

# CIENCIAS ESPACIALES

Publicación Semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)  
Universidad Nacional Autónoma de Honduras | Volumen 9, Número 1 Primavera, 2016  
ISSN: 2225-5249



Ueditorial  
universitaria



UNAH  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE HONDURAS

# CIENCIAS ESPACIALES

**Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)**  
**Universidad Nacional Autónoma de Honduras**

Volumen 9, Número 1 Primavera, 2016. ISSN: 2225-5249

## **Portada:**

Mosaico ilustrativo de campos de investigación de la Revista Ciencias Espaciales: Astronomía y Astrofísica (Nebulosa de Orión M-42. Foto: Adán Artola); Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica (Mapa de Concentración y Dispersión de Infraestructura de Espacios Públicos en la Ciudad de Comayagua. Elaborado por: Michelle Sosa); Arqueoastronomía y Astronomía Cultural (Réplica Estela B de Copán ubicada en predios de la Facultad de Ciencias Espaciales, UNAH. Foto: Eduardo Rodas/Ricardo Pastrana); Ciencias Aeronáuticas (Aeropuerto Internacional John F. Kennedy. Foto: Eduardo Rodas).

## **Directora**

María Cristina Pineda de Carías

## **Edición**

Eduardo Enrique Rodas Quito

## **Consejo Editorial**

Javier Mejuto  
Maribel Guerrero  
Joel Alemán  
Yessica Sosa  
Ana Ulloa  
Alex Matamoros

## **Consejo Científico**

Dr. Stanislaw Iwaniszewski  
(Instituto Nacional de Antropología e Historia,  
México)  
Dr. Jacopo Fritz  
(Universidad Nacional Autónoma de México,  
México)  
Dr. Francisco Maza  
(Universidad de Alcalá, España)  
Dr. Samuel Véliz  
(Universidad Técnica Federico Santa María, Chile)

Editorial Universitaria  
SEDI UNAH  
Elizabeth Figueroa M.

## **Contacto:**

Dra. María Cristina Pineda de Carías  
E-mail: mcpinedacarias@gmail.com

*Facultad de Ciencias Espaciales  
El 17 de Abril de 2009, mediante  
Acuerdo No. CU-O-043-03-2009 el  
Consejo Universitario de la UNAH  
creó la Facultad de Ciencias  
Espaciales en reconocimiento al  
funcionamiento del Observatorio  
Astronómico Centroamericano de  
Suyapa (OACS/UNAH).*

*La Revista Ciencias Espaciales es una publicación semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales.  
El contenido de cada artículo es responsabilidad de su(s) autor(es).  
La suscripción de esta publicación es gratuita, solamente se cobrará el costo de su envío.*

# Contenido

Volumen 9, Número 1 Primavera, 2016

## ARTÍCULO DE FONDO

Año Internacional de la Luz: Aniversario de hitos importantes en la historia de la ciencia de la luz.

*María Cristina Pineda de Carías*

05

## ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

Evaluación de la probabilidad de impacto de la Tierra con el Asteroide 2011 AG5.

*Roberto Schöngarth Carías*

32

## CIENCIA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Identificación de riesgos por desastres naturales en las cuencas hidrográficas Matasnillo (Panamá) y Goascorán (Honduras), y su relación con el cambio climático utilizando tecnologías de información geográfica.

*Eduardo L. Moreno Segura, Claudia N. Mondragón Rivera,  
José D. Cáceres Coello, Antonio B. Carías Arias*

53

Cálculo de reflectancia en imágenes Landsat OLI-8, sobre la región central de Honduras, mediante software libre SEXTANTE.

*Rafael Enrique Corrales Andino, Vilma Lorena Ochoa*

81

Análisis del impacto económico del PIB en Centroamérica, utilizando sistemas de información geográfica, en un periodo del 2010 al 2014.

*Jessica Gabriela Villatoro Escobar, Yeny Maribel Castellanos Zelaya*

97

Prospectiva de la cobertura de la tierra en la Sub Cuenca del Río Mocal, Lempira, Honduras, Centroamérica.

*Yessica Yamileth Sosa Reyes* 111

Distribución geoespacial de los espacios públicos en la Ciudad de Comayagua Honduras.

*Celina Michelle Sosa Caballero* 133

Visión urbana de la Ciudad de Choluteca en Honduras para el año 2034.

*Johana Marcela Norori Solís, Víctor Baquedano,  
Juan Ángel Del Cid* 150

Una mirada al ordenamiento territorial en Venezuela en el marco del ecosocialismo.

*Rosa Corina García* 185

## ARQUEOASTRONOMÍA Y ASTRONOMÍA CULTURAL

Astronomía y arquitectura en el norte de la península de Yucatán:  
Análisis comparativo entre Chichén Itzá y Dzibilchaltún.

*Orlando J. Casares Contreras* 201

Primeros pasos para la obtención de un software arqueoastronómico:  
Aplicación al sitio arqueológico El Puente.

*Eduardo Rodas, Javier Mejuto* 221

## CIENCIAS AERONÁUTICAS

Acondicionamiento de un Túnel de Viento para pruebas aerodinámicas  
y prácticas de laboratorio en la UNAH.

*Omri Alberto Amaya Carías, Iván Vladimir Betancourt Mendoza* 244

Inclusión de nuevas entidades en la toma de decisiones de Aeronáutica Civil en Honduras al año 2015.

*Ana Lucía Ulloa Cadalso* 264

Consideraciones sobre el marco regulatorio del peligro aviar en aeródromos de Honduras.

*Alex Matamoros, Carlos Roberto Torres*

281

Seguridad operacional de la pista del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales, hacia la certificación del aeródromo.

*Ramón Emilio Bueso, Iván Vladimir Betancourt*

299

Transición de la Dirección General de Aeronáutica Civil a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil.

*Liliana Yaneth Mantilla Pérez, José Isaac Ordóñez Castellón*

316

## NOTAS INFORMATIVAS

Revista Ciencias Espaciales: Política editorial, instrucciones a los autores, y criterios para el diseño, diagramación y maquetación de la revista

332

# ARTÍCULO DE FONDO

# *Año Internacional de la Luz: Aniversario de hitos importantes en la historia de la ciencia de la luz*

María Cristina Pineda de Carías.

## **Resumen**

En el marco del 2015 Año Internacional de la Luz, este trabajo presenta un repaso de hitos importantes en la historia de la ciencia de la luz cuyo aniversario se celebra también este año. En un estudio histórico bibliográfico que abarca un período de mil años, se documenta: 1) la labor sobre la óptica de Ibn Alhacén en 1015; 2) la noción del carácter ondulatorio de la luz propuesta por Fresnel en 1815; 3) la teoría electromagnética de propagación de la luz formulada por Maxwell en 1865; 4) la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico en 1905; 5) la incorporación de la luz en la cosmología mediante la relatividad general de Einstein en 1915; 6) el descubrimiento del fondo de microondas del cosmos por Penzias y Wilson en 1965; 7) los logros alcanzados por Kao en la transmisión de luz por fibras para la comunicación óptica, en 1965. Todos estos descubrimientos científicos se ponen en contexto para destacar, como lo señala la resolución de las Naciones Unidas, que la celebración del Año Internacional de la Luz ha sido una magnífica oportunidad para reconocer la importancia de la enseñanza de las ciencias en nuestro país.

**Palabras clave:** 2015 Año Internacional de la luz; hitos en la historia de la ciencia de la luz; Alhacén, Fresnel, Maxwell, Einstein, Penzias y Wilson, Kao

## **Abstract**

Within the frame of 2015 International Year of Light, this paper presents an overview of important milestones in the history of the science of light whose anniversary is celebrated this year. In a historic and bibliographic study that covers one thousand years, we document: 1) the works on optics by Ibn Al-Haytham in 1015; 2) the notion of light as a wave proposed by Fresnel in 1815; 3) the electromagnetic theory of light propagation proposed by Maxwell in 1865; 4) Einstein's theory of the photoelectric effect in 1905; 5) the embedding of the light in cosmology through Einstein's general relativity in 1915; 6) the discovery of the cosmic microwave background by Penzias and Wilson in 1965; 7) Kao's achievements concerning the transmission of light in

fiber for optical communications in 1965. All these scientific discoveries are placed in the context of the United Nations Resolution, highlighting that the International Year of Light celebrations provide an opportunity to recognize the importance of teaching sciences in our country.

**Keywords:** 2015 International Year of Light; milestones in the history of the science of light; Al-Haytham, Fresnel, Maxwell, Einstein, Penzias and Wilson, Kao.

---

**María Cristina Pineda de Carías**, (mcpinedacarias@gmail.com), Decana de la Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras – UNAH.



La Organización de las Naciones Unidas en su Asamblea General del 20 de diciembre de 2013, mediante Resolución 68/221 decidió proclamar el año **2015 Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz** (2014 ). Esta resolución fue aprobada por la Asamblea General:

*“Reconociendo la importancia de la luz y las tecnologías basadas en la luz para la vida de los ciudadanos del mundo y para el desarrollo futuro de la sociedad mundial en muchos niveles,*

*Destacando que el aumento de la conciencia mundial y un fortalecimiento de la enseñanza de la ciencia y las tecnologías de la luz son esenciales para abordar retos tales como el desarrollo sostenible, la energía y la salud de las comunidades, así como para mejorar la calidad de vida en los países desarrollados y en desarrollo...”*

En Honduras, motivados por esta Resolución, el Departamento de Astronomía y Astrofísica de la Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, organizó el Nodo Nacional del Año Internacional de la Luz 2015 encargado de realizar una serie de actividades para llamar la atención de la población acerca de cómo las tecnologías de la luz han influido de manera determinante en nuestras vidas cotidianas y en una mejora de la calidad de vida. El lanzamiento del Nodo Nacional incluyó una conferencia inaugural la cual ha sido la base para la elaboración de este documento.

El objetivo de este trabajo ha sido hacer un recorrido histórico por siete importantes hitos de la luz que conmemoran su aniversario en el año 2015. Colocados en una línea de tiempo de aproximadamente un milenio, como producto de una revisión bibliográfica se presentan las contribuciones de reconocidos personajes de la ciencia que en señalados años marcaron la historia de la ciencia y las tecnologías de la luz. Por períodos de tiempo, años, personas y sus aportes, los hitos presentados son los siguientes:

- Hace 1,000 años, 1015: Ibn Alhacén, por su labor sobre la óptica.
- Haciendo un salto de 800 años después, 1815: Fresnel, por la noción del carácter ondulatorio de la luz.
- 50 años después, 1865: Maxwell, por la teoría electromagnética de propagación de la luz.
- 40 años después, 1905: Einstein, por la teoría del efecto fotoeléctrico.

- 10 años después, 1915: nuevamente Einstein, por la incorporación de la luz en la cosmología mediante la relatividad general.
- 50 años después, en 1965: primero Penzias y Wilson, por el descubrimiento del fondo de microondas del cosmos.
- Para terminar, en ese mismo año de 1965: con Kao, por los logros alcanzados en la transmisión de la luz por fibras para la comunicación óptica.

Con este recorrido se trata de revisar nuestro entendimiento de la luz en el milenio comprendido de 1015 a 2015, como lo vivimos, y como hoy se reconoce su importancia para la vida de los ciudadanos del mundo, y para el desarrollo futuro de la sociedad mundial en muchos niveles.

## 1015: IBN ALHACÉN

Abū 'Alī al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haylān nació en Basora, actual Irak, en el año 965 y murió en El Cairo, Egipto en el año 1040. Conocido en español como Alhacén, fue un matemático, físico y astrónomo musulmán (Wikipedia, 2015).

Estudios bio-bibliográficos de Alhacén revelan lo muy extensa que es la muestra de títulos de las obras que se le atribuyen, y de la que se ha conservado un porcentaje apreciable hasta nuestros días (González-Cano, 2015). De excepcional se califica su trabajo y aportes a la ciencia, la filosofía y, en particular a la óptica y a las teorías sobre el mecanismo de la visión en los seres vivos (Calvo, 2015).

Alhacén conoció y asimiló de manera casi completa los textos de tradición griega sobre Óptica, Matemáticas, Astronomía, Medicina y otras áreas. Se ocupó de traducir al árabe y producir manuscritos de los Elementos de Euclides y el Almagesto de Ptolomeo.

Se le considera como el padre de la Óptica, porque entre sus experimentos y estudios incluyó una teoría de la luz y una teoría de la visión. El suyo fue, no solo un trabajo integrador de los conocimientos de su tiempo, sino que fue trascendental por los aportes de su propio talento. Como en el caso de Ptolomeo, la Óptica de Alhacén: Kitab al-Monazir, fue escrita en siete libros que él mismo describe así:

*“Dividimos esta obra en siete libros. En el primero nos ocupamos de la visión de forma general. En el libro II detallamos las propiedades visibles,*

*sus causas y el modo en que se perciben. En el libro III mostramos los errores de la vista en lo que percibe directamente, y sus causas. En el libro IV tratamos de la percepción visual por reflexión de los cuerpos lisos. En el libro V mostramos la posición de las imágenes, es decir, las formas vistas dentro de los cuerpos lisos. En el libro VI nos ocupamos de los errores de la visión en lo que percibe por reflexión, y sus causas. En el libro VII estudiamos la percepción visual por refracción a través de cuerpos transparentes, cuya transparencia difiere de la del aire. Con el final de este libro concluye la obra (Sabra 1989 en González-Cano 2015, pág. 5).*

Antes de la edición de la Óptica de Alhacén se discutían dos teorías alternativas de la visión. Una, la extromisiva, que afirmaba que ciertas formas de radiación se emitían desde los ojos en forma cónica sobre el objeto que se estaba viendo. El sorprendente haz de rayos que llegaba al objeto permitía percibir aspectos tales como el color, la forma y el tamaño de un objeto.

La otra teoría, intromisiva, era la que sostenía que los rayos luminosos eran transmitidos a los ojos permitiendo la percepción de un objeto o su entorno. Como una demostración de esta teoría, a principios del siglo XI, en 1015, Alhacén realizó un experimento crítico que refiere lo que ocurre después que un observador ha mirado directamente al sol: *“al cerrar los ojos, el observador percibe una post-imagen del sol, estando aquel con los párpados cerrados. La post-imagen se desvanece gradualmente hasta desaparecer. En sus explicaciones, (Alhacén) argumentó que este fenómeno no podía ser el resultado de ‘algo’ emitido desde dentro del ojo (lo que los defensores de la teoría de la extramisión llamaban ‘rayo visual’). Por el contrario, el fenómeno debía ser causado por una fuente o estímulo externo.”* (Calvo, 2015, pág. 34). Al repetir el experimento con el sol y otras fuentes brillantes vistas a través de un espejo o reflejado en un segundo objeto, los resultados fueron similares.

Con sus trabajos y experimentos, Alhacén dio la primera explicación de la visión y demostró que la luz es reflejada desde cada punto de un objeto hacia el ojo del observador.

Basándose en el hecho de que el color con que se ven los objetos está en consonancia con la luz que los ilumina, pensó que la luz debía intervenir en la visión, más precisamente que debía ser considerada como una entidad independiente del objeto y del ojo que hace de intermediario de la visión.

Alhacén fue el primero en dar una interpretación clara del funcionamiento de la cámara oscura y planteó un modelo de visión según el cual esta consistía en la formación de una imagen óptica en el interior del ojo que funcionaba de forma semejante al modelo de su cámara oscura.

Él elaboró su propia teoría postulando que un objeto observado emite rayos de luz desde cada punto de su superficie que se desplazan a los ojos del espectador. Según esta teoría, el objeto observado no es considerado como un objeto completo, sino como la suma de una cantidad infinita de puntos que juntos componen la totalidad del objeto del que se proyectan los rayos de luz.

En su libro de Óptica Alhacén utilizó conceptos novedosos afirmando que hay dos tipos de luz, la luz principal y la luz secundaria, siendo la luz principal la más intensa de la luz que procede de cuerpos auto luminosos, y la luz secundaria que procede de los objetos que accidentalmente la reciben y la reflejan de los cuerpos auto luminosos. Tanto la luz primaria como la secundaria viajaban en línea recta.

Su libro de Óptica ha sido considerado como uno de los más influyentes, por eso se ha considerado un hito en la historia de la Ciencia de la Luz.

## **1815: AUGUSTÍN FRESNEL**

En noviembre de 1801, julio de 1802 y noviembre de 1803, Thomas Young (1773-1829) leyó artículos ante la *Royal Society* de Londres exaltando la teoría ondulatoria de la luz, y añadiendo a ella un nuevo concepto fundamental, el llamado principio de interferencia que dice que *“cuando dos ondulaciones de diferentes orígenes coinciden perfectamente en dirección o casi coinciden, su efecto conjunto es una combinación de los movimientos que pertenecen a cada una”*. Los artículos de Young fueron severamente atacados, llegando a decirse que estaban desprovistos de mérito (Hecht & Zajac, 1986).

Esta respuesta al trabajo de Young no fue más que el arrastre de la profunda controversia entre las dos teorías sobre la naturaleza de la luz, iniciada desde finales del siglo XVII. Una de las teorías, la teoría corpuscular, establecía que la luz estaba formada de partículas llamadas corpúsculos que se propagaban en línea recta y atravesaban medios transparentes. Fue defendida por Isaac Newton (1642-1727) por lo que la teoría gozó de mucho prestigio en el siglo XVIII. La otra teoría, la teoría ondulatoria, defendida por Cristian Huygens (1629-1695) establecía que la luz era una onda que se propagaba en un medio transparente llamado el éter (Alonso Sánchez, 2015).

Ajeno a los trabajos de Young, en 1815 Augustin Fresnel publicó la "*Premier Mémoire sur la Diffraction de la Lumière*" (Primera Memoria sobre la difracción de la luz) y "*Théorie de la Lumière*" (Teoría de la Luz) reviviendo en Francia, de manera brillante y con gran rigor matemático la teoría ondulatoria de la luz (Beléndez, 2015). Augustin-Jean Fresnel fue un físico e ingeniero francés que estudió el comportamiento de la luz tanto teórica como experimentalmente. Nació en Broglie el 10 de mayo de 1788, y murió el 14 de julio de 1827 (Wikipedia, 2015).

En 1818, Fresnel presentó su teoría sobre la difracción ondulatoria de la luz a un certamen en la Academia de Ciencias francesa (Bachiller, 2015). Simeón Poisson (1781-1840), físico matemático seguidor de la teoría corpuscular de Newton fue miembro del jurado. *Poisson estudió en detalle las ecuaciones de Fresnel llegando a deducir matemáticamente, a partir de ellas que, si se iluminaba un disco opaco con luz monocromática, en el centro de la sombra del disco debía formarse un punto brillante.* Poisson consideró que esta era una conclusión absurda y que la teoría de Fresnel era errónea.

El presidente del jurado de este certamen, el matemático, físico y astrónomo francés François Jean Dominique Arago (1786-1853), decidió llevar a cabo el experimento preparando un montaje cuidadoso para poder observar el punto luminoso predicho por Poisson. *"Gracias a este espectacular experimento, Fresnel no solo ganó el certamen de la Academia, sino que dejó plenamente convencidos a los científicos de la época de que la luz era realmente una onda."* El famoso experimento se conoce ahora como el "punto de Arago".

