

Diego Ricardo Amador - investigacion@unah-proyectos-ia@gmail.com

Diplomado Virtual en Investigación Científica 2012



UNAH
DIRECCIÓN DE
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Segunda Promoción

■ **Recepción de documentos y proceso de selección**

30 de enero al 16 de marzo

■ **Notificación de aceptación**

16 al 19 de marzo

■ **Matrícula e inicio 1er. módulo**

19 de marzo

MODULOS

- **I. Epistemología**
- **II. Construcción del objeto de estudio**
- **III. Fundamentación teórica**
Asesoría temática
- **IV. Población y muestra**
- **V. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuantitativos**
Asesoría temática
- **VI. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cualitativos**
- **VII. Informe de la Investigación**
- **VIII. Administración, seguimiento y evaluación de proyectos**
Presentación y Defensa de Proyecto de Investigación



Edificio F1, 3er. piso,
cubículo 301
Tel: 2231-0678, ext. 151

Contacto

Departamento de Proyectos de Investigación

Edificio F1, 3er. piso, cubículo 301, Edificio F1, 3er. piso, cubículo 301
Tel: 2231-0678, ext. 151

CRITERIOS PARA LA PUBLICACIÓN EN LA REVISTA PORTAL DE LA CIENCIA

De los requisitos generales:

1. Doble espacio en todo el artículo, letra Arial Narrow, tamaño 12.
2. Inicie cada sección o componente del artículo después de donde terminó el anterior.
3. El artículo debe contener como mínimo:
 - Página del título
 - Resumen y palabras clave (en español e inglés)
 - Texto
 - Agradecimientos académicos y técnicos
 - Referencias bibliográficas
 - Tablas (en páginas por separado) y leyendas.
4. La estructura del artículo y el peso porcentual de sus componentes serán los siguientes:
 - Título y autores en una página
 - Resumen y palabras clave en una página
 - Introducción 5% - 10%
 - Métodos y técnicas 5% - 10%
 - Análisis o Desarrollo del tema 70% (dividirlo en tres o cuatro capítulos)
 - Conclusiones 5% - 10%
 - Bibliografía 5%
5. La extensión total de los artículo tendrá un máximo de 17 páginas, a doble espacio.
6. Tamaño de ilustraciones, no debe superar las 4'x 5' pulg.
7. Incluya las autorizaciones para la reproducción de material anteriormente publicado o para la utilización de ilustraciones que puedan identificar a personas.
8. Adjunte la cesión de los derechos de autor y formularios pertinentes.
9. El texto del artículo se mecanografiará o imprimirá en papel blanco (8,5'x 11 pulgadas), con márgenes de 2 cm., a cada lado (superior, inferior, derecho e izquierdo). El papel se escribirá a una sola cara.
10. Las páginas se numeran consecutivamente comenzando por el título. El número de página de ubicará en el ángulo inferior derecho de cada página.
11. La copia en soporte electrónico (en disquete, chip o correo electrónico); debe tener las siguientes consideraciones:
 - Cerciorarse de que se ha incluido una versión del manuscrito en el disquete.
 - Incluir en el disquete solamente la versión última del manuscrito.
 - Especificar claramente el nombre del archivo.
 - Etiquetar el disquete con el formato y nombre del fichero.
 - Facilitar la información sobre el software y hardware utilizado.

De los requisitos del Artículo:

1. La página del título contendrá:

- El título del artículo, que debe ser conciso pero informativo. Su objeto es dar a conocer al lector el contenido esencial del artículo. No debe sobrecargarse con información. Debe ser corto (no exceder de 15 palabras).
- El nombre de cada uno de los autores, acompañados de su grado académico más alto y su afiliación institucional.
- El nombre del departamento o departamentos e institución o instituciones a los que se debe atribuir el trabajo.
- El nombre, email, teléfono o extensión (si es UNAH) y la dirección del autor responsable de la correspondencia.
- El nombre y la dirección de autor al que pueden solicitarse separatas, o aviso de que los autores no las proporcionarán.