Con sus trabajos, Fresnel sintetizó los conceptos de la teoría ondulatoria de Huygens y el principio de interferencia. El modo de propagación de una onda primaria lo miró como una sucesión de pequeñas ondas secundarias, que se superponían e interferían para reformar la onda primaria en su avance. Supuso que estas ondas eran longitudinales en analogía con las ondas de sonido del aire. Fresnel pudo calcular los patrones de difracción generados en varios obstáculos y aperturas y explicó satisfactoriamente la propagación rectilínea en medios isotrópicos homogéneos, eliminando así la objeción principal de Newton para la teoría ondulatoria.

Como era de esperar, Fresnel fue informado de la prioridad de Young sobre el principio de interferencia. Entonces Fresnel trató de encontrarse con Young, y ambos se hicieron amigos. Además, Arago fue uno de los primeros en convertirse a la teoría ondulatoria de Fresnel, y también se hicieron amigos y colaboradores.

Young, Arago y Fresnel lucharon con varios problemas. Young sugirió que la vibración del éter podía ser transversal. La luz era entonces simplemente una manifestación de dos vibraciones ortogonales del éter, transversales a la dirección del rayo. Aquí es donde Fresnel comenzó a desarrollar una descripción mecánica de las oscilaciones del éter, las que lo llevaron a sus famosas fórmulas para la amplitud de la luz reflejada y transmitida.

Después de este hito en la historia de la ciencia de la luz, muy pocos eran los partidarios de la teoría corpuscular.

## **1865: JAMES CLERK MAXWELL**

El tercer hito en la historia de la ciencia de la luz, ocurrió en el campo de la electricidad y el magnetismo. En 1865 Maxwell, mediante un conjunto de ecuaciones demostró que la electricidad, el magnetismo y hasta la luz, son manifestaciones del mismo fenómeno: el campo electromagnético.

James Clerk Maxwell, nació el 13 de junio de 1831 en Edimburgo, Inglaterra, y murió el 5 de noviembre de 1879 en Cambridge, Inglaterra. Fue un físico escocés conocido principalmente por haber desarrollado la teoría electromagnética clásica, sintetizando todas las anteriores observaciones, experimentos y leyes sobre electricidad, magnetismo y aún óptica en una teoría consistente (Wikipedia, 2015).

El 1 de enero de 1865, la Real Sociedad de Londres publicó el famoso trabajo de Maxwell sobre Una Teoría Dinámica del Campo Electromagnético (Maxwell, 1865).

En este artículo Maxwell explica: *“La teoría que yo propongo se llama teoría del Campo Electromagnético, porque tiene que ver con el espacio en el vecindario de los cuerpos eléctricos y magnéticos, y se llama Teoría Dinámica, porque asume que en ese espacio hay materia en movimiento, por la cual los fenómenos electromagnéticos observados son producidos. El campo electromagnético es esa parte del espacio la cual contiene y rodea los cuerpos en condiciones eléctricas y magnéticas.”* (Maxwell, pág. 460).

Maxwell resumió brillantemente e incluso amplió todo el conocimiento empírico que se tenía sobre el tema hasta entonces mediante un simple conjunto de ecuaciones matemáticas.

En una síntesis notablemente sucinta y bellamente simétrica como suele decirse, Maxwell pudo demostrar teóricamente, que el medio electromagnético se podía propagar como una onda transversal en el éter luminífero.

Resolviendo la velocidad de la onda, llegó a una expresión en términos de las propiedades eléctricas y magnéticas del medio (véase ecuación 1):

$$c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde  $\epsilon_0$  es la constante eléctrica de permitividad, y  $\mu_0$  la constante magnética de permeabilidad. Después de sustituir los valores conocidos y empíricamente determinados de estas cantidades, *obtuvo un resultado numérico igual a la velocidad medida de la luz, c.*

La conclusión era inevitable: la luz era *“una perturbación electromagnética en forma de ondas propagadas a través del éter”.*

En un conjunto de originalmente 20 ecuaciones, que luego fue reducido a 4 ecuaciones, Maxwell logró integrar y describir de manera completa los fenómenos electromagnéticos.

La primera ecuación de Maxwell, llamada la *Ley de Gauss* para la electricidad, establece que el flujo del campo eléctrico  $\vec{E}$  a través de cualquier superficie cerrada es igual al inverso de la permitividad eléctrica ( $1/\epsilon_0$ ) multiplicada por la carga neta dentro de la superficie (véase ecuación 2). Esta ley describe como las líneas de campo eléctrico divergen de una carga positiva y convergen sobre una carga negativa (Tipler & Mosca, 2008).

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Experimentos clave para demostrar esta Ley fueron:

- Cargas iguales se repelen y cargas diferentes se atraen, variando esto según el inverso del cuadrado de la distancia (Ley de Coulomb).
- Una carga aplicada a un conductor aislado se mueve a su superficie exterior.

La segunda ecuación de Maxwell, la *Ley de Gauss* para el magnetismo, establece que el flujo del campo magnético  $\vec{B}$  a través de cualquier superficie cerrada es cero (véase ecuación 3). Esta ecuación describe la observación experimental que las líneas de campo magnético no divergen desde cualquier punto en el espacio o convergen en cualquier punto en el espacio, esto es, implica que los polos magnéticos aislados no existen (Tipler & Mosca, 2008).

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Experimento clave para esta Ley es que:

- Es imposible crear un dipolo magnético aislado.

La tercera ecuación de Maxwell, la *Ley de Faraday para la Inducción*, es la que establece que la circulación del campo eléctrico  $\vec{E}$  alrededor de cualquier curva cerrada C, es igual al negativo de la rapidez de cambio del flujo del campo magnético  $\vec{B}$  a través de cualquier superficie S limitada por la curva C (véase ecuación 4). Esta ley describe como las líneas de campo magnético rodean cualquier área a través de la cual el flujo magnético está cambiando, y relaciona el vector campo eléctrico  $\vec{E}$  con la rapidez de cambio del vector campo magnético  $\vec{B}$  (Tipler & Mosca, 2008).

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Experimento clave para esta Ley es que:

- Un imán recto que se hace pasar por una espira cerrada de alambre, produce una corriente en la espira.

La cuarta ecuación de Maxwell, conocida como la *Ley de Ampere*, es en realidad la Ley de Ampere que Maxwell modificó para introducir la corriente de desplazamiento. Establece que la línea integral del campo magnético  $\vec{B}$  alrededor de cualquier curva cerrada C es igual a la constante de permeabilidad magnética  $\mu_0$  multiplicada por la suma de la corriente I a través de cualquier superficie S limitada por la curva y la corriente de desplazamiento  $I_d$  a través de la misma superficie (véase ecuación 5). Esta ley describe como las líneas del campo magnético rodean un área a través de la cual una corriente o una corriente de desplazamiento están pasando (Tipler & Mosca, 2008).

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \int_S \frac{\partial \epsilon_n}{\partial t} dA \quad \text{Ecuación (5)}$$



Experimentos clave de esta Ley:

- La velocidad de la luz se puede calcular mediante mediciones puramente electromagnéticas.
- Una corriente en un alambre produce un campo magnético cerca del alambre.

Maxwell introdujo los conceptos de campo y corriente de desplazamiento, y unificó los campos eléctricos y magnéticos en un solo concepto: el campo electromagnético.

Lamentablemente Maxwell murió antes de que el físico Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894) verificara y publicara en 1888 la existencia de ondas electromagnéticas de larga longitud de onda, generándolas y detectándolas en una amplia serie de experimentos.

De esta manera Maxwell unificó la óptica con el electromagnetismo, marcando así un hito en la historia de la ciencia de la luz.

## 1905: ALBERT EINSTEIN

El cuarto hito en la historia de la ciencia de la luz ocurrió en 1905, cuando Albert Einstein propuso la teoría del efecto fotoeléctrico.

Albert Einstein nació en Ulm, Alemania el 14 de marzo de 1879. Por diferentes razones tuvo que cambiar el lugar de su residencia viviendo primero en Múnich donde empezó su escuela primaria. Se trasladó después a Italia, y luego a Suiza donde se formó como profesor de física y matemáticas y adquirió la ciudadanía suiza. En Berna, Suiza, trabajó en una oficina de patentes y obtuvo su grado de doctor. Trabajó como profesor en varias ciudades europeas, en Berna, Zúrich, Praga y Berlín, siendo en ésta última donde en 1914 se hizo ciudadano alemán y allí permaneció hasta 1933 cuando renunció a esta ciudadanía por razones políticas y se trasladó a Estados Unidos. En Estados Unidos, fue Profesor de Física Teórica del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. Murió el 18 de abril de 1955, en Princeton, New Jersey (Nobel Lectures, 1967).

De la enorme producción científica de Albert Einstein, en la revista *Annalen der Physik* del año 1905 (Eckem, 2005) se publicaron cuatro artículos: 1) A. Einstein. AdP 17. 132 (1905) [17 pp.]; 2) A. Einstein. AdP 17. 549 (1905) [12 pp]; 3) A. Einstein. AdP 17. 891 (1905) [31 pp]; 4) A. Einstein. AdP 18. 639 (1905) [3 pp].

El primero de estos artículos publicado el 17 de marzo de 1905 (pp.132-148), trata *Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz* (Einstein, Zur Elektrodynamik bewegter Körper, 1905) (traducido por Ruíz Trejo, 2015). Es en este artículo donde abordó el efecto fotoeléctrico. El segundo artículo publicado el 11 de mayo de 2005, *sobre el movimiento requerido por la teoría cinética molecular del calor de pequeñas partículas suspendidas en un líquido estacionario, estudió el movimiento browniano*. El tercer artículo publicado el 30 de junio de 1905, *Sobre la Electrodinámica de los Cuerpos en movimiento*, es donde Einstein introdujo su teoría especial de la relatividad; rechazó la hipótesis de la existencia del éter luminífero: y donde postuló que la luz se propaga siempre con la velocidad  $c$  la cual es independiente del estado de movimiento del cuerpo emisor. Y el cuarto artículo publicado el 27 de septiembre de 1905, *¿Depende la masa inercial de la Energía?*, es donde concluyó que, si un cuerpo emite energía  $L$  en forma de radiación, su masa disminuye en la cantidad  $L/c^2$ , un resultado mejor conocido como  $E=mc^2$ .

En el año 1921, cuando Albert Einstein era Profesor del Kaiser-Wilhelm-Institut (ahora Instituto Max Planck) de Física de Berlín, Alemania, recibió el Premio Nobel de Física *“por sus servicios a la Física Teórica, y especialmente por su descubrimiento de la ley del efecto fotoeléctrico”* (Nobelprize.org, 2015).

El efecto fotoeléctrico es el fenómeno por el cual electrones son emitidos desde la superficie de la materia (usualmente los metales) cuando la luz brilla sobre ellos. En el trabajo de Einstein de 1905 *relacionado con la producción y la transformación de la luz*, él explicó el efecto fotoeléctrico proponiendo que la luz consistía de pequeñas partículas llamadas cuantos o fotones por la teoría cuántica de Planck. Estos fotones llevan la energía que es proporcional a la frecuencia de la luz. Los electrones que en la materia absorben la energía del fotón son los que salen eyectados.

En su artículo Einstein reconoce la diferencia formal entre las concepciones teóricas que los físicos se han formado acerca de los gases y otros cuerpos ponderables, y la teoría de Maxwell de los procesos electromagnéticos del llamado espacio vacío.

*“La teoría de onda de la luz, la cual opera con funciones espaciales continuas, se ha probado espléndidamente por ella misma al describir fenómenos puramente ópticos y probablemente nunca podrá ser reemplazada por otra teoría. Uno debe tener en mente, sin embargo, que las observaciones ópticas se aplican a tiempos promedios y no a valores momentáneos, y que es concebible que a pesar de la completa confirmación de las teorías de la*

*difracción, reflexión, refracción, dispersión, etc., por experimentos, la teoría de la luz, la cual opera con funciones espaciales continuas, puede conducir a contradicciones con la experiencia cuando se la aplica al fenómeno de la producción y transformación de la luz.*

*Verdaderamente, me parece que las observaciones concernientes a la 'radiación del cuerpo negro', fotoluminiscencia, producción de rayos catódicos por luz, y otros grupos de fenómenos asociados con la producción o conversión de luz puede ser entendida mejor si uno asume que la energía de la luz está discontinuamente distribuida en el espacio. De acuerdo a la suposición a ser contemplada aquí, cuando un rayo de luz es dispersado desde un punto, la energía no es distribuida continuamente sobre el espacio siempre creciente, pero consiste de un número finito de cuantos de energía que están localizados en puntos en el espacio, se mueven sin dividirse, y pueden ser absorbidos o generados solamente como un todo.*

*... yo deseo comunicar mi tren de pensamientos y presento los hechos que me condujeron a este curso, en la esperanza que el punto de vista a ser elaborado pueda probar el uso para algunos investigadores en sus investigaciones." (Einstein, 1905, págs. 86-87)."*

El efecto fotoeléctrico tiene muchas consecuencias importantes en nuestra vida diaria. Es la base para la fotosíntesis, los fotodiodos, se usa dentro de las fibras ópticas, las redes de telecomunicaciones, celdas solares, imágenes de varios tipos y muchas otras aplicaciones.

## **1915: ALBERT EINSTEIN**

El quinto hito en la historia de la luz tiene que ver con la incorporación de la luz en la cosmología mediante la teoría general de la relatividad de Einstein.

En 1905, Einstein publicó la *Teoría Especial de la Relatividad* fundamentada en dos postulados simples: 1) El principio de la relatividad especial: las leyes de la física propiamente establecidas deben ser independientes de la velocidad del observador, esto es, que el movimiento absoluto no puede ser detectado; 2) La velocidad de la luz en el espacio vacío es constante e independiente del estado de movimiento del emisor. La teoría se aplica a mediciones hechas en diferentes sistemas de referencia inercial que se mueven con velocidad constante unos con respecto a otros.

En los años siguientes a 1905, Einstein continuó trabajando y profundizando sus estudios sobre la relatividad, desarrollando enfoques más avanzados. Así, en 1911 escribió sobre la gravitación y la propagación de la luz:

*“En una memoria publicada hace cuatro años traté de responder a la pregunta de si la propagación de la luz está influida por la gravitación. Vuelvo a este tema porque mi presentación previa de la cuestión no me satisface; y por una razón más importante, porque ahora veo que una de las consecuencias más importantes de mi primer tratamiento puede ponerse a prueba experimentalmente. En efecto, de la teoría que aquí se expresa se sigue que los rayos de luz que pasan cerca del Sol son desviados por el campo gravitatorio de éste, de modo que la distancia angular entre el Sol y una estrella fija que parece próxima a él se incrementa aparentemente en casi un segundo de arco”. (Einstein, 1911, pág. 898).*

Pero fue en noviembre de 1915 cuando Albert Einstein, en cuatro históricas conferencias dictadas en la Academia de Ciencias Prusiana de Berlín, Alemania, presentó la nueva Teoría General de la Relatividad (Renn, 2015) (Kox, Klein, & Schulmann, 1997). Entre los Artículos Colectados de Albert Einstein (Engel, 1997), para noviembre de 2015 aparecen los siguientes títulos: 1) Noviembre 4: *Sobre la Teoría de la Relatividad* (Einstein, 1915); 2) *Sobre la Teoría General de la Relatividad* (Addendum) (Einstein, 1915); 3) Noviembre 18: *Explicación del Movimiento del Perihelio de Mercurio desde la Teoría General de la Relatividad* (Einstein, 1915); 4) Noviembre 25: *Las Ecuaciones de Campo de la Gravitación* (Einstein, 1915).

La Teoría General de la Relatividad es el resultado de generalizar la Relatividad Especial a marcos de referencia no inerciales que se mueven con velocidades no constantes. La base de esta teoría es el Principio de Equivalencia que dice que: *un campo gravitacional homogéneo es completamente equivalente a un marco de referencia uniformemente acelerado* (Tipler & Mosca, 2008). Einstein asumió que el principio de equivalencia se aplicaba a toda la física y no solamente a la mecánica. Con esto asumió que no hay experimento de ninguna clase que pueda distinguir movimiento uniformemente acelerado a partir de la presencia de un campo gravitacional.

La Teoría General de la Relatividad, además de introducir una manera diferente de pensar sobre la gravedad (en términos de la geometría), hace una serie de predicciones específicas observables que se desvían de la gravitación clásica Newtoniana, especialmente bajo fuertes campos gravitacionales (Kutner, 2007).

Una de las principales consecuencias de la teoría general de la relatividad de acuerdo con la gravedad, es el efecto curvatura de la geometría del espacio-temporal. La teoría predice que los cuerpos dentro de un campo gravitatorio siguen una trayectoria espacial curva, aun cuando en realidad puedan estar moviéndose según las líneas del universo lo más rectas posibles a través de un espacio curvado.

Una manera de probar la relatividad general fue observando la curvatura de la luz de las estrellas pasando por el Sol. Esta deflexión fue bien observada el 29 de mayo de 1919 cuando el astrofísico británico Sir Arthur Eddington fotografió el eclipse total de Sol. En las fotografías, en el campo de visión cercano al Sol, imágenes de estrellas presentaron desplazamientos porque su luz fue curvada por el campo gravitacional del Sol. Este efecto solo puede observarse durante los eclipses solares, porque en otras condiciones el brillo del Sol no lo permite.

La relatividad general, *“es ahora rutinariamente aceptada como el fundamento de nuestra descripción del universo en grande, lo que llamamos cosmología, de agujeros negros, de las estrellas de neutrones y de pequeñas correcciones de las orbitas de planetas y las naves espaciales en nuestro sistema solar”* (Blandford, 2015).

Aunque los instrumentos no pueden ni ver ni medir el espacio temporal, varios son los fenómenos que han confirmado las predicciones de su curvatura (Taylor Reed, 2016). La evidencia experimental es grande, por ejemplo, las lentes gravitacionales. La luz se curva alrededor de un objeto masivo tal como un agujero negro, causando que actúe como una lente para las cosas que están detrás de él. Este es el método que rutinariamente utilizan los astrónomos para estudiar las estrellas y las galaxias detrás de objetos masivos. Un ejemplo es la Cruz de Einstein, un cuásar en la constelación del Pegaso. El cuásar está aproximadamente a 8 billones de años luz de la Tierra, y tiene delante una galaxia que está alejada 400 millones de años luz. Cuatro imágenes del cuásar aparecen alrededor de la galaxia porque la intensa gravedad de la galaxia curva la luz que viene desde el cuásar.

Muchas son las confirmaciones de la relatividad general que provienen de las observaciones espaciales (Wall, 2015). La relatividad general predice que la luz curva su trayectoria alrededor de un cuerpo masivo como un cúmulo de galaxias, el cual curva significativamente el espacio temporal. Esto ha sido observado rutinariamente por los astrónomos cuando utilizan las lentes gravitacionales para estudiar fuentes de luz muy alejadas. En una escala más pequeña, estos fenómenos ayudan a los buscadores de exoplanetas, al estudiar como los sistemas estelares curvan la luz desde los objetos de fondo.

## 1965: PENZÍAS Y WILSON

En 1960, el Laboratorio de Telefonía Bell de Estados Unidos, en Holmdel, Nueva Jersey, construyó una antena para coleccionar y amplificar señales de radio y ser utilizada con el sistema satelital Echo. A los pocos años esta tecnología se volvió obsoleta. Con la antena en desuso, los científicos Arno Penzias y Robert Wilson, vieron la oportunidad de utilizarla para realizar experimentos y analizar señales de radio desde el espacio entre las galaxias. Ellos encontraron un ruido persistente que parecía venir de todas las direcciones del cielo, descartando que su fuente fuera La Vía Láctea, cualquier otra fuente extraterrestre, o aún la interferencia urbana de la vecina ciudad de Nueva York, o que fueran palomas metidas en la antena con forma de cuerno (Levine, 2009).

En julio de 1965, Penzias y Wilson divulgaron los resultados de sus observaciones en un documento titulado *Una medición del exceso de Temperatura de Antena a 4080 Mc/s* (Penzias & Wilson, 1965, págs. 419-421). Aquí ellos reportaron que las mediciones de la temperatura efectiva del ruido en el cenit de una antena de cuerno-reflectora de 20 pies localizada en el Laboratorio de Crawford Hill, Holmdel, Nueva Jersey, a 4080 Mc/c dio un valor de 3.5° más alto de lo esperado. Este exceso de temperatura, dentro de los límites de las observaciones realizadas, era isotrópico, no polarizado, y libre de observaciones estacionales (julio, 1964 – abril, 1965). La temperatura total de la antena medida en el cenit era de 6.7° K de los cuales, 2.3° K se debían a la absorción atmosférica, y 0.9° K a las contribuciones calculadas debidas a las pérdidas óhmicas en la antena y la respuesta de retorno.

En este mismo documento Penzias y Wilson reportaron que, una posible explicación del exceso de temperatura de ruido observada era la que Dicke, Peebles, Roll, y Wilkinson daban en el documento titulado *Radiación Cósmica de Cuerpo Negro* (Dicke et al 1965, págs. 414-419) en la misma revista.

Pocos meses después, Penzias y Wilson publicaron otro artículo sobre las *Mediciones de la Densidad de Flujo de Cas A at 4080 Mc/s* (Penzias & Wilson, 1965), a partir de valores que habían obtenido en seis noches de septiembre y octubre de 1964, utilizando la misma antena del Laboratorio de Crawford Hill. El valor obtenido fue de  $1.086 \times 10^{-23} \text{ W m}^{-2}(\text{c/s})^{-1}$ , con un error probable de aproximadamente 2 por ciento, basado en un 6.3 por ciento límite para 99 por ciento de nivel de confianza.

Desde hacía bastante tiempo se sabía que varios de los objetos astronómicos emitían radiación en forma de ondas de radio. La radioastronomía creció como un complemento importante de la astronomía óptica clásica. La radiación de ondas

de radio se detectaba de varias maneras: las excitadas nubes de hidrogeno en la Galaxia radiaban, los electrones cósmicos moviéndose en espiral en los campos magnéticos débiles del espacio interestelar radiaban; las estrellas, galaxias y cuásares también se había encontrado que radiaban. Al estudiar todas estas fuentes, se hizo entonces necesario conocer su radiación, sobre la radiación general de fondo. La composición y el origen de esta radiación de fondo no fue bien entendida por un largo tiempo. (Nobelprize.org, 1978).

Cuando el descubrimiento de Penzias y Wilson se publicó, ya habían, sin embargo, varias especulaciones de la existencia de una débil radiación de fondo de microondas. El punto de partida de estas especulaciones fueron los intentos realizados desde los años 1940s, para explicar la síntesis de los elementos químicos. Una teoría fue desarrollada por el físico estadounidense George Gamow y su grupo sugiriendo que esta síntesis tuvo lugar en el principio de la existencia del universo.

Del estudio de los espectros de las estrellas y las galaxias se sabía que el universo se está expandiendo uniformemente. Esto significaba hasta cierto punto que, hace unos 15,000 millones de años el Universo era muy compacto, asumiéndose que fue creado por una explosión cósmica o "*Big Bang*", aunque otras explicaciones eran posibles. Esta teoría implicó que hace unos 10,000 millones de años la temperatura era muy alta, pudiendo dar lugar a reacciones nucleares que pudieron formar los elementos químicos, que se formaron de las partículas elementales asumidas que estaban presentes en el principio. Esto implicó una liberación de radiación desde la región de los rayos X, pasando por el visible, y las ondas de radio. Después de la hipotética explosión, la temperatura decreció rápidamente, surgiendo entonces la pregunta de, ¿dónde estaban los escombros de la explosión? La materia, consistente de hidrogeno, helio y otros elementos ligeros se habría condensado para formar las galaxias y las estrellas. Pero, qué pasaba con la radiación, era posible detectarla. La radiación que podría detectarse sería la correspondiente a un cuerpo con una temperatura de 3 grados sobre el cero absoluto. Pero era imposible detectar esta débil radiación en el ruido cósmico.

Cuando Penzias y Wilson descubrieron la radiación cósmica de fondo de microondas era razonable pensar que esta era la radiación fósil del "*Big Bang*".

Para apoyar esta interpretación se realizaron muchas investigaciones para darle forma al espectro, el cual pronto mostró que correspondía a uno de una temperatura de 3 grados. Esto dio una evidencia sólida para apoyar el punto de vista de los restos de la radiación fósil del *Big Bang*.

El descubrimiento de Penzias y Wilson fue fundamental. Hizo posible obtener información acerca de los procesos cósmicos que tuvieron lugar hace muchísimo tiempo, tanto como desde la creación del Universo.

En 1978 se les otorgó el Premio Nobel de Física a Arno Allan Penzias y a Robert Wood Woodrow Wilson, “*por su descubrimiento de la radiación de microondas cósmica de fondo.*” Arno Allan Penzias, astrofísico, nació en Múnich, Alemania, el 26 de abril de 1933. Robert Woodrow Wilson, astrofísico, nació en Houston, Texas, Estados Unidos, el 10 de enero de 1936. Al momento de recibir el Premio Nobel, ambos trabajaban en el Laboratorio Bell, Holmdel, Nueva Jersey, Estados Unidos.

*“La radiación cae hacia la tierra desde el espacio exterior. Esta radiación cósmica inicialmente parecía que era más débil a medida que la longitud de onda de la radiación era más corta. Sin embargo, cuando Penzias y Wilson estudiaron la radiación cósmica en 1964, ellos descubrieron que las microondas, con una longitud de onda de unos 7 centímetros era más fuerte de lo esperado... Esta radiación cósmica de fondo probablemente es un resto del Big Bang cuando se creó el Universo.” (Nobelprize.org, 1978).*

Así pues, el descubrimiento de la radiación cósmica de fondo de microondas hecha por Penzias y Wilson marcó otro hito en la historia de la ciencia de la luz.

## **1965: CHARLES KUEN KAO**

El séptimo hito en la historia de la ciencia de la luz se marcó por los logros alcanzados por Kao en la transmisión de luz por fibras para la comunicación óptica.

El uso de la fibra óptica fue un hecho que hizo posible superar las dificultades en la comunicación mundial a grandes distancias. Charles Kuen Kao fue el pionero que visualizó el uso de una guía de ondas de fibra óptica de un dieléctrico mono modal (vidrio) para la comunicación de largas distancias, una idea que en su tiempo parecía imposible. En noviembre de 1965, Kao y su colega George Hockham presentaron un artículo el cual hoy se reconoce como el principio de la revolución de la fibra óptica (Optical Fibre History, 2016). El artículo se tituló *Guías de onda de superficie de fibra dieléctrica para frecuencias ópticas* (Kao & Hockham, 1966).

Hoy en día es posible recibir en pequeños y adecuados dispositivos, mensajes de texto, imágenes y videos que son enviados a casi la velocidad de la luz por fibras ópticas. Controlando la luz y dirigiéndola por guías de onda, mensajes codificados se pueden transmitir simultáneamente a muchas personas.



Este desarrollo requirió de numerosos inventos, grandes y pequeños, los cuales forman los cimientos de la moderna sociedad de la información. La fibra óptica requirió de moderna tecnología del vidrio con el objeto de ser desarrollada y manufacturada. Una fuente confiable de luz también fue necesitada y esta fue proporcionada por la tecnología de los semiconductores. Finalmente, una ingeniosa red de trabajo también fue necesitada para ser ensamblada y extendida, consistente de transistores, amplificadores, interruptores, transmisores y receptores, así como otras unidades, todas trabajando juntas. La revolución de las telecomunicaciones fue hecha posible por el trabajo de miles de científicos e inventores de todas partes del mundo (The Royal Swedish Academy of Sciences, 2009).

El guiado de la luz en un medio utilizando el concepto de reflexión total interna es un asunto que fue discutido desde el siglo XIX; aunque se puede argumentar que fue conocido desde tiempos antiguos en Egipto y Mesopotamia. (Class for Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences, 2009).

Las primeras ideas de aplicar luz guiada en pequeños rodos de vidrio datan desde los años 1920s. La transmisión de imágenes por medio de un manojo de estas fibras se utilizó en medicina (gastroscopio), en defensa (periscopio), y aún en la temprana televisión, aunque cuando las fibras se tocaban unas con otras o la superficie era rayada, la luz se filtraba y la fibra se desgastaba. La situación mejoró cuando a principios de los años 1950s, surgió la idea y la demostración que el revestimiento de las fibras ayudaba a la transmisión de la luz.

Para la comunicación a largas distancias, sin embargo, estas fibras de vidrio no eran efectivas y muy pocos fueron los que realmente se interesaron en la luz óptica. Aquellos eran los días de la electrónica y la radio tecnología. Pero el invento del láser a principios de los 1960 fue un paso decisivo para las fibras ópticas. El láser era una fuente de luz intensa y altamente enfocada que podía ser bombardeada en la fibra óptica delgada. La información podía ser codificada en unos y ceros y enviada en la rápida luz. Sin embargo, un gran problema era la transmisión por largas distancias, en 20 metros solo el 1 por ciento de la luz que entraba en la fibra óptica permanecía.

Reducir esta pérdida de luz llegó a ser un reto para Charles Kuen Kao. Para ese tiempo él ya era empleado de los Standard Telecommunication Laboratories. Allí él estudio meticulosamente las fibras de vidrio junto con su joven colega George A. Hockman. Su meta era que al menos 1% de la luz que entrara a una fibra de vidrio pudiera permanecer después de haber viajado 1 kilómetro.

En 1966, Kao presentó sus conclusiones. El resultado más importante era que las pérdidas en el medio dieléctrico eran causadas principalmente por la absorción y la dispersión, esta última causada por impurezas en particular de iones de hierro. Fibras con vidrios de mayor pureza podían ser buenas candidatas para las comunicaciones ópticas. Las fibras de modo simple eran el mejor medio de transmisión para las comunicaciones ópticas. Las operaciones en multi modo resultan en mayores pérdidas y ampliación temporal debido a dispersiones más altas. Kao concluyó con una frase visionaria (Class for Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences, 2009): “[...] *una fibra de material vidrioso construida en una estructura revestida [...] representa una posible guía de onda óptica práctica con potencial importante como una nueva forma de medio de comunicación [...] Comparado con el cable coaxial existente y los sistemas de radio, esta forma de guía de onda tiene una mayor capacidad de información y posiblemente ventajas en los costos de materiales básicos.*” (Kao & Hockham, 1966) . El entusiasmo de Kao inspiró a otros investigadores a compartir su visión del futuro potencial de la fibra óptica (The Royal Swedish Academy of Sciences, 2009).

El problema por resolver era la fabricación de fibras ópticas sin impurezas. Cuatro años después del artículo de Kao y Hockham, un equipo de la Corning Glass Works de Estados Unidos tuvo éxito en hacer las fibras ópticas que Kao había dividido. A los pocos años, en varios países, se utilizaron varias tecnologías que permitieron la atenuación de las pérdidas a menos de 1 dB/km lo cual era mucho más del umbral fijado por Kao. Hoy, la atenuación de la luz a una longitud de onda de 1.55  $\mu\text{m}$  en una fibra es menos de 0.2 dB/km. Una fibra óptica moderna es un medio extraordinariamente transparente, con más del 95% de luz propagada después de 1 km.

Charles K. Kao nació el 4 de noviembre de 1933 en Shanghai, China. Recibió el Premio Nobel de Física en 2009. Al momento de otorgársele el premio estaba afiliado a los *Standard Telecommunication Laboratories*, Harlow, Inglaterra, y la Universidad China de Hong Kong, en Hong Kong, China (Nobelprize.org, 2009).

Los logros alcanzados por Kao en la transmisión de luz por fibras para la comunicación óptica, no hay duda que son otro hito en la historia de la ciencia de la luz.

## CONSIDERACIONES FINALES

La celebración en 2015 del Año Internacional de la Luz ha sido una magnífica oportunidad para celebrar los aniversarios de los siete hitos de la historia de la ciencia de la luz presentados; así como para resaltar además por medio de los descubrimientos científicos señalados, la importancia de la enseñanza de las ciencias en nuestro país.

Oportuno es entonces cerrar este documento, con algunos fragmentos de la Resolución Declaratoria del 2015 Año Internacional de la Luz:

*“Considerando que las aplicaciones de la ciencia y la tecnología de la luz son esenciales para los avances ya alcanzados y futuros en las esferas de la medicina, la energía, la información y las comunicaciones, la fibra óptica, la agricultura, la minería, la astronomía, la arquitectura, la arqueología, el ocio, el arte y la cultura, entre otras, así como en muchos otros sectores industriales y servicios, y que las tecnologías basadas en la luz contribuyen al logro de las metas de desarrollo convenidas internacionalmente, entre otras cosas al proporcionar acceso a la información y aumentar la salud y el bienestar de la sociedad,*

*Considerando también que la tecnología y el diseño pueden desempeñar un papel importante en el logro de una mayor eficiencia energética, en particular al limitar el despilfarro de energía, y en la reducción de la contaminación lumínica, que es fundamental para la conservación de cielos oscuros,*

*Considerando que la celebración de los aniversarios de estos descubrimientos en 2015 ofrecería una importante oportunidad para destacar la continuidad de los descubrimientos científicos en diferentes contextos, haciendo especial hincapié en el empoderamiento de las mujeres en el ámbito científico y la promoción de la enseñanza de las ciencias entre los jóvenes, especialmente en los países en desarrollo,*

*1. Decide proclamar el año 2015 Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz;*

*• ...*

*4. Alienta a todos los Estados, al sistema de las Naciones Unidas y a todos los demás agentes a que aprovechen el Año Internacional para promover*

*medidas a todos los niveles, incluso mediante la cooperación internacional, y aumenten la conciencia del público sobre la importancia de las ciencias de la luz, la óptica y las tecnologías basadas en la luz y de promover un amplio acceso a los nuevos conocimientos y actividades conexas. (Organización de las Naciones Unidas, 2014).*

## **Agradecimientos.**

Agradezco al Nodo Internacional de Honduras para la Celebración del 2015 Año Internacional de la Luz, por brindarme la oportunidad de presentar este trabajo en la Conferencia Inaugural del año de celebraciones, en la Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alonso Sanchez, M. 2015, abril 5. *Debate histórico sobre la naturaleza de la luz*. Obtenido de Debate histórico sobre la naturaleza de la luz: <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Luz/Naturaleza-luz.pdf>
- Bachiller, R. 2015, septiembre 16. *¡Laluzesunaonda!* Obtenido de El Mundo. Ciencia: <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/09/16/55f678c3ca4741ce708b4570.html>
- Beléndez, A. 2015, abril 22. Young, *Fresnel y la teoría ondulatoria de la luz*. Obtenido de Física para tod@s: <http://blogs.ua.es/fisicateleco/2015/04/young-fresnel/>
- Blandford, R. D. 2015. A century of general relativity: Astrophysics and cosmology. *Science*, 1103-1108.
- Calvo, M. L. 2015. La excepcional contribución de Ibn-al-Haytham (Alhacén) a las ciencias. *Revista de Física*, 29 - 1 (Enero-marzo 2015), 31-35.
- Class for Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences. 2009, octubre 6. *Two Revolutionary Optical Technologies*. Obtenido de *Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2009*: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/advanced.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/advanced.html)

- Dicke, R. H., Peebles, P. J., Roll, P. J., & Wilkinson, D. T. 1965, julio. Cosmic Black-Body Radiation. *Astrophysical Journal Letters*, 142(1), 414-419. doi:10.1086/14806
- Eckem, U. 2005, febrero 19. *Annalen der Physik (AdP) & Albert Einstein. Obtenido de Einstein in AdP*: <http://myweb.rz.uni-augsburg.de/~eckern/adp/history/Einstein-in-AdP.htm>
- Einstein, A.
  - 1905. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, 891-921.
  - 1911. Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes. *Annalen der Physik*, 35, 98-908.
  - 1915, noviembre 4. On the General Theory of Relativity. Obtenido de Doc. 21 General Relativity: [http://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/110\\_1](http://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/110_1)
  - 1915, noviembre. On the General Theory of Relativity (Addendum). Obtenido de Doc. 22 Addendum to Doc. 21: <http://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/120>
  - 1915, noviembre 18. Explanation of the Perihelion Motion of Mercury from the General Theory of Relativity. Obtenido de Volume 6: The Berlin Years: Writings, 1914-1917: <http://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-doc/261>
  - 1915, noviembre 25. The Field Equations of Gravitation. Obtenido de Doc. 25 Field Equations of Gravitation: <http://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/129>
- Engel, A. 1997, mayo . *Volume 6: The Berlin Years: Writings, 1914-1917 (English translation supplement)*. (Princeton University Press) Obtenido de The Collected Papers of Albert Einstein: <http://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans>
- González-Cano, A. 2015. Alhacén: una revolución óptica. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 191-775 (septiembre- octubre 2015, a262), 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2015.775n5001>

- Hecht, E., & Zajac, A. 1986. *OPTICA*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, S. A.
- Kao, K. C., & Hockham, G. A. 1966, julio. Dielectric-fibre surface waveguides por optical frequencies. *Institution of ElectricalEngineers Proceedengs J - Optoelectronics*, 113(7), 1151-1158. doi:10.1049/piee.1966.0189
- Kox, A. J., Klein, M. J., & Schulmann, R. 1997. *The Collected Papers of Albert Einstein. The Berlin Years: Writings, 1914-1917*. Princeton: Princeton University Press.
- Kutner, M. L. 2007. *Astronomy, A Physical Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Levine, A. G. 2009. *Arno Penzias y Robert Wilson, Bell Labs, Holmdel, N.J.* Obtenido de The Large Horn Antenna and the Discovery of Cosmis Microwave Background Radiation: <https://www.aps.org/programs/outreach/history/historicsites/penziaswilson.cfm>
- Maxwell, J. C. 1865. A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field. *Phylosophycal Transactions*, 459-512. Obtenido de <http://rstl.royalsocietypublishing.org/content/155/459.full.pdf+html>
- Nobel Lectures. 1967. *Physics 1901-1921*. Amsterdam: Elsevier Publishing Companu.
- Nobelprize.org.
  - 1978, octubre 17. *The Nobel Prize in Physics*
  - 1978. Obtenido de Press Release: [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1978/press.html](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/press.html)
  - 2009. *The Nobel Prize in Physics 2009*. Obtenido de Charles K. Kao - Facts: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/kao-facts.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/kao-facts.html)
  - 2015, abril 4. *The Nobel Prize in Physics 1921, Albert Einstein*. Obtenido de Albert Einstein Facts: [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1921/einstein-facts.html](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1921/einstein-facts.html)
- Optical Fibre History. 2016. *Optical Fibre History*. Obtenido de How the fibre communications revolution began:<http://opticalfibrehistory.co.uk/>

- Organización de las Naciones Unidas. 2014 . 68/21. *Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz*, 2015. New York: Asamblea General.
- Penzias, A. A., & Wilson, R. W.  
 1965, julio. A measurement of excess Antenna Temperatura at 4080 Mc/s. *Astrophysical Journal Letters*, 142(1), 419-421. doi:10.1086/148307  
 1965, octubre. Measurements of the Flux Density of CAS at 4080 Mc/s. *Astrophysical Journal*, 142(3), 149-1155. doi:10.1086/148384
- Renn, J. 2015, abril 8. *Einstein's path to General Relativity*. Obtenido de Max Planck Institute for History of Science: <http://www.ihes.fr/~vanhove/Slides/renn-IHES-mars 2013.pdf>
- Ruíz Trejo, E. 2015, marzo 1. *Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transferencia de la luz*. Obtenido de Einstein 1905: [http://casanchi.com/fis/einstein1905/uno/uno\\_e.pdf](http://casanchi.com/fis/einstein1905/uno/uno_e.pdf)
- Sabra, A. I. 1989. *The Optics of Ibn al-Haytham [Alhacén]* (Vols. Books I-III). London: The Warbug Institute.
- Taylor Reed, N. 2016, julio 12. *Einstein's Theory of General Relativity*. Obtenido de Space.com: <http://www.space.com/17661-theory-general-relativity.html>
- The Royal Swedish Academy of Sciences. 2009. *The Masters of Light*. Obtenido de The Nobel Prize in Physics 2009: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2009/popular.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/popular.html)
- Tipler, P. A., & Mosca, G. 2008. *Física con Física Moderna, para científicos e ingenieros* (Sexta ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Wall, M. 2015, marzo 5. *General Relativity at 100: Einstein's Famous Theory Has Aged Well*. Obtenido de Space.com > Science & Astronomy: <http://www.space.com/28741-einstein-general-relativity-100-years.html>

- Wikipedia.