2. Autoría, para concederte a alguien el crédito de autor, hay que basarse únicamente en su contribución esencial en lo que se refiere a:

- a. La concepción y el diseño del estudio, recogida de los datos, o el análisis y la interpretación de los mismos;
- b. La redacción del artículo o la revisión crítica de una parte sustancial de su contenido intelectual; y
- c. La aprobación final de la versión que será publicada.

Los requisitos anteriores tendrán que cumplirse simultáneamente. La participación exclusivamente en la obtención de fondos o en la recogida de datos o la supervisión general del grupo de investigación no justifica la autoría.

3. Resumen y Palabras Clave, la segunda página incluirá un resumen (entre las 150 y 250). 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 novedosos o de mayor importancia. Tras el resumen los autores deberán presentar e identificar como tales, de 3 a 10 palabras clave que facilita el indizado del artículo y se publicarán junto con el resumen (versión en español e inglés de ambos).

4. Introducción. Se indicará el propósito del artículo y se realizará de forma resumida una justificación del estudio. En esta sección del artículo, únicamente, se incluirán las referencias bibliográficas estrictamente necesarias y no se incluirán datos o

conclusiones del trabajo. La introducción debe explicar la finalidad del artículo. Los autores deben aclarar qué partes del artículo representan contribuciones propias y cuales corresponden a aportes de otros investigadores.

5. Método. Puede organizarse en cinco áreas:

- a. Diseño: se describe el diseño del experimento (aleatorio, controlado, casos y controles, ensayo clínico, prospectivo, etc.)
- b. Población sobre la que se ha hecho el estudio. Describe el marco de la muestra y cómo se ha hecho su selección.
- c. Entorno: indica dónde se ha hecho el estudio (escuela, comunidades, hospitales, campos agrícolas, etc.)
- d. Intervenciones: se describen las técnicas, tratamientos (utilizar nombres genéricos siempre), mediciones y unidades, pruebas piloto, aparatos y tecnología, etc.)
- e. Análisis estadístico: señala los métodos estadísticos utilizados y cómo se han analizados los datos.

Describa con claridad la forma como 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.

Se indicará con claridad cómo y porqué se realizó el estudio de una manera determinada. Se ha de especificar cuidadosamente el significado de los términos utilizados y detallar de forma exacta como se recogieron los datos (por ejemplo, qué expresiones se incluyen en la encuesta, si se trata de un cuestionario autoadministrado o la recogida se realizó por otras personas, 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 ofrecerá referencias de los métodos acreditados entre ellos los estadísticos; se darán referencias y breves descripciones de los métodos que aunque se hallen duplicados 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 a 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.

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.

6. 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, ni las iniciales, ni el 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.

7. Estadística. 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. 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). 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. Analice los criterios de inclusión de los sujetos experimentales. Proporcione detalles sobre el proceso que se ha seguido en la distribución aleatoria. 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). Siempre que sea posible, las referencias sobre el diseño del estudio y métodos estadísticos serán de trabajos vigentes (indicando el número de las páginas). Especifique cualquier programa de ordenador, de uso común, que se haya empleado. En la sección de resultados resuma los datos, especifique los métodos estadísticos que se emplearon para analizarlos. 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. Use gráficos como alternativa a las tablas extensas.

8. Resultado. Presente los resultados en el texto, tablas y gráficos siguiendo una secuencia lógica. No repita en el texto los datos de las tablas o ilustraciones; destaque o resuma tan sólo las observaciones más importantes.

9. 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 el apartado de discusión el significado de los resultados, las limitaciones del estudio, así como, sus implicaciones en futuras investigaciones. Se compararán las observaciones realizadas con las de otros estudios pertinentes.