2015, abril 5. Alhacén. Obtenido de Wikipedia. La enciclopedia libre: <https://es.wikipedia.org/wiki/Alhac%C3%A9n>

2015, abril 5. Augustin Fresnel. Obtenido de Augustin Fresnel: [https://es.wikipedia.org/wiki/Augustin\\_Fresnel](https://es.wikipedia.org/wiki/Augustin_Fresnel)

2015, abril 5. James Clerk Maxwell. Obtenido de James Clerk Maxwell: [https://es.wikipedia.org/wiki/James\\_Clerk\\_Maxwell](https://es.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell)



# ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

# *Evaluación de la probabilidad de impacto de la Tierra con el Asteroide 2011 AG5*

Roberto Schöngarth Carías

## **Resumen**

El objeto NEA 2011AG5 es un asteroide de unos 140 metros de diámetro, descubierto el 8 de enero de 2011 desde el Monte Lemmon en Estados Unidos. Tiene una órbita que lo convierte en un asteroide potencialmente peligroso, o sea un objeto cuya órbita tiene una distancia menor a 0.05UA respecto a la órbita de la Tierra en su punto más cercano. Por sus características orbitales, se trata de un objeto tipo Apolo, o sea asteroides que cruzan la órbita de la Tierra con un perihelio menor a 1.0167UA. En este trabajo se modeló el movimiento orbital del objeto NEA 2011AG5 para un período aproximado de 28 años, que abarca desde el año 2012 hasta el año 2040 utilizando el integrador numérico EVORB, un programa basado en arquitectura FORTRAN para modelar la dinámica de los objetos en un sistema estelar. Se realizaron 100 corridas del programa con base en los parámetros orbitales estimados al 18 de abril de 2013. Después de asegurar que los parámetros orbitales de entrada, obtenidos aleatoriamente, cumplen con una distribución normal dado su Jarque Bera menor a 5.991 para un  $\alpha=0.05$ , se estimó que el máximo acercamiento ocurrirá el 4 de febrero de 2040. Para este acercamiento se estima una distancia media de 1,087,412 Km con una desviación estándar de 46,637 Km, en un acercamiento probable calculado para el 4 de febrero de 2040 a las 8h37m hora universal, con una desviación estándar de 48m04s. La probabilidad de impacto se concluye nula.

**Palabras clave:** 2011AG5, Asteroide cercano a la Tierra (NEA), Asteroide potencialmente peligrosos (PHA), acercamiento del 2040, asteroide Apolo.

## **Abstract**

The NEA 2011AG5 object is an asteroid 140 meters in diameter, discovered on Jan. 8, 2011 from Mount Lemmon in the United States. It has an orbit that makes it a

potentially hazardous asteroid, an object whose minimum distance to Earth's orbit is 0.05AU. Due to its orbital characteristics, it is an Apollo object, which means it is an asteroid that crosses the orbit of Earth having a perihelion smaller than 1.0167AU. The orbital motion of the object NEA 2011AG5 has been modeled for a period of approximately 28 years, from 2012 until 2040 using the numerical integrator EVORB, a program based on FORTRAN architecture to model the dynamics of objects in a stellar system. It has been developed 100 samples based on the orbital parameters estimated up to 18 April 2013. After ensuring that the random orbital parameters conform a normal distribution, due to its Jarque Bera is less than 5,991 for  $\alpha = 0.05$ , it was estimated that the closest approach will occur on February 4, 2040. An average distance of 1,087,412 km is estimated with a standard deviation of 46.637 Km, in a calculated approach likely for February 4, 2040 at 8h37m universal time, with a standard deviation of 48m04s. The probability of impact is null.

**Keywords:** 2011AG5, Near Earth Asteroid (NEA), Potentially Hazardous Asteroids (PHA), close approach in 2040, Apollo asteroid.

---

**Roberto Schöngarth Carías**, (robertoschongarth@unah.edu.hn), Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras – UNAH .

## INTRODUCCIÓN

Crear un modelo de la órbita de los cuerpos alrededor del Sol es parte del campo de la mecánica celeste. El presente trabajo trata de resolver este problema de mecánica fundamentado en el problema de los N-Cuerpos, donde se describe el movimiento de un sistema de  $n$  puntos ( $n \geq 2$ ) que se atraen dos a dos con una fuerza newtoniana (Navarro, Catalá Poch, & Núñez de Murga, 2007). El movimiento de un planeta, cometa o asteroide alrededor del Sol, en primera aproximación, depende de seis elementos que definen la órbita. Al final esto constituye un sistema de  $3n$  ecuaciones diferenciales de segundo orden el cual debe resolverse utilizando métodos numéricos que han de ser resueltos mediante el uso de un software capaz de resolver integraciones numéricas de un sistema de ecuaciones diferenciales.

En el presente artículo se emplea un modelo orbital resuelto por uno de los programas informáticos para predicción de futuros impactos, en este caso el integrador numérico EVORB (Fernández, Gallardo, & Brunini, 2002), basado en Fortran y, además, se propone una metodología de análisis estadístico para calcular peligros potenciales en función de una serie de escenarios generados aleatoriamente.

Este estudio es relevante en el sentido que día a día se están descubriendo nuevos objetos que tienen un paso cercano a la Tierra lo que los convierte en objetos potencialmente peligrosos para el planeta.

La incertidumbre ( $1\sigma$ ) de los parámetros orbitales va disminuyendo a medida que aumenta la cantidad de observaciones del objeto. Utilizando un integrador numérico (EVORB) lo que se propone en el siguiente estudio es utilizar esta herramienta para estimar la probabilidad de impacto en el año 2040 utilizando datos obtenidos en dos épocas diferentes. Esto permitirá establecer si hay una consistencia entre los datos propios y los datos publicados en documentos científicos y así establecer el grado de precisión de la herramienta informática en uso. La familiarización y el uso de este integrador permitirán repetir la operación con futuros cuerpos y permitirá crear los modelos orbitales de otros objetos que pudieran acercarse peligrosamente a la Tierra.

El trabajo resultará en una utilidad metodológica en el sentido de poder aplicar localmente estas técnicas para el uso de integradores numéricos, no sólo para calcular probabilidades de impacto sino para poder estimar las posiciones y velocidades de objetos celestes para cualquier época.

## El Sistema Solar

El Sistema Solar tiene como objeto principal al Sol, el cual contiene más del 99.8% de la masa total del sistema. La masa de los cuerpos restantes no es en ningún sentido despreciable: los planetas, sus satélites, los cometas y el resto de cuerpos pequeños (Lissauer, 2013). Los planetas se dividen en dos grupos:

- Los planetas terrestres o interiores, que son rocosos, densos, con pocos satélites y sin anillos: Mercurio, Venus, Tierra y Marte.
- Los planetas jovianos o exteriores, que son gaseosos, poco densos, con muchos satélites y poseedores de sistemas de anillos: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

De igual manera se encuentran dos cinturones que poseen cada uno cientos de miles de cuerpos pequeños:

- El cinturón de asteroides, formado por cuerpos pequeños, irregulares y rocosos, los cuales en su gran mayoría orbitan entre Marte y Júpiter. Algunos de ellos poseen órbitas interiores al planeta Marte e incluso se acercan lo suficiente a la Tierra para ser considerados potencialmente peligrosos.
- El cinturón de Kuiper, compuesto por cuerpos pequeños y helados que orbitan al Sol en una órbita más alejada que Neptuno. El primero de ellos, 1992QB1 fue descubierto en 1992. Este cinturón se extiende entre 30 y 48UA de distancia respecto al Sol.

Más allá del Cinturón de Kuiper se están descubriendo nuevos objetos transneptunianos, habiéndose observado de forma directa objetos a más de 500UA. El Sistema Solar se extiende hasta lo que se conoce como Nube de Oort, una hipotética nube de objetos rocosos helados, mitad silicatos y mitad volátiles, cuya distancia se estima hasta aproximadamente varias decenas de miles de unidades astronómicas.

En el medio interplanetario del Sistema Solar también se encuentran objetos conocidos como meteoroides. Si un meteoroides penetra la atmósfera terrestre comienza a desintegrarse debido a la fricción, por lo cual se observa una estela de luz en el cielo conocida como meteoro o estrella fugaz. Si este meteoroides tiene un tamaño o masa suficiente como para sobrevivir la interacción con la atmósfera y llega a impactar la superficie de la Tierra, entonces se le conoce como meteorito (Rubin & Grossman, 2010). El tamaño de un meteoroides está entre los 10 $\mu$ m y un metro, de los cuales los que tienen menos de 2mm de diámetro son

considerados micrometeoroides. Objetos menores a 10 $\mu$ m son considerados partículas de polvo. La frontera de tamaño entre los meteoroides y los asteroides se ha asumido en función de su capacidad de detección, donde ya un cuerpo de 1 metro de diámetro es mucho más fácil de localizar. En este caso de cuerpos mayores a un metro de tamaño, se habla de asteroides, los cuales son el objetivo central del presente estudio.

Un asteroide es denominado NEA (Asteroide cercano a la Tierra, del inglés *Near Earth Asteroid*) cuando su trayectoria lo lleva a menos de 1.3UA del Sol (1 unidad astronómica = 1UA = 149,587,870,700 $\pm$ 3m, según la resolución B2 de la XXVIII Asamblea General de la Unión Internación de Astronomía), de los cuales el mayor conocido hasta ahora es 1036 Ganymed, de 31.7Km de diámetro y un período alrededor del Sol de 4.34 años(Chodas, Near Earth Object Program, 2016).

Más cercanos aparecen los PHA (Asteroides potencialmente peligrosos, del inglés Potencially Hazardous Asteroids) pues su acercamiento máximo a la Tierra llega a ser menor a las 0.05UA, equivalentes a casi 20 distancias lunares. El mayor conocido es 4179 Toutatis, un objeto de 4.6 x 2.4 x 1.9 Km y con un período orbital de 4.03 años.

Hasta octubre del 2016 se han descubierto más de 15,000 objetos NEA (20 años atrás la cantidad apenas sobrepasaba los 300) aunque se estima que la cantidad real de los mismos sea de varios cientos de miles. En la Figura 1(Chodas, Near Earth Object Program, 2016)se observa el ritmo del descubrimiento de NEAs de diámetro mayor a un kilómetro por cada semestre desde 1995. En el eje horizontal se observan los años de los descubrimientos y en el eje vertical la cantidad de descubrimientos por semestre.

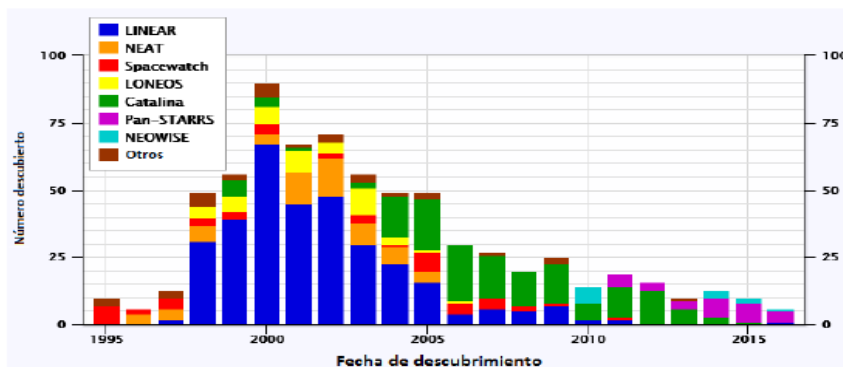



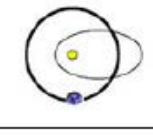
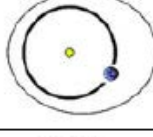
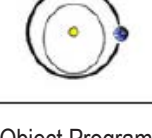
Figura 1. Número de NEAs de diámetro mayor a 1 Km descubiertos por sitio en intervalos de medio año(Chodas, Near Earth Object Program, 2016)

Cada barra correspondiente a un semestre ha sido coloreada en función de la cantidad de descubrimientos por cada uno de los proyectos de búsqueda de NEAs, razón por la cual resaltan los descubrimientos por parte del proyecto LINEAR (azul), Catalina (verde) y Pan-STARRS (morado). Al observar la curva de descubrimiento de NEAs de tamaño grande (diámetro mayor a un kilómetro) se observa en la Figura 1 que la curva de descubrimiento se ha ido reduciendo de manera sostenida durante los últimos 10 años. Hasta octubre de 2016 se han descubierto 706 asteroides de más de un kilómetro de tamaño.

### Clasificación de los NEAs Según Sus Órbitas

En la base de datos al 31 de octubre de 2016 se contabilizan 15277 NEOs (Near Earth Objects, objetos cercanos a la Tierra), que corresponden a la suma de los 15103 NEAs (Near Earth Asteroids, asteroides cercanos a la Tierra) con los 174 NECs (Near Earth Comets, cometas cercanos a la Tierra)(Chodas, Near Earth Object Program, 2016).

Los NEAs se clasifican según la distancia al Sol, sea distancia media, sea la distancia del perihelio, en cuatro importantes categorías (ver Figura 2):

Asteroide Apolo	Semieje mayor $\geq 1.0$ UA Perihelio $\leq 1.02$ UA Cruza órbita de la Tierra	
Asteroide Atón	Semieje mayor $< 1.0$ UA Afelio $\geq 0.983$ UA Cruza órbita de la Tierra	
Asteroide Amor	$1.02$ UA $<$ Perihelio $\leq 1.3$ UA	
Asteroide Atira	Afelio $< 0.983$ UA Siempre dentro de la órbita terrestre	

**Figura 2.** Categorías de Near Earth Asteroids(Chodas, Near Earth Object Program, 2016)

- Los asteroides Atones, que tienen un semieje menor que es inferior a una unidad astronómica pero, por el contrario, su afelio debe ser mayor a 0.9833 unidades astronómicas (este número corresponde al perihelio terrestre),
- Los asteroides Apolo, que tienen un semieje mayor que es superior a una unidad astronómica, pero su perihelio es menor a 1.0167 unidades astronómicas (este número corresponde al afelio terrestre)
- Los asteroides Amor, que se caracterizan por tener un perihelio no menor a 1.0167UA (o sea mayor al afelio terrestre) y no mayor a 1.3UA (o sea menor al perihelio de Marte).
- Los asteroides Atira, que incluyen todos los asteroides cuyo afelio es menor a 0.9833UA, por lo tanto menor al perihelio terrestre.

Nótese que de estas categorías, los asteroides Apolo y Atón son los que se cruzan con la órbita terrestre, razón por la cual representan un mayor peligro. Se ha creado una categoría de Asteroides Potencialmente Peligrosos (PHA, Potentially Hazardous Asteroids), cuyas probabilidades de impacto con la Tierra son mayores. Para ello deben cumplir con dos requisitos(Chodas, Near Earth Object Program, 2016):

- Los puntos más cercanos entre la órbita del asteroide y la órbita terrestre se encuentran a menos de 0.05UA (aproximadamente 7.5 millones de kilómetros).
- La magnitud absoluta del asteroide debe ser de  $H=22.0$  o más brillante.

Un 18% de asteroides Apolo y un 14% de asteroides Atón, aproximadamente, están dentro de los PHAs.

La Tabla 1 resume la cantidad de NEAs descubiertos, según cada categoría, hasta octubre de 2016. Las categorías se muestran en las columnas y corresponden a los asteroides Amor (AMO), Apolo (APO), Atón (ATE) y Atira (IEO). Además se puede observar cuántos asteroides de cada categoría son potencialmente peligrosos, según la definición antes descrita, para el planeta Tierra.

**Tabla 1.** Cantidad de NEAs y su peligrosidad según la categoría

		Clase				Total
		AMO	APO	ATE	IEO	
Asteroide potencialmente peligroso	No	5759	6639	948	11	13357
	Si	108	1475	158	5	1746
Total		5867	8114	1106	16	15103



El objeto 2011AG5 fue descubierto el 8 de enero de 2011 desde la cima del Monte Lemmon, en Arizona y a partir de entonces continuas observaciones han permitido ir ajustando su órbita y tratando de predecir sus pasos cercanos, en particular los que se darán entre los años 2040 y 2047.

Este estudio permitirá revelar la manera en cómo ajustar los datos correctamente ante los pasos de este objeto cerca de la Tierra. Estos cálculos no sólo serán útiles para el estudio de 2011AG5 en particular sino que para múltiples acercamientos de otros objetos potencialmente más peligrosos, como por ejemplo cuando el asteroide Apophis tenga un acercamiento similar en el año 2029, sólo que en ese caso es un objeto de un diámetro 6 veces mayor.

Al revisar los elementos orbitales del NEA 2011AG5, éste cumple con tres características que permiten incluirlo en cierta categoría de NEAs:

- El semieje mayor de su órbita es de 1.43UA, o sea que es exterior a la órbita de la Tierra.
- El perihelio de su órbita es de 0.87UA; al ser el semieje mayor exterior a la órbita terrestre y el perihelio menor al afelio terrestre, se concluye que este asteroide cruza la órbita terrestre. Combinando ambas características resulta que este asteroide pertenece a la categoría de los asteroides Apolo.
- Las órbitas de 2011AG5 y la de la Tierra se acercan a una distancia menor a las 0.05UA (7.5 millones de kilómetros), y el asteroide 2011AG5 tiene una magnitud absoluta menor a 22, lo que permite clasificar a este asteroide como un Apolo potencialmente peligroso.

Las observaciones han llevado a los siguientes hallazgos acerca de 2011AG5(Chodas, Sentry Risk Table, 2016):

- Diámetro = 140 metros
- Magnitud absoluta  $H = 21.86$
- Período = 625.1 días

Se esperan acercamientos en cada órbita, pero los mayores acercamientos se esperan para los años 2023, 2028 y 2040. El del 2023 será todavía a aproximadamente millón y medio de kilómetros, pero se espera su máximo acercamiento en el año de 2040.

Durante el año 2040 se prevé que se tendrá el primer acercamiento de 2011AG5 a una posible distancia menor al millón de kilómetros, a menos de tres distancias Tierra-Luna. Para este tipo de objetos y acercamientos potenciales se desarrolló la Escala de Palermo (Chodas, The Palermo Technical Impact Hazard Scale, 2016).

La escala de Palermo acerca de los riesgos de impacto fue desarrollada por especialistas en NEOs para clasificar posibles riesgos de impacto basados en fechas, energías y probabilidades. Se trata de una escala logarítmica donde el cero señala un evento que es tan amenazador como el peligro de fondo, que no es más que el peligro promedio generado por la población completa de asteroides y cometas sobre un largo período de tiempo. Valores superiores al cero corresponderán a eventos muy amenazadores, aunque valores entre 0 y -2 (una amenaza del 1% respecto al peligro de fondo) comprende un riesgo aún no despreciable. En el momento en que se estimó el máximo riesgo del objeto 2011AG5, éste llegó a tener un índice de -1.12 en la Escala de Palermo. El 21 de diciembre de 2012 fue sacado de la lista de objetos con riesgo de impacto (Chodas, Near Earth Object Program, 2016).

La órbita de un objeto puede describirse a través de seis parámetros o elementos orbitales:

- La longitud del nodo ascendente  $\Omega$ , que mide la longitud donde la órbita del objeto cruza de manera ascendente, medida sobre la eclíptica a partir del punto Aries.
- La inclinación  $i$  es la inclinación de la órbita del objeto respecto al plano de la eclíptica.
- La longitud del perihelio  $\omega$ , que mide el ángulo visto desde el sol, desde el punto del nodo ascendente respecto a la dirección donde se da el perihelio.
- El semieje mayor  $a$  de la elipse descrita por la órbita del objeto.
- La excentricidad  $e$  que indica qué tanto se asemeja la elipse a un círculo.
- Tiempo de paso por el perihelio  $\tau$ , o sea el último paso del objeto por el perihelio.

Los elementos orbitales de 2011AG5, junto con una incertidumbre de  $1\sigma$ , para la época 2456400.5 (18 de abril 2013), son los siguientes (Park, 2015):

- Excentricidad:  $0.390200698625485 \pm 7.1842e-08$
- Semieje mayor:  $1.430761044178588 \pm 1.0983e-07$  UA
- Inclinación de la órbita:  $3.680379426804628 \pm 1.0164e-05$  grados
- Nodo ascendente:  $135.6848051202182 \pm 6.507e-05$  grados
- Longitud del perihelio:  $53.53870886708997 \pm 6.597e-05$  grados
- Paso por el perihelio: 2012-Dic-08.38530278  $\pm 7.0025e-05$  días

## METODOLOGÍA

Al ser operaciones matemáticas de cierta complejidad, pues implican cálculo diferencial, se hace uso de software astronómico orientado a la mecánica celeste. Este consiste básicamente de un programa escrito en lenguaje FORTRAN de integración numérica de las orbitas del Sistema Solar denominado EVORB (Fernández, Gallardo, & Brunini, 2002). Con este software es posible hacer diversas simulaciones a largo plazo, tanto moviéndose hacia adelante en el tiempo como hacia atrás, para poder estimar tanto futuros acercamientos del objeto como posibles regiones de proveniencia.

Con los resultados obtenidos del modelo se hacen estimaciones estadísticas acerca de la probabilidad tanto de hacia dónde se espera que vaya y eventualmente cuándo y cómo serán futuros acercamientos a nuestro planeta en el próximo siglo.

La tabla 2 contiene los parámetros orbitales y muestra el valor medio más probable así como la desviación estándar. Basado en ello se procede a crear los escenarios para el cálculo de las probabilidades de impacto para el año 2040. En este caso se trabaja con los parámetros orbitales de semieje mayor, excentricidad, inclinación de la órbita, nodo ascendente, longitud del perihelio y anomalía media.

**Tabla 2.** Elementos orbitales de 2011 AG5 (Park, 2015)

<b>Elementos orbitales en la época 2456400.5 (2013-Abril-18.0)</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Valor</b>	<b>Incertidumbre (1 sigma)</b>	<b>Unidades</b>
Excentricidad	0.390200698625485	7.1842e-08	
Semieje mayor	1.430761044178580	1.0983e-07	UA
Perihelio	0.872477085173974	6.018e-08	UA
Inclinación de la órbita	3.680379426804620	1.0164e-05	grados
Nodo ascendente	135.684805120218000	6.507e-05	grados
Argumento del perihelio	53.538708867089900	6.5975e-05	grados
Anomalia media	75.222101365178700	4.8726e-05	grados
Tiempo de paso por el perihelio	2012-Dic-08.38530278	7.0025e-05	días
Período	625.099407560966000	7.1976e-05	días
Movimiento verdadero	0.575908400560896	6.6312e-08	grados/día
Afelio	1.989045003183200	1.5268e-07	UA

La Tabla 2 muestra los valores medios y desviaciones estándar de los parámetros orbitales de 2011AG5. Basado en ello, se procede a una generación por computadora de 100 escenarios aleatorios modelados por una distribución normal, para asegurar que al final los valores de media y desviación estándar de cada parámetro se asemejen a los valores observados. Cuando ya los escenarios se han generado, se procede a utilizar el programa EVORB, que consiste en un programa que fue desarrollado originalmente por Adrián Brunini (Argentina) y perfeccionado posteriormente por Tabaré Gallardo (Uruguay).

El EVORB determina la evolución de los elementos orbitales heliocéntricos (semieje mayor, excentricidad, inclinación de la órbita, longitud de nodo ascendente, argumento del perihelio y anomalía media) de un sistema de planetas que son descritos con su masa y su radio, así como un sistema de partículas (los cuales podemos considerar asteroides y cometas), los cuales son asumidos sin radio ni masa.

Estos planetas y partículas están bajo el efecto gravitacional de un cuerpo central, en este caso el Sol, aunque puede ser utilizado también en cálculos para otras estrellas. Estos objetos describen órbitas alrededor de este cuerpo central.

El EVORB considera la interacción gravitacional entre los planetas, así como el efecto de los planetas sobre las partículas sin masa, las cuales no interactúan entre ellas ni afectan el movimiento de los planetas.

La salida del programa EVORB muestra una serie de resultados que pueden ser sometidos a análisis. En función de la interacción del cuerpo de estudio, en este caso 2011AG5, se muestra la posición y velocidad para cada intervalo de la iteración tanto del asteroide como de la Tierra. Esto permite obtener dos datos importantes: la distancia a la que se encuentran los cuerpos en el momento del máximo acercamiento y la velocidad individual y relativa de los mismos.

Esto es importante porque la velocidad relativa debe ser comparada con la velocidad de escape para saber si el asteroide puede ser atraído por la aceleración gravitacional de la Tierra. Sería incompleto en este estudio solamente suponer y estimar la probabilidad de un impacto directo entre ambos cuerpos sino que se debe incluir la posibilidad que el asteroide se acerque lo suficiente a la Tierra como para que comience a ser atraído por ésta y finalmente impactar. Esto se logra a través del estudio de la velocidad de escape.

La velocidad de escape es la velocidad requerida para escapar de la superficie de un cuerpo astronómico.

La velocidad de escape  $V_e$ , está dada por una ecuación bastante simple (Seeds, 2008):

$$V_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

donde en este caso  $M$  corresponde a la masa de la Tierra, o sea  $5.97 \times 10^{24}$  Kg y  $G$  es la constante gravitacional, que es igual a  $6.67 \times 10^{-11}$   $m^3/s^2Kg$  yr corresponde al radio de la órbita.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Tabla 3.** Valores estadísticos medios de los parámetros orbitales de los cien escenarios generados

Escenario	a	e	i	Nodo	Peri	M
Media	1.430761	0.390201	3.680380	135.684811	53.538713	75.222094
Desviación estándar	9.7101E-08	6.5105E-08	1.0334E-05	6.1593E-05	6.4649E-05	4.8409E-05
Asimetría	0.026066	0.020617	-0.106113	-0.176965	-0.153566	-0.221927
Curtosis	-0.567331	-0.685264	-0.481491	-0.280177	0.228732	-0.240649
Jarque Bera	1.352425	1.963694	1.153641	0.849024	0.611036	1.062157

En la Tabla 3 se presenta un resumen de la estadística descriptiva de los parámetros orbitales que fueron utilizados en las cien corridas de datos. La razón para esta tabla resumen es precisamente observar que los escenarios propuestos se adecúan a los valores de media y desviación estándar que son comparables a los datos reales.

La asimetría y la curtosis muestran las medidas de forma que indican si los cien datos que se utilizaron para los cálculos se adecúan a una distribución normal. La asimetría y la curtosis deben ser cercanas a cero para tener la forma de una distribución normal.

El Jarque Bera consiste en una prueba de normalidad, precisamente para verificar que los escenarios aleatorios precisamente cumplen con la media y la desviación estándar de los parámetros orbitales observados. La prueba Jarque Bera se corre con un chi-cuadrado de dos grados de libertad, lo que para un  $\alpha=0.05$  resulta en un valor crítico de 5.991. Esto quiere decir que si el valor del Jarque Bera es menor a 5.991, la evidencia indica que se está trabajando con distribuciones normales.

En este caso, los valores de Jarque Bera oscilan entre 0.61 y 1.96, siendo el valor para la excentricidad el más elevado aunque lejano aún a 5.991. Con esto se confirma que todos los parámetros orbitales describen una forma normal, con los valores de media y desviación estándar deseados, para los 100 datos con los que se trabaja y se puede proceder a correr las iteraciones.

A partir de los resultados de las iteraciones se puede afirmar lo siguiente:

El máximo acercamiento en el año 2040 entre la Tierra y 2011 AG5 se dará el 4 de febrero de 2040 a las 8:37:24 am con una desviación estándar aproximada de 48 minutos. Este acercamiento se dará a una distancia esperada de 1,087,412 kilómetros, con una desviación estándar de 46,637 kilómetros.

**Tabla 4.** Prueba t para la probabilidad de impacto de 2011 AG5 contra la Tierra en 2040

				Valor de prueba = 6378					
	N	Media	Desviación estándar	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
distancia	100	1087412,671	46637,74916	231,794	99	.000	1081034,671	1071780,730	1090288,612

La Tabla 4 muestra un resumen de los datos recabados en las cien pruebas realizadas. Los datos válidos para el análisis son N=100, para los cuales se

obtuvo una distancia media de 1,087,412.67 Km con una desviación estándar de 46637.75 Km.

En base a estos valores se establece una prueba de hipótesis que se plantea de la forma siguiente:

$H_0$ : la distancia en el máximo acercamiento no es mayor a 6378 Km

$H_1$ : la distancia en el máximo acercamiento es mayor a 6378 Km

Estadísticamente sería más correcto plantear una distancia estadística entre -6378 y 6378 Km, pero al observar los resultados se verá que esto no será necesario. Continuando con los valores de la tabla se observa que el valor de  $t$  es de 231.8 aproximadamente. Solamente al observar este valor se asegura que la hipótesis nula se rechaza, lo que implica que la distancia a la que pasará el asteroide 2011 AG5 será mayor al radio ecuatorial de la Tierra. En realidad el resultado es abrumadoramente superior. Estadísticamente valores de  $t$  superiores a tres ya implican un moderado grado de seguridad de rechazo de la hipótesis nula, así que un valor de 231.8 no deja margen de duda.

Esto es apoyado por la significancia bilateral, que con tres valores decimales muestra que esta significancia es de  $p=0.000$ . Cabe aclarar que la hipótesis de investigación está planteada de la forma "mayor a" lo que representa una prueba estadística de una cola, por lo que la significancia estimada es la significancia bilateral dividida entre dos. Esto no afecta el resultado pues  $p=0.000/2=0.000$ .

Esto implica que la probabilidad de hallar un valor de prueba menor a 6378 Km es nula, lo cual ya se demostró en la sección precedente del análisis de resultados.

Por lo tanto, utilizando las pruebas estadísticas mostradas en esta sección, no cabe duda que la probabilidad de impacto entre la Tierra y el asteroide 2011 AG5 puede asumirse como nula.

La Tabla 5 muestra la estadística descriptiva de la distancia de los acercamientos en el 2040 entre la Tierra y 2011AG5, donde se muestra una media de 1,087,412.7 kilómetros con una desviación estándar de 46637.7 km.

La proyección de la media de la población con un intervalo de confianza del 95% indica que existe una certeza del 95% que el valor verdadero de la media se encuentra entre 1,078,158.7 y 1,096,666.6 kilómetros.

**Tabla 5.** Estadísticas descriptivas de la distancia mínima de acercamiento para cada una de las muestras

		Estadístico	Error estándar	
Distancia mínima	Media	1087412.6710	4663.77492	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1078158.7298	
		Límite superior	1096666.6122	
	Media recortada al 5%	1087018.3852		
	Mediana	1087138.6950		
	Varianza	2175079646.585		
	Desviación estándar	46637.74916		
	Mínimo	987720.54		
	Máximo	1211128.96		
	Rango	223408.42		
	Rango intercuartil	61183.58		
	Asimetría	.163	.241	
	Curtosis	-.261	.478	

La tabla 6 indica las fechas, las horas y las distancias de mayor acercamiento de los 100 escenarios propuestos. El acercamiento a menor distancia se da en el escenario 45, a apenas 987,720.54 kilómetros. El acercamiento a mayor distancia se da en el escenario 44, a 1,211,128.96 kilómetros.

**Tabla 6.** Estimación de la fecha, hora y distancia de los máximos acercamientos Tierra-2001AG5 para cada una de las 100 corridas realizadas

Escenario	Fecha	Hora	Km	Vrel (Km/seg)
1	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1070451.891	9.7832
2	04/02/2040	10:00:00 a.m.	1022501.68	9.7756
3	04/02/2040	08:35:00 a.m.	1096443.659	9.7873
4	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1060088.014	9.7816
5	04/02/2040	08:25:00 a.m.	1094234.222	9.7870
6	04/02/2040	09:05:00 a.m.	1071001.995	9.7832
7	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1058871.994	9.7814



8	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1076168.119	9.7841
9	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1129714.743	9.7928
10	04/02/2040	08:35:00 a.m.	1098068.53	9.7876
11	04/02/2040	09:10:00 a.m.	1058157.102	9.7813
12	04/02/2040	08:50:00 a.m.	1081073.757	9.7849
13	04/02/2040	08:15:00 a.m.	1105315.739	9.7889
14	04/02/2040	07:20:00 a.m.	1152550.619	9.7966
15	04/02/2040	08:35:00 a.m.	1093658.015	9.7869
16	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1066389.151	9.7826
17	04/02/2040	07:50:00 a.m.	1125395.553	9.7921
18	04/02/2040	08:50:00 a.m.	1079850.448	9.7847
19	04/02/2040	09:30:00 a.m.	1045421.635	9.7792
20	04/02/2040	08:25:00 a.m.	1107387.424	9.7891
21	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1081955.936	9.7850
22	04/02/2040	09:10:00 a.m.	1062020.339	9.7819
23	04/02/2040	08:25:00 a.m.	1104944.488	9.7887
24	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1056712.974	9.7811
25	04/02/2040	10:25:00 a.m.	992833.1805	9.7709
26	04/02/2040	08:05:00 a.m.	1108142.333	9.7893
27	04/02/2040	10:00:00 a.m.	997275.2723	9.7717
28	04/02/2040	09:10:00 a.m.	1057612.628	9.7811
29	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1138549.679	9.7942
30	04/02/2040	09:40:00 a.m.	1014299.143	9.7743
31	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1060771.255	9.7817
32	04/02/2040	07:15:00 a.m.	1175075.593	9.8003
33	04/02/2040	08:35:00 a.m.	1095353.686	9.7872
34	04/02/2040	08:50:00 a.m.	1065560.748	9.7824
35	04/02/2040	07:20:00 a.m.	1171468.173	9.7997
36	04/02/2040	08:15:00 a.m.	1103895.603	9.7886
37	04/02/2040	09:10:00 a.m.	1051584.276	9.7802
38	04/02/2040	07:10:00 a.m.	1152019.283	9.7965
39	04/02/2040	07:10:00 a.m.	1177320.73	9.8007

40	04/02/2040	08:35:00 a.m.	1091006.86	9.7865
41	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1080731.252	9.7849
42	04/02/2040	09:30:00 a.m.	1043108.145	9.7788
43	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1068222.224	9.7829
44	04/02/2040	06:35:00 a.m.	1211128.964	9.8064
45	04/02/2040	10:15:00 a.m.	987720.5394	9.7702
46	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1073994.997	9.7838
47	04/02/2040	09:30:00 a.m.	1030703.482	9.7769
48	04/02/2040	08:25:00 a.m.	1093219.438	9.7868
49	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1064352.991	9.7822
50	04/02/2040	08:50:00 a.m.	1082698.251	9.7852
51	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1130934.916	9.7930
52	04/02/2040	08:15:00 a.m.	1092074.665	9.7867
53	04/02/2040	09:30:00 a.m.	1042291.335	9.7787
54	04/02/2040	07:05:00 a.m.	1184596.754	9.8019
55	04/02/2040	08:05:00 a.m.	1122029.178	9.7915
56	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1126187.987	9.7922
57	04/02/2040	07:50:00 a.m.	1149371.189	9.7960
58	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1134265.283	9.7935
59	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1075692.02	9.7841
60	04/02/2040	09:10:00 a.m.	1053956.134	9.7806
61	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1076784.002	9.7842
62	04/02/2040	09:50:00 a.m.	1025087.569	9.7760
63	04/02/2040	08:05:00 a.m.	1127461.508	9.7924
64	04/02/2040	08:25:00 a.m.	1093281.558	9.7869
65	04/02/2040	08:05:00 a.m.	1102136.001	9.7883
66	04/02/2040	07:45:00 a.m.	1131042.199	9.7931
67	04/02/2040	10:00:00 a.m.	1005386.534	9.7729
68	04/02/2040	09:30:00 a.m.	1033617.049	9.7774
69	04/02/2040	09:20:00 a.m.	1046259.296	9.7793
70	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1129240.62	9.7927
71	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1060700.696	9.7817

72	04/02/2040	08:30:00 a.m.	1090620.645	9.7865
73	04/02/2040	07:20:00 a.m.	1168951.571	9.7993
74	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1119488.378	9.7911
75	04/02/2040	07:20:00 a.m.	1161082.375	9.7980
76	04/02/2040	08:15:00 a.m.	1093493.614	9.7869
77	04/02/2040	09:20:00 a.m.	1032268.331	9.7772
78	04/02/2040	09:20:00 a.m.	1039760.884	9.7783
79	04/02/2040	08:15:00 a.m.	1113385.487	9.7901
80	04/02/2040	08:25:00 a.m.	1105015.61	9.7887
81	04/02/2040	08:50:00 a.m.	1067588.837	9.7828
82	04/02/2040	07:10:00 a.m.	1153363.38	9.7968
83	04/02/2040	08:15:00 a.m.	1117264.187	9.7907
84	04/02/2040	08:35:00 a.m.	1099563.859	9.7879
85	04/02/2040	08:05:00 a.m.	1113757.918	9.7902
86	04/02/2040	09:50:00 a.m.	1027258.514	9.7763
87	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1083656.745	9.7853
88	04/02/2040	09:30:00 a.m.	1029086.244	9.7767
89	04/02/2040	09:20:00 a.m.	1039289.007	9.7782
90	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1070865.069	9.7833
91	04/02/2040	09:10:00 a.m.	1039365.503	9.7783
92	04/02/2040	09:40:00 a.m.	1011875.474	9.7740
93	04/02/2040	07:45:00 a.m.	1137341.854	9.7941
94	04/02/2040	09:00:00 a.m.	1069714.852	9.7831
95	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1111857.537	9.7899
96	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1105330.372	9.7889
97	04/02/2040	08:15:00 a.m.	1101866.449	9.7883
98	04/02/2040	07:20:00 a.m.	1167456.862	9.7990
99	04/02/2040	10:00:00 a.m.	1006806.69	9.7731
100	04/02/2040	07:55:00 a.m.	1134467.606	9.7935
<b>Promedio</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Km</b>	<b>Vrel (Km/seg)</b>
	04/02/2040	08:37:24 a.m.	1087412.671	9.7860

Precisamente, al ser el escenario 45 el de mayor acercamiento, se aprovecha para hacer el análisis de la velocidad de escape. El máximo acercamiento se da a una distancia de 987,720.54 km y la velocidad relativa entre los cuerpos es de 9.7702 km/seg. A esta distancia lejana, de casi un millón de kilómetros, la velocidad de escape deberá ser relativamente baja (recordar que la velocidad de escape sobre la superficie de la Tierra es de 11.2 km/seg) y efectivamente, esta velocidad de escape es de sólo 0.8979 km/seg, mucho menor a la velocidad relativa entre ambos cuerpos. Por lo tanto, 2011AG5 no será atrapado por la gravedad terrestre.