10. **Conclusiones.** Relaciones la conclusiones con los objetivos del estudio, evite afirmaciones poco fundamentadas 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. Podrán incluirse recomendaciones cuando sea oportuno.
11. **Agradecimientos.** Incluya la relación de todas aquellas personas que han colaborado pero que no cumplan los criterios de autoría, tales como, ayuda técnica recibida, ayuda en la escritura del manuscrito o apoyo general prestado por el jefe del departamento. También se incluirá en los agradecimientos el apoyo financiero y los medios materiales recibidos. Los agradecimientos a Dios pertenecen al ámbito privado, se espera que no se incluyan en este apartado.
12. **Referencias bibliográficas.** Numere las referencias consecutivamente según el orden en que se mencionen por primera vez en el texto. Evite citar resúmenes o referencias de originales no publicadas. 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. En los artículos científicos, los autores que citen una comunicación personal deberán obtener la autorización por escrito.

La referencias bibliográficas se conforman generalmente de la siguiente manera:

Libro: apellidos e iniciales del nombre. Si son más de 7 autores necesitan sólo los 7 primeros y se pone la expresión et al. Título del libro. Número de Edición (ed.). Lugar de Publicación. Editorial. Año de Publicación.

Revista: Apellidos e iniciales del nombre. Título del artículo (entre comillas). Título de la Revista. Lugar de Publicación. Editorial. Volumen y Número de la Revista. Fecha de Publicación y Número de Página.

Periódico: Apellidos e iniciales del nombre. Título del artículo (entre comillas). Título del periódico. Ciudad donde se edita. País. Año y número del periódico. Fecha de Publicación y Número de Página.

Página Web: Apellidos e iniciales del nombre. Título del artículo (entre comillas).

Dirección de web. Fecha de Publicación o Consulta.

13. **Tablas.** Numere las tablas consecutivamente en el orden de su primera citación en el texto y asígneles un breve título a cada una de ellas. En cada columna figurará un breve encabezamiento. Las explicaciones precisas se pondrán en notas a pie de página, no en la cabecera de la tabla.

En estas notas se especificarán las abreviaturas no usuales empleadas en cada tabla. Como llamadas para las notas al pie, utilícense los símbolos siguientes en la secuencia que a continuación se indica: *, †, ‡, ¶, **, ††, ‡‡, etc. Identifique las medidas estadísticas de variación, tales como la desviación estándar, el error estándar de la media. Asegúrese de que cada tabla se halle citada en el texto.

14. **Ilustraciones (figuras).** Las figuras estarán dibujadas y fotografiadas de forma profesional; no se aceptarán la rotulación a mano. Se aceptarán un tamaño aproximado de 127' 17 mm (5' 7 pulgadas), sin que en ningún caso supere 203' 254 mm (8' 10 pulgadas). Las letras, números y símbolos serán claros y uniformes en todas las ilustraciones; tendrán, además, un tamaño suficientes para que sigan siendo legibles. Los títulos y las explicaciones detalladas se incluirán en las leyendas de las ilustraciones y no en las misma ilustraciones. Las figuras no se doblarán ni se montarán sobre cartulina. Las microfotografías deberán incluir en sí mismas un indicador de la escala. Los símbolos, flechas y letras usadas en éstas tendrán el contraste adecuado para distinguirse del fondo. Si se emplean fotografías de personas, éstas no debieran ser identificables; de lo contrario, se deberá anexar el permiso por escrito para poder utilizarlas. Las figuras se numerarán consecutivamente según su primera mención el texto.
15. **Leyendas de las ilustraciones.** Los pies o leyendas de las ilustraciones se mecanografiarán.
16. **Unidades de medida.** Las medidas de longitud, talla, peso y volumen 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, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
17. **Abreviaturas y símbolos.** Utilice únicamente abreviaturas normalizadas. Evite las abreviaturas en el título y en el resumen. Cuando en el texto se emplee por primera vez una abreviatura, ésta irá precedida del término completo, salvo si se trata de una unidad de medida común.
18. Conserve una copia de todo el material enviado.



UNAH



Edificio F1, 3er piso, cubículo 301
Tel: 2231-0678 ó Ext. 151

web: www.unah.edu.hn