Como dato adicional vale despejar de la ecuación de la velocidad de escape, la distancia a la cual, con una velocidad relativa de 9.7702 km/seg, el cuerpo podría ser atraído por la Tierra. Despejando de la ecuación se obtiene:

$$r = \frac{2GM}{V_e^2}$$

Si la velocidad de escape se iguala a la velocidad relativa entre ambos cuerpos se obtiene una distancia de 8343.03 km. A una distancia menor, la velocidad de escape será mayor a la velocidad relativa por lo que el cuerpo será atraído por la fuerza gravitacional de la Tierra. Nótese que la distancia es medida desde el centro de la Tierra, por lo que esta distancia correspondería a cerca de 2000 kilómetros sobre la superficie de nuestro planeta.

## CONCLUSIONES

Se ha modelado el movimiento orbital del objeto NEA 2011AG5 para un período aproximado de 28 años, que abarca desde el año 2012 hasta el año 2040. Este seguimiento se ha dado en virtud de los cálculos iniciales que brindaban una probabilidad relativamente alta de impacto contra la Tierra para el año 2040. Los parámetros orbitales del 18 de abril de 2013 muestran la probabilidad de impacto en la práctica es cero (por la precisión del programa utilizado se sabe que este valor de probabilidad es mucho menor a  $10^{-308}$ ). Este escenario muestra una distancia estimada de 1,087,412 Km con una desviación estándar de 46,637 Km, en un acercamiento probable calculado para el 4 de febrero de 2040 a las 8h37m, con una desviación estándar de 48m04s. La probabilidad de impacto se concluye nula.

Finalmente, a modo de confirmación, se ha estimado que la distancia a la cual tendría que pasar 2011AG5 para ser atraído por la fuerza gravitacional de la Tierra a una velocidad relativa de 9.77 km/seg, será de 8343.03 km, o sea apenas cerca de 2000 km sobre la superficie terrestre.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chodas, P. (2016). *Near Earth Object Program*. Obtenido de <http://neo.jpl.nasa.gov/stats/>
- Chodas, P. (2016). *Near Earth Object Program*. Obtenido de <http://neo.jpl.nasa.gov/neo/groups.html>
- Chodas, P. (2016). *Near Earth Object Program*. Obtenido de Impact Risk: <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/removed.html>
- Chodas, P. (2016). *Sentry Risk Table*. Obtenido de <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>
- Chodas, P. (2016). *The Palermo Technical Impact Hazard Scale*. Obtenido de <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/doc/palermo.html>
- Fernández, J., Gallardo, T., & Brunini, A. (2002). *Icarus*, 358.
- Lissauer, J. (2013). *Fundamental Planetary Science*. Cambridge University Press.
- Navarro, J. J., Catalá Poch, M. A., & Núñez de Murga, J. (2007). *Astronomía Esférica y Mecánica Celeste*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Park, R. (2015). *JPL Small-Body Database Browser*. Obtenido de <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=2011%20AG5&orb=1>
- Rubin, A. E., & Grossman, J. N. (2010). Meteorite and meteoroid: New comprehensive definitions. *Meteoritics & Planetary Science*, 114-122.
- Seeds, M. (2008). *Foundations of Astronomy*. Franklin and Marshall College.

# CIENCIA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

# *Identificación de riesgos por desastres naturales en las cuencas hidrográficas Matasnillo (Panamá) y Goascorán (Honduras), y su relación con el cambio climático utilizando Tecnologías de Información Geográfica*

Eduardo L. Moreno Segura,  
Claudia N. Mondragón Rivera,  
José D. Cáceres Coello,  
Antonio B. Carias Arias

## **Resumen**

Honduras y Panamá están caracterizados por precipitaciones intensas y de larga duración, tormentas, fuertes descargas eléctricas, inundaciones, incendios de masas vegetales, trompas marinas, tsunamis, episodios de la presencia de El Niño, La Niña y de derrames de sustancias peligrosas. El presente trabajo se desarrolla en el marco del Programa Universitario para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica (PRIDCA) coordinado por el Consejo Superior Universitario Centroamericano y financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación -COSUDE-, y donde la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y la Universidad Marítima Internacional de Panamá a través de un proyecto interuniversitario han decidido desde una perspectiva de investigación científica y tecnológica, establecer estrategias y acciones para la reducción de riesgos de desastres naturales en las cuencas hidrográficas de los Ríos Matasnillo, Golfo de Panamá, y la cuenca del Río Goascorán, Golfo de Fonseca, Honduras; y la relación del cambio climático que además comprenda un eje transversal de involucramiento y apropiación del proceso por parte de los actores claves en las zonas de estudio, mediante el desarrollo de una metodología que facilite la identificación, el análisis y la clasificación de riesgos producto de la identificación de amenazas y vulnerabilidades en el área de las cuencas seleccionadas a través de la aplicación de tecnologías de Información

Geográfica, elaborando además propuestas y recomendaciones para minimizar riesgos identificados como altos en base a profundidad de la amenaza.

**Palabras Clave:** Tecnologías de Información Geográfica, riesgos, desastres, amenazas, cambio climático, cuenca.

## Abstract

Honduras and Panama are characterized by intense and long-lasting rainfall, storms, severe electrical shock, floods, wildfires, marine tubes, tsunamis, episodes of the presence of El Niño, La Niña and spills of hazardous substances. On the other hand, Global climate change model indicate that both countries are subject to severe changes, such as increased temperature, drought, more intense precipitation, more frequent storms and rising average sea level. This work is carried out under the University Program for Comprehensive Disaster Risk Management and Adaptation to Climate Change in Central America (PRIDCA) coordinated by the Central American University Council (CSUCA) and funded by the Swiss Agency for Development and Cooperation (COSUDE)- and where the National Autonomous University of Honduras and the International Maritime University of Panama, through an inter-university project decided, from the perspective of scientific and technological research, to develop strategies and actions to reduce risks of natural disasters in watersheds Rivers Matasnillo, Gulf of Panama, and the Goascorán River basin, Gulf of Fonseca, Honduras; and the relationship of climate change further comprising a transverse axis of involvement and ownership of the process by the key players in the study areas, through the development of a methodology that enables the identification, analysis and classification of risk products identifying threats and vulnerabilities in the basins selected through the application of GIS technologies, as well as developing proposals and recommendations to minimize risks identified based on depth threat.

**Keywords:** Geographic Information Technologies, risks, disasters, threats, climate change, basin.

---

**Eduardo L. Moreno Segura**, (eddmorse7@gmail.com,) **Claudia N. Mondragón Rivera**, (cn.mondragonrivera@gmail.com), **José D. Cáceres Coello**, (josedavid.caceres@gmail.com,) **Antonio B. Carías Arias**, (antoniocarias@gmail.com). Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.



## INTRODUCCIÓN

El propósito del proyecto parte del enfoque a la gestión del riesgo, este tiene una amplitud de orden político y técnico social dirigida a la reducción del riesgo. Estas acciones encaminan a las municipalidades a la generación de legislaciones normativas para la preparación ante catástrofes.

El enfoque busca la reflexión de la sociedad local para maximizar la colaboración a nivel de gobiernos locales y que lleguen a tomar decisiones correctas para reducir el riesgo y su posterior efecto al ocurrir el desastre actuando así de mejor manera ante una inundación, incendio forestal, deslizamientos, terremotos y sequía.

Este proyecto pretende brindar la línea base y herramientas básicas prácticas para hacer que la reducción del riesgo sea un éxito a nivel de gobiernos locales y ha contribuido mediante el desarrollo de una metodología que posibilite el análisis y la clasificación de riesgos producto de la identificación de posibles amenazas y nivel de vulnerabilidad en las áreas de estudio (cuenca hidrográfica marino costera del Río Goascorán, Golfo de Fonseca Honduras, y cuenca hidrográfica marino costera del Río Matasnillo, Golfo de Panamá) todo esto mediante el uso de la *tecnologías de Información Geográfica*, elaborando además propuestas, recomendaciones y transferencias de capacidades a los beneficiarios del proyecto para minimizar riesgos identificados como altos.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada consistió en un recorrido por todos los municipios de influencia del proyecto para establecer una fase de socialización sobre los estudios a realizar, los beneficios que los resultados del proyecto traerían a la comunidad al contar con un documento y herramientas que les permita conocer e identificar los riesgos climáticos a los cuales se enfrentan y utilizar las estrategias para mitigar y adaptarse al impacto del cambio climático; finalmente se desarrollaron talleres técnicos con los involucrados de cada municipalidad y actores claves en ambos países, los cuales brindaron información pertinente a la dinámica de afectación en el territorio, al mismo tiempo se elaboraron los principales mapas de amenazas que sirvieron como base fundamental en la construcción de la base de datos digital de riesgos en el territorio.

El proyecto de investigación fue planteado para realizarse en 6 fases metodológicas, mismas a desarrollarse a lo largo de 12 meses.

**Fase I Preparación Preliminar**, esta fase consiste en la preparación del equipo de trabajo y primer acercamiento formal a la zona de estudio.

**Fase II Diagnóstico Situacional**, en esta fase de desarrollaran los diagnósticos situacionales necesarios para establecer cuál es la situación actual en las cuencas hidrográficas, identificar la problemática y las oportunidades existentes, con el fin de delimitar las zonas específicas para aplicar los estudios posteriores.

**Fase III Identificación de Amenazas**, en esta fase metodológica se procederá a la identificación de las principales amenazas de la cuenca tomando como base las zonas específicas a estudiar dentro de las cuencas hidrográficas.

**Fase IV Identificación de Vulnerabilidades**, una vez identificadas las amenazas, en esta fase se procederá a identificar las vulnerabilidades territoriales existentes en las cuencas hidrográficas tomando como base las actividades humanas e infraestructuras tales como: ciudades, vías de comunicación, infraestructura de salud y educación, infraestructura económica, actividades económicas, áreas protegidas, densidad poblacional.

**Fase V Identificación de Riesgos**, teniendo como base las amenazas y las vulnerabilidades se procederá a la identificación de riesgos, que se resumen en la siguiente ecuación:  $\text{Riesgos} = \text{amenazas} * \text{vulnerabilidad}$ .

**Fase VI Propuestas y Recomendaciones**, en esta fase se propondrán recomendaciones y propuestas para minimizar aquellos riesgos identificados como medios y altos en las cuencas hidrográficas, con el fin de no contar únicamente con un inventario de riesgos si no de proponer una solución integral a los riesgos identificados.

Existen además 3 fases metodológicas transversales de vital importancia para el desarrollo del proyecto:

- *Fase transversal de cooperación interuniversitaria.*
- *Fase transversal de participación ciudadana.*
- *Fase transversal de transferencia de capacidades locales.* Ver Figura 1.

## Proceso metodológico de la investigación.

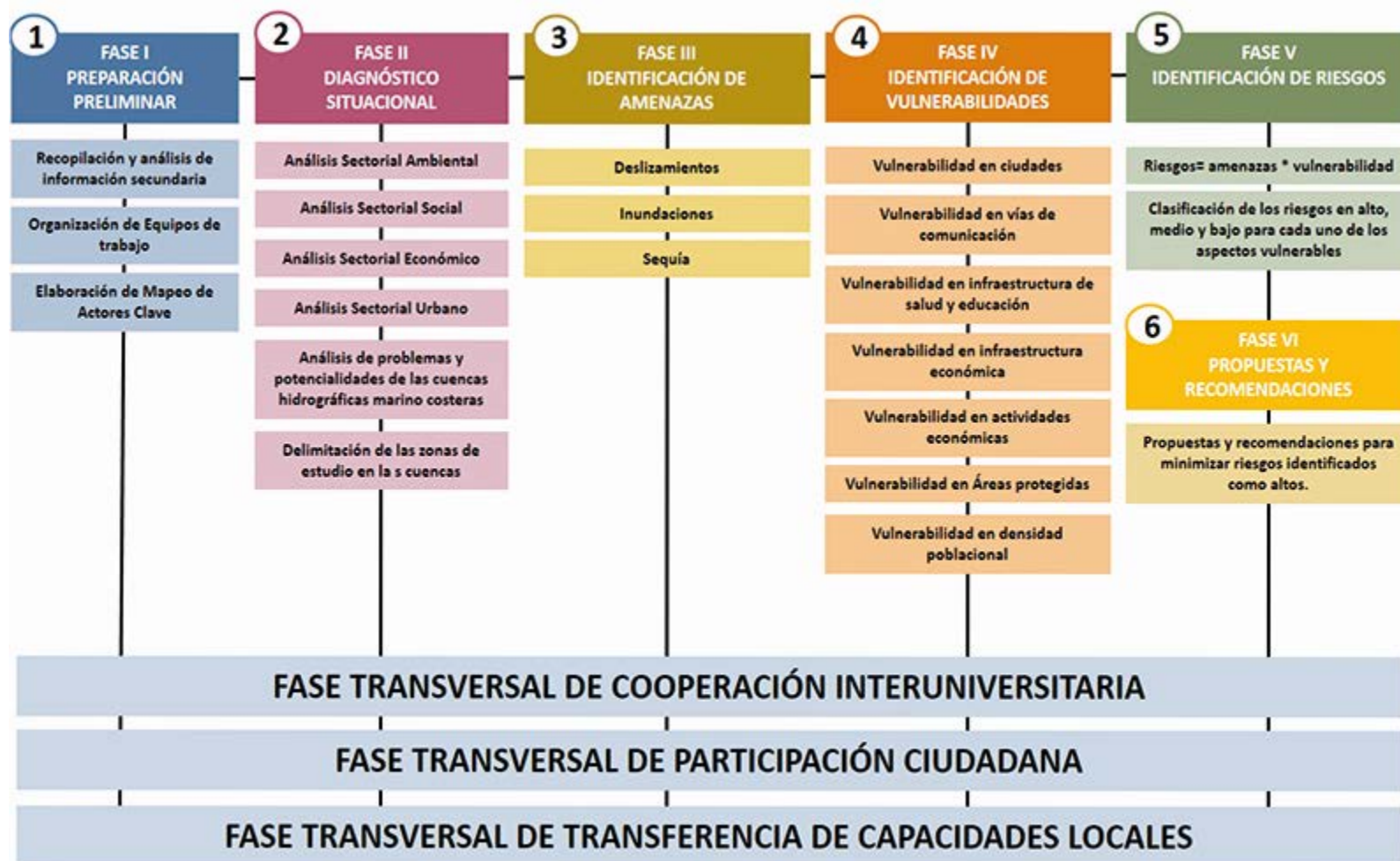


Figura 1. Proceso Metodológico de la Investigación.

## Variables y su Operacionalización:

Considerando que el propósito de investigación del proyecto es Desarrollar una metodología que posibilite la identificación, el análisis y la clasificación de riesgos producto de la identificación de amenazas y vulnerabilidades en el área de la cuenca hidrográfica mediante el uso de la tecnologías de Información Geográfica, Las variables a investigar fueron: **Inundación, Sismos, Deslizamientos, Sequía y Propensión a Incendios.**

En la Tabla 1 Operacionalización y operacionalizan las variables se definen estos detalles.

**Tabla 1.** Operacionalización y conceptualización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
<b>Inundacion</b>	La amenaza por inundación se da en función de la probabilidad de ocurrencia del evento y su intensidad, ésta se puede definir en función de la profundidad y velocidad del agua, así como en la duración de las inundaciones.	La identificación de las amenazas a inundación de los municipios que intervienen en la Cuenca del Río Goascoran se desarrolla mediante el abordaje de dos diferentes procedimientos: Talleres comunitarios y Análisis de planicies de inundación mediante procedimientos geomorfológicos.
<b>Sismos</b>	Nivel probable de movimiento de la tierra asociado a la recurrencia a un terremoto.	Para identificar el riesgo asociado a los terremotos recurrentes se calculó un mapa global al peligro de sismos producido por el Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP).
<b>Deslizamientos</b>	Es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud.	Se aplicó mediante la combinación de varios factores y parámetros, los cuales se obtienen de la observación y medición de indicadores morfodinámicos y su distribución espacio-temporal. La combinación de los factores y parámetros se realiza considerando que los deslizamientos ocurren cuando en una ladera, compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y con cierta pendiente, se alcanza un grado de susceptibilidad (elementos pasivos).
<b>Sequia</b>	Involucra algún tipo de disminución en algún periodo de tiempo y este se analiza únicamente con precipitación.	El ISSP (Índice de Sequia de Palmer) es un procedimiento que se calibra para regiones homogéneas, es un indicador meteorológico y responde a condiciones climáticas que han sido anormalmente secas o anormalmente húmedas, basándose en la oferta y demanda del balance hídrico.
<b>Propensión a Incendios</b>	Se define como el fuego que se extiende sin control en terrenos forestal afectando a combustibles vegetales	Se consideraron tres aspectos fundamentales para ser incluidos al modelo de propensión de incendios, la cual pretende establecer el nivel de propensión (o ser sujeto de presencia de incendios) en base a factores de acceso y las diferentes categorías de cobertura del suelo, considerando sus factores inherentes de la relativa facilidad de ser afectado por incendios de acuerdo a la naturaleza de los materiales predominantes u la facilidad de los mismos de ignición.

## RESULTADOS

### Universo, Población y Muestra:

Esta investigación se constituye como una investigación de campo aplicada, abordada mediante un proceso formal. La naturaleza de los datos a utilizar es de metodología cuantitativa (áreas específicas afectadas en cada municipio) y de metodología cualitativa (encuestas de opinión y de percepción).

Esta es una investigación orientada a decisiones ya que no se centra en hacer aportes teóricos, más bien su objetivo primordial es buscar soluciones a los problemas encontrados.

El tamaño de la población beneficiada es 84,809 hombres y 95,400 mujeres distribuidos en 5 municipios en Honduras y 3 Corregimientos en Panamá, de estos la muestra para obtener la información cualitativa fue de aproximadamente 200 mediante el desarrollo de talleres participativos tanto en Honduras como en Panamá.

### PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS (estimación de las áreas específicas afectadas en cada municipio)

Para la estimación de las áreas específicas afectadas en cada municipio se modelaron, mediante la aplicación de tecnologías de la información geográfica, diferentes amenazas de origen natural en el área de estudio. Las amenazas son las posibles tragedias a las que se está expuesto y que nos pueden causar un daño con cierta intensidad en el futuro, basado en un antecedente que es repetido en ciclos durante varios años y tienen alta probabilidad de materializarse inesperadamente.

En este proyecto de investigación se analizaron las amenazas de incendios forestales, sequia meteorológica, deslizamientos, sismos e inundaciones mediante un proceso técnico científico y otro mediante talleres comunitarios los cuales validaban el resultado preliminar en escritorio con los modelamientos de las diferentes amenazas.

El resultado de todo este proceso de investigación fue la elaboración de mapas claves para la planificación territorial e insumo importante para la evaluación del riesgo futuro.

Para la estimación de índice de sequía es importante definir que existen tres tipos de sequía:

- Meteorológica: La que involucra algún tipo de disminución en algún periodo de tiempo y este se analiza únicamente con precipitación.
- Hidrológica: esta se refiere a la reducción de los recursos acuáticos en algún periodo de tiempo.
- Agrícola: que es el impacto de las dos anteriores en las actividades humanas.

La identificación de la intensidad de la sequía es importante para la prevención en la planificación agrícola de la zona de un país, es por ello que partiendo de un trabajo de depuración y consolidación de la base de datos de las estaciones climatológicas de la zona sur se procedió a calcular el índice de Sequia de Palmer. No se obtuvieron datos climáticos de Panamá.

El ISSP (Índice de Sequia de Palmer) es un procedimiento que se calibra para regiones homogéneas, es un indicador meteorológico y responde a condiciones climáticas que han sido anormalmente secas o anormalmente húmedas, basándose en la oferta y demanda del balance hídrico (Ver Figura 2).

En el balance hidrológico se estima la evapotranspiración potencial (ETP), la recarga (R), el escurrimiento (Ro), pérdida de humedad de suelo (L) y los potenciales valores. Se determinaron los siguientes coeficientes:  $\alpha$  o Coeficiente de Evapotranspiración (ET / PE),  $\beta$  o Coeficiente de Recarga (R / PR),  $\gamma$  o Coeficiente de Escurrimiento (RO / PRO),  $\delta$  o Coeficiente de Pérdidas (L / PL). Utilizando estos coeficientes se determinó la cantidad de humedad climática o normal para cada mes de acuerdo a esta ecuación:

$$\hat{P} = E\hat{t} + \hat{R} + R\hat{o} + \hat{L}$$

La diferencia entre la precipitación actual y la precipitación necesaria para mantener el promedio de humedad climática o normal Palmer la define como apartamiento de humedad (d).

$$d = p - \hat{p}$$

Durante los períodos húmedos estos apartamientos son positivos y durante los secos son negativos. Además obtuvo un índice de anomalías de humedad (z)

multiplicando los valores d por una constante k determinada para cada lugar y para cada período ( $z = d.k$ ).

Se estimó como la relación demanda-suministro de humedad y la representó según:

$$k = \overline{ETP} + \overline{R} / \overline{P} + \overline{L}$$

Los rangos de periodos húmedos y secos según Palmer se detallan en la Tabla 2.

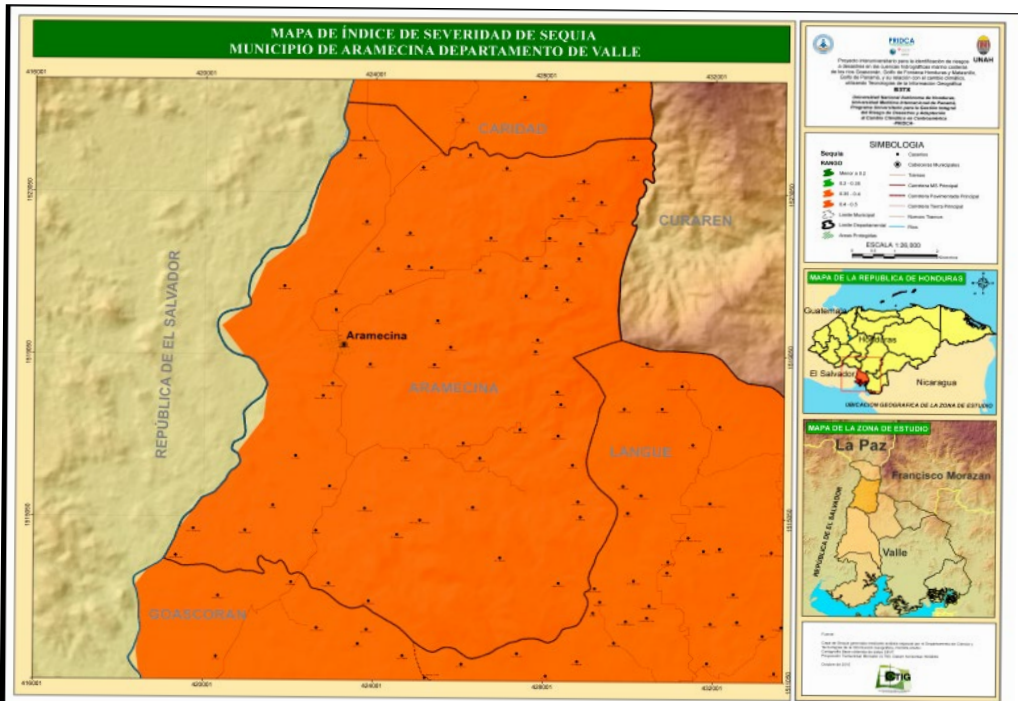


Figura 2. Mapa de Índice de Severidad de Sequía. Municipio de Aramecina, Departamento de Valle.

**Tabla 2.** Rangos de periodos húmedos y secos según Palmer (1965)

X	Clases
> 4,0	Humedad extrema
3,0 a 3,9	Humedad severa
2,0 a 2,9	Humedad moderada
1,0 a 1,9	Ligeramente húmedo
0,5 a 0,9	Humedad incipiente
-0,4 a 0,4	Normal
-0,5 a -0,9	Sequia incipiente
-1,0 a -1,9	Sequia reducida
-2,0 a -2,9	Sequia moderada
-3,0 a -3,9	Sequia severa
< -4,0	Sequia extrema

Las inundaciones provocan enormes daños entre los que se encuentran pérdidas en las vidas humanas, en la economía, en el sector agrícola y productivo, así como al sector infraestructura como en vivienda y transporte.

La amenaza por inundación se da en función de la probabilidad de ocurrencia del evento y su intensidad y duración, ésta se puede definir en función de la profundidad y velocidad del agua, así como en la duración de las inundaciones.

Honduras cuenta con un mapa nacional de susceptibilidad a inundaciones, elaborado por el Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Este análisis fue realizado tomando en cuenta factores como la geomorfología y la topografía; definiendo a través de la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), las zonas susceptibles a inundaciones.

La identificación de las amenazas a inundación de los municipios que intervienen en la Cuenca del Río Goascoran y los corregimientos de la cuenca del Río Matasnillo (Ver Figuras 3 y 4.), se desarrolla mediante el abordaje de dos diferentes procedimientos: Talleres comunitarios.

- Análisis de planicies de inundación mediante procedimientos geomorfológicos.

Para el desarrollo del primer ítem, se desarrollaron una serie importantes de talleres en los cuales representantes de diferentes comunidades, quienes se



servieron de los mapas provistos, sobre los cuales delimitaron las zonas afectadas por los fenómenos naturales de mayor incidencia en el municipio. Este principio participativo sirvió para el desarrollo de los mapas de memoria comunitaria de afectación de los principales fenómenos naturales que de manera recurrente han afectado a los municipios de la zona de estudio.

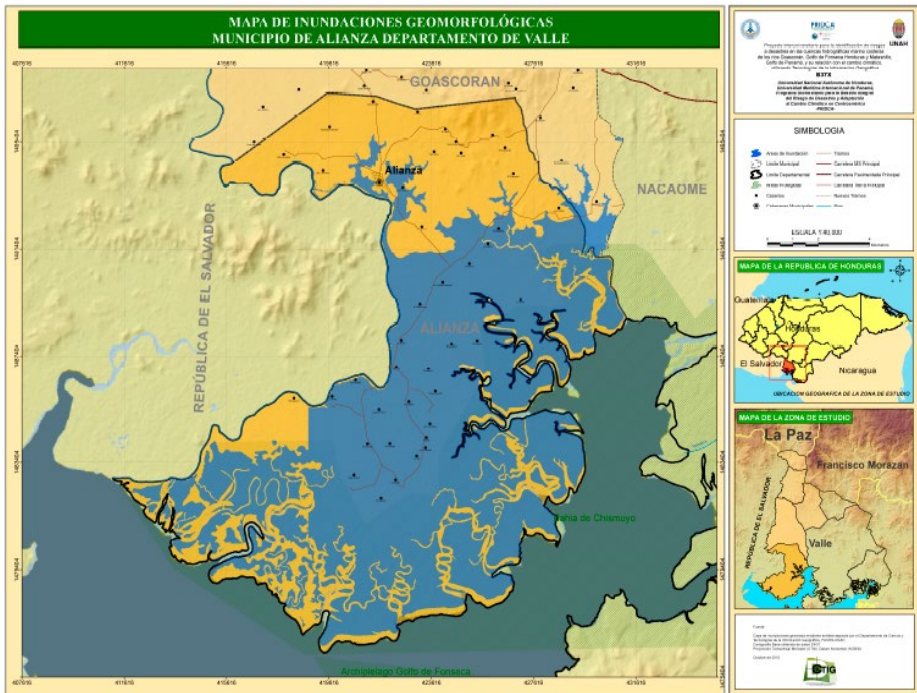


Figura 3. Mapa de Inundaciones Geomorfológicas. Municipio de Alianza, Departamento de Valle.

En Panamá se aplicó la misma metodología para construir el mapa de Amenaza por Mareas y Marejadas.

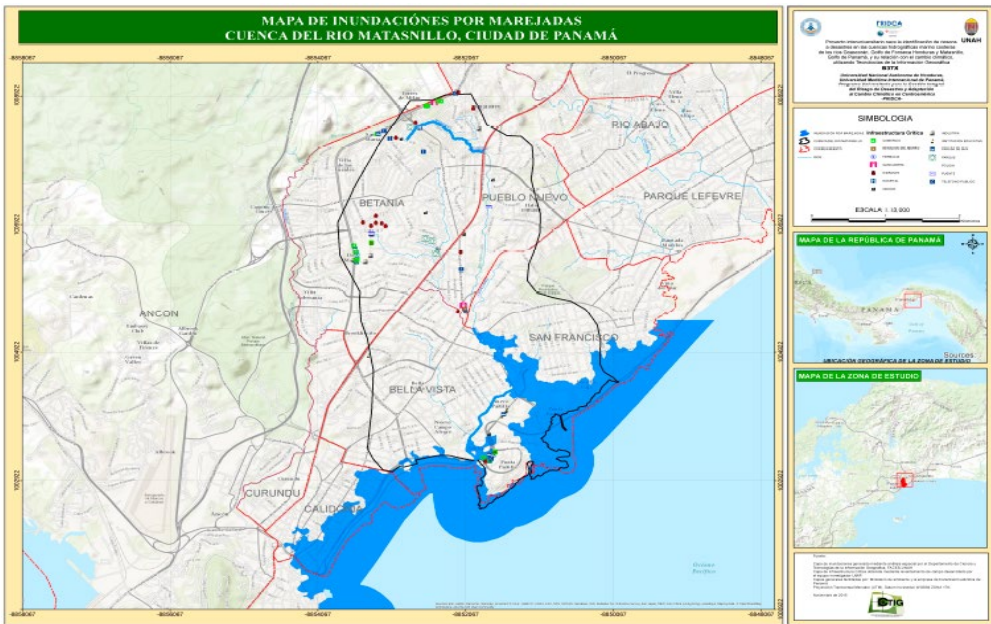


Figura 4. Mapa de Inundaciones por Marejadas. Cuenca del Río Matasnillo, Ciudad de Panamá.

Para la generación del Mapa de Propensión a Incendios Forestales (ver Figuras 5 y 6.), se consideraron tres aspectos fundamentales para ser incluidos al modelo de propensión de incendios, la cual pretende establecer el nivel de propensión (o ser sujeto de presencia de incendios) en base a factores de acceso y las diferentes categorías de cobertura del suelo, considerando sus factores inherentes de la relativa facilidad de ser afectado por incendios de acuerdo a la naturaleza de los materiales predominantes u la facilidad de los mismos de ignición. Bajo este concepto, una categoría de matorrales presenta un nivel de susceptibilidad o propensión a incendios Alta, la cual puede llegar a ser mayor si se encuentra en una zona de accesibilidad alta, lo que significa que dicha categoría de cobertura de suelo estaría con una propensión de incendio Muy Alta, por el mayor nivel de exposición a tráfico de personas, lo que aumenta las probabilidades de incendio. Bajo un mismo concepto de espera que un Bosque Latifoliado con un nivel de acceso Difícil, su nivel de Propensión sea Bajo, comparativamente.

De manera general, para el desarrollo de este mapa se consideraron los siguientes factores:

- Cobertura del Suelo
- Red Vial
- Pendientes
- Puntos de Calor MODIS

Para efecto de relacionar las categorías de Cobertura del Suelo con los niveles de accesibilidad, de manera general se consideró la Tabla 3 matriz de evaluación en la cual se establecen tres categorías de propensión: Alta (3), Media (2) y Baja (1):

**Tabla 3.** Matriz de Evaluación

Capa de Entrada	Ponderación	Definición	Escala
Mapa Forestal y Cobertura del Suelo 2014	50%	Bosque Latifoliado Seco	2
		Bosque Mixto	2
		Pino Denso	2
		Pino Ralo	2
		Mangle Alto	1
		Mangle Bajo	1
		Vegetación Secundaria Seca	3
		Agricultura Tecnificada	3
		Pastos y/o Cultivos	3
		Otros cuerpos de Agua	1
		Zonas Urbanizadas discontinuas	3
		Suelos Desnudos Continentales	3
		Áreas Húmedas Continentales	1
		Camaroneras y Salineras	1
Arboles Dispersos	1		
Red Vial	15%	Afirmado sólido, dos o más vías	3
		Revestimiento suelto o ligero, dos o más vías	3
		Revestimiento suelto o ligero, una vía	2
		Revestimiento suelto, transitable solo en verano	2
		Sendero o vereda	1
		Vereda de rodada	1
Pendientes	15%	0 – 10 %	3
		10 – 30 %	2
		> 30%	1
Densidad Puntos de Calor MODIS	20%		
TOTAL	100%		

Bajo este concepto, las categorías tales como Matorrales, Pastizales y Sabanas, Agricultura Migratoria (entre otras) poseen una propensión Alta, la cual al combinarse con un nivel de accesibilidad alta, incrementa sustancialmente las probabilidades de convertirse en zonas de Propensión Alta a incendios.

Estos modelos pretenden definir el nivel de exposición incendios basados en aspectos de acceso y categorías de cobertura del suelo, la cual se estima basado en el Mapa Forestal y de Cobertura del Suelo 2014 elaborado por el Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre para los municipios evaluados.. En el caso de Panamá se utilizó la capa de Uso de la Tierra y Red Vial proporcionadas por la UMIP.

Finalmente se obtiene el mapa de propensión de incendios, en el cual se puede apreciar que aquellas categorías de cobertura del suelo que están próximas a las zonas de influencia de las principales vías de acceso, exhiben un mayor nivel de propensión a incendios, mientras que categorías de uso de suelo correspondientes a Bosques con niveles de acceso difícil, presentan un nivel de propensión Bajo.

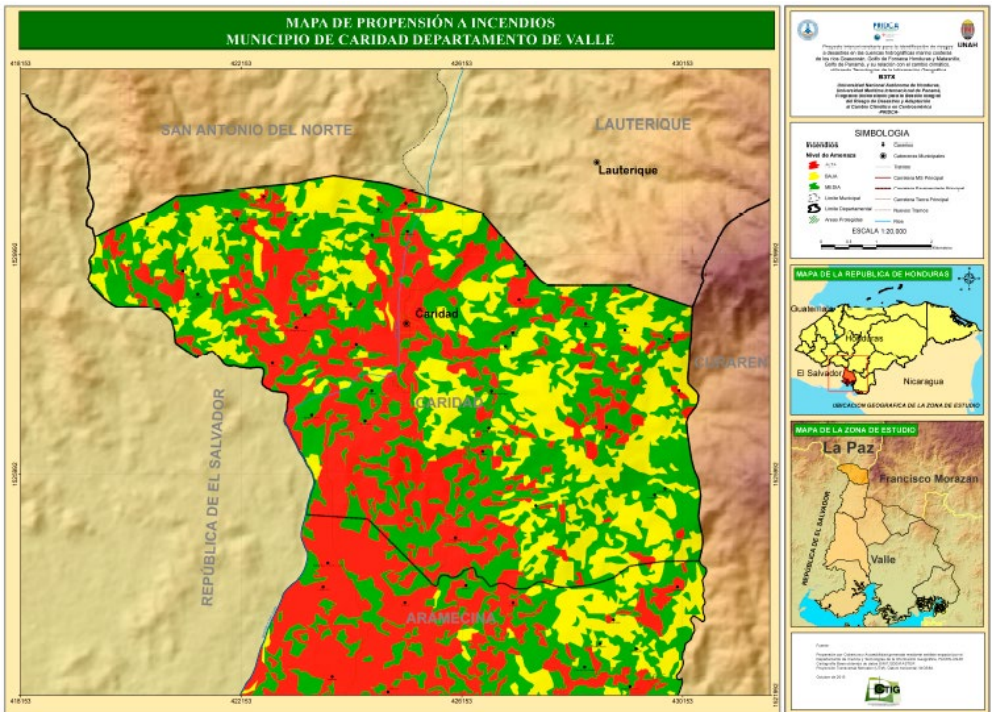


Figura 5. Mapa de Propensión a Incendios. Municipio de Caridad, Departamento de Valle.

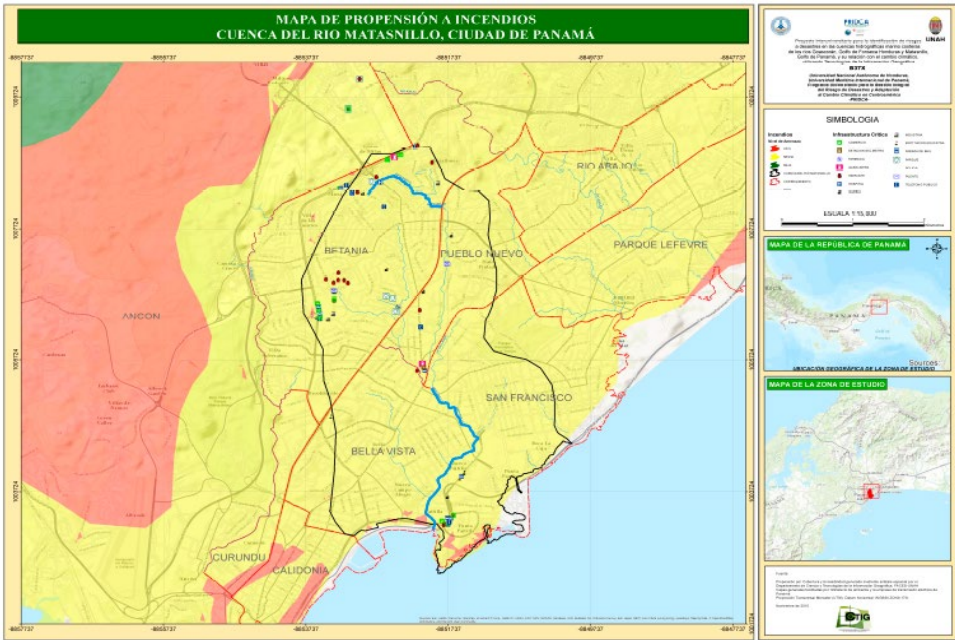


Figura 6. Mapa de Propensión a Incendios. Cuenca del Río Matasnillo, Ciudad de Panamá.

El peligro a sismos es definido como el nivel probable de movimiento de la tierra asociado a la recurrencia a un terremoto (ver Figuras 7 y 8.).

Con el sentido de mitigar el riesgo asociado a los terremotos recurrentes se calculó un mapa global al peligro de sismos producido por el *Global Seismic Hazard Assesment Program (GSHAP)*.

La estrategia del GSHAP es minimizar las pérdidas de vidas humanas, perdida de viviendas y problemas económicos y sociales debido a la presencia del sismo.

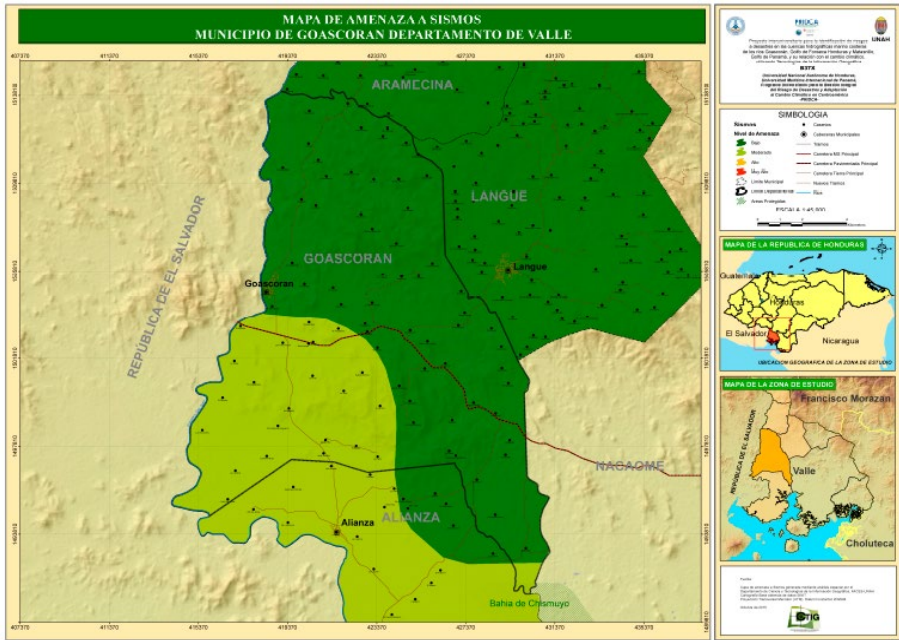


Figura 7. Mapa de Amenaza a Sismos. Municipio de Goascorán, Departamento de Valle.

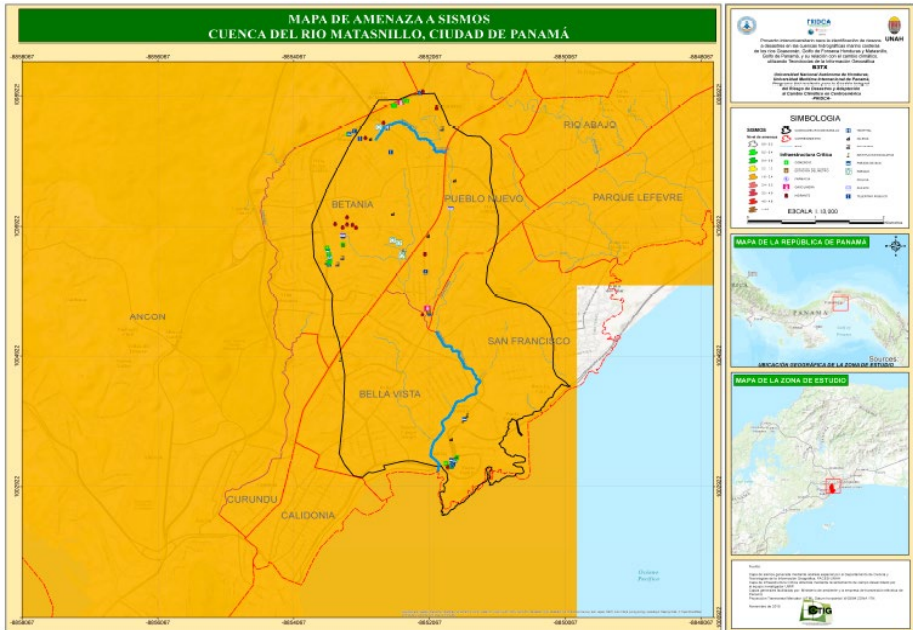


Figura 8. Mapa de Amenaza a Sismos. Cuenca del Río Matasnillo, Ciudad de Panamá

Para la modelación de Amenaza a Deslizamientos se utilizó el método Mora & Vahrson (ver Figura 9.).

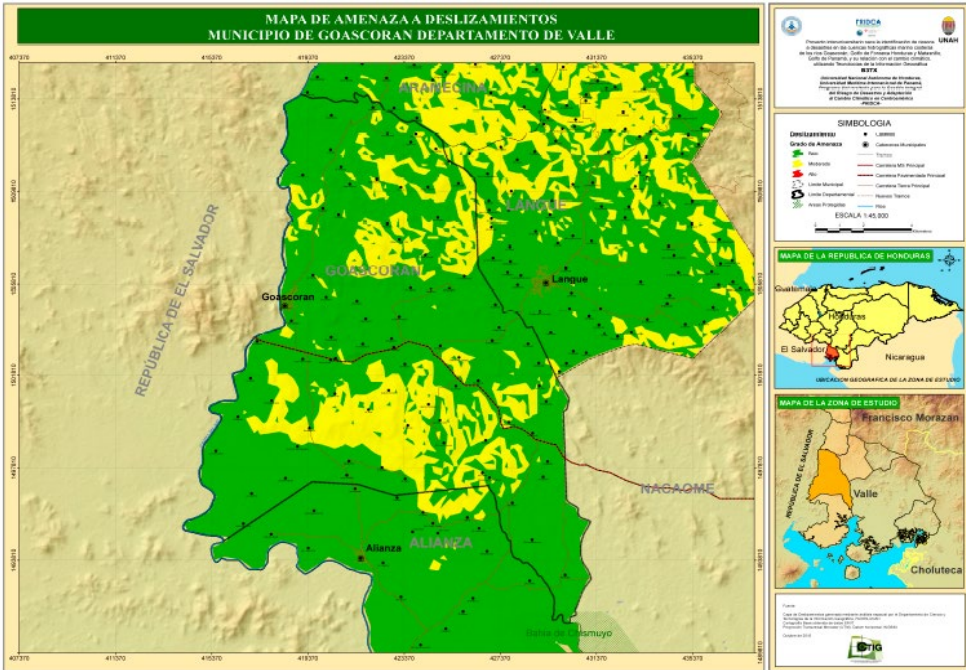


Figura 9. Mapa de Amenaza a Deslizamientos. Municipio de Goascorán, Departamento de Valle.

Este método es elaborado en Costa Rica, por Mora y Wilhelm-Guenther Vahrson, constituye una importante referencia para clasificar la amenaza por deslizamientos, o lo que se denomina “movimientos de remoción en masa”, y ha sido ampliamente utilizado, principalmente en Centroamérica. Sin embargo, éste sólo va a constituir una referencia para los modelos de susceptibilidad y amenaza, en la escala de valores que proponen, ya que ofrece una clasificación que va del 1 al 5, utilizando calificativos que van desde el nivel de susceptibilidad muy baja, baja, moderada, alta y muy alta (Segura, Badilla, & Obando, 2011).

Se aplica mediante la combinación de varios factores y parámetros, los cuales se obtienen de la observación y medición de indicadores morfodinámicos y su distribución espacio-temporal. La combinación de los factores y parámetros se realiza considerando que los deslizamientos ocurren cuando en una ladera, compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y con cierta



pendiente, se alcanza un grado de susceptibilidad (elementos pasivos). Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como son la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos), actúan como factores de disparo que perturban el equilibrio, la mayoría de las veces precario, que se mantiene en la ladera.

Es así como se considera que el grado de amenaza al deslizamiento es el producto de los elementos pasivos y de la acción de los factores de disparo, de acuerdo con la siguiente fórmula:

- Factores intrínsecos (Susceptibilidad)
- Relieve relativo (Sr)
- Litología (Sl)
- Humedad del Suelo (Sh)
- Factores externos (Disparo)
- Actividad Sísmica (Ts)
- Precipitación (Tp)

Nivel de Amenaza relativa

- $H = \text{SUSC} * \text{DISP}$
- $H = (\text{SL} * \text{SH} * \text{SR}) * (\text{Ts} + \text{Tp})$

Donde:

- SL: valor del parámetro de susceptibilidad litológica,
- SH: valor del parámetro de humedad del terreno,
- SR: valor del parámetro del relieve
- Ts: valor del parámetro de disparo sísmológico y
- Tp: valor del parámetro de disparo por lluvia

## Factores

### Factor topográfico (Sr)

Para el área de estudio se trabajará con un modelo de elevación digital de 90 metros de píxel, del cual se derivará la información topográfica, de esta forma para el método Mora-Vahrsen se pueden utilizar tanto la pendiente del terreno como el relieve relativo.

### Pendiente

La pendiente identifica la máxima inclinación de una localización sobre una superficie. Sobre el modelo de elevación del terreno la pendiente se calcula como la máxima tasa de cambio de la elevación sobre cada celda y sus ocho vecinos más próximos.

En SIG el cálculo de la pendiente corresponde a la primera derivada aplicada a un modelo numérico digital del terreno (MNT), así a partir de la superficie o MNT de entrada en m.s.n.m se calcula una archivo de salida que contiene la pendiente para cada celda; los valores más bajos corresponde a terrenos más planos, los valores más altos a terrenos con pendientes más fuertes.

Cuando el ángulo de la pendiente es 45 grados, la altura de escalada vertical es igual al desplazamiento horizontal. Expresado como porcentaje, la pendiente de este ángulo es 100%. Mientras que cuando la pendiente se acerca a la vertical (90 grados), la pendiente del porcentaje tiende a infinito.

En la Tabla 4 se muestra el calificativo de las pendientes que recomienda la metodología.

**Tabla 4.** Calificativo del factor de pendientes

Pendiente (%)	Valoración del parámetro (P)	Grado de susceptibilidad
0 – 7,5	0	Muy baja
7,5 – 17,5	1	Baja
17,5 – 30	2	Moderada
30 – 50	3	Mediana
50 – 80	4	Alta
Más de 80	5	Muy alta

El procedimiento en Sistemas de Información Geográfica (SIG) es muy simple, a partir del modelo numérico del terreno se genera el mapa de pendientes en porcentaje y de aquí se reclasifica para obtener el factor de pendientes. La información que provee el mapa de pendientes es bastante valiosa, sobre todo en lo concerniente a la evaluación de la inestabilidad de las laderas, dependiendo de su constitución geológica y otros factores.

El valor de las pendientes surge de un subproceso del Modelo de Elevación Digital, aplicando SIG, para obtener el factor de pendientes que se detalla en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Valor del factor de la pendiente (Sr)

Valor del factor de la pendiente (Sr)	ha
0	36988
1	14481
2	10969
3	5549
4	627
5	1

### Factor Geología – litología (SI)

El factor litológico SI es probablemente el más relevante y a la vez el más difícil de valorar. Idealmente se debiera usar información geotécnica detallada. Cuando esta información no está disponible, como en el caso de la Región de la cuenca baja del río Goascorán, se puede usar una descripción basada en la geología. La descripción y las comparaciones deben ser desarrolladas con un buen juicio geotécnico.

Sin embargo, para la optimización del método se toman en cuenta los siguientes parámetros para cuantificar y clasificar cada tipo de roca. Composición mineralógica, capacidad de retención de humedad, espesor y grado de meteorización, nivel de fracturación, buzamientos, posición y variabilidad de los niveles freáticos, entre otros.

Para el caso de la Región del río Goascorán se realizó la clasificación a partir del mapa de Geología realizado a nivel nacional y se detalló por un geólogo con calicatas en la zona de estudio.

## Unidades estratigráficas

- Qt. - Terrazas del Cuaternario
- Ky.- Calizas Cretácicas del Grupo Yojoa
- Kj.- Calizas Cretácicas Jaitique del Grupo Valle de Ángeles
- Ke.- Calizas Cretácicas Esquías del Grupo Valle de Ángeles
- Kg.- Calizas Cretácicas Guare del Grupo Valle de Ángeles
- Kva. - Areniscas rojas, arcillas rojas o lutitas, limolitas y conglomerados de cuarzo del Cretácico Valle de Ángeles.
- Jhg. – Areniscas y lutitas grises con trazas de carbón del jurásico Grupo Honduras.
- Tpm. – Rocas volcánicas del Terciario Padre Miguel
- Tm. - Rocas volcánicas del Terciario Matagalpa (andesitas y basaltos)
- Trm . - Rocas volcánicas del Terciario Tipo Río Manto (andesitas porfídicas grises)
- Kti. – Rocas intrusivas del Cretácico
- Pzm. – Rocas metamórficas del Paleozoico (todos los esquistos; gneises; pizarras y cuarcitas)
- Qd. – Depósitos lacustres como las rocas volcánicas de la Formación Gracias (Tg)
- Qt. – Terrazas del Cuaternario
- Tcg. – Rocas volcánicas del Terciario Cerro Grande
- Tg. - Rocas volcánicas de la Formación Gracias.
- Qal. - Cuaternario aluvión; Qc. – Cuaternario coluvión.

### *Factor humedad (Sh)*

Para este mapa se utilizó los mapas del balance hídricos. Mora y Vahrson , simplifican aún más los balances hídricos, requiriendo para ello únicamente la información de la precipitación promedio mensual. Categorizando los promedios mensuales de acuerdo la Tabla 6.

**Tabla 6.** Clasificación de los promedios mensuales

Precipitación promedio (mm)	Valor asignado
Menor de 125	0
125 – 250	1
Mayor de 250	2

El factor de humedad del suelo es importante ya que involucra con las altas temperaturas a la meteorización lo que genera una porosidad en la roca generando una mayor propensión al deslizamiento, al final se suman los valores mensuales dando el valor acumulado al año.

### *Actividad sísmica (Ts)*

El peligro a sismos es definido como el nivel probable de movimiento de la tierra asociado a la recurrencia a un terremoto.

Con el sentido de mitigar el riesgo asociado a los terremotos recurrentes se calculó un mapa global al peligro de sismos producido por el Global Seismic Hazard Assesment Program (GSHAP).

La estrategia del GSHAP es minimizar las pérdidas de vidas humanas, perdida de viviendas y problemas económicos y sociales debido a la presencia del sismo.

La zona de intervención del proyecto entra dentro de la categoría 2.4 - 4.0 lo que significa según la escala definida que está en una zona de Alta amenaza ya que los valores de 0 – 0.8 es amenaza baja, 0.8 – 2.4 es amenaza moderada, 2.4 – 4.0 es de amenaza alta y de 4.0 – 5 es de amenaza muy alta.

Es importante tener bien definido para los tomadores de decisiones la implementación de planes con estrategias para mitigar los eventos sísmicos en esta zona ya que están en una escala alarmante y de mucha precaución.

### *Factor precipitación (Tp)*

Para determinar la intensidad de las lluvias se utilizan datos de estaciones meteorológicas de valores de lluvia máximos en un periodo de retorno de 50 o 100 años con estas estadísticas se elabora un mapa mediante interpolación para tener la distribución superficial del dato estadístico con la precipitación promedio anual. La Tabla 7 detalla la clasificación de precipitación.

**Tabla 7.** Calificación precipitación

Precipitación máxima, para $n > 10$ , $T_r = 100$ años	Calificación	Factor Tp
< 100 mm	Muy baja	1
100 – 200	Baja	2
200 – 300	Media	3
300 – 400	Alta	4
> 400	Muy alta	5

### Mapa Final de Amenaza a Deslizamiento

*El factor de susceptibilidad de amenaza a deslizamiento* parte de la formula antes descrita en la cual mediante algebra de mapas se establece el mapa final. Este mapa permitirá determinar las áreas de mayor amenaza de deslizamientos, siguiendo la clasificación de grados de amenaza de deslizamiento de Mora & Varhson. La Tabla 8 especifica la clasificación del nivel de amenaza a deslizamiento.

**Tabla 8.** Clasificación del nivel de amenaza

Potencial de amenaza (pesos susceptibilidad * disparo)	Clave	Grado de amenaza
0 – 6	I	Muy Bajo
6 – 32	II	Bajo
32 – 162	III	Moderado
162 – 512	IV	Mediano
512 – 1250	V	Alto
Mayor que 1250	VI	Muy Alto

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En los municipios de la Cuenca Baja del Río Goascorán en Honduras, después del análisis cualitativo y cuantitativo se determinó que existe para este territorio 5 amenazas: a inundaciones, deslizamientos, sequía, incendios y sismos. En el caso de Panamá se identificaron 3 amenazas: mareas y marejadas, propensión a incendios y sismos.
- La amenaza de sequía para los 5 municipios en Honduras se encuentra dentro de un rango medio-alto. La sequía, al igual que las inundaciones, provocan grandes daños a la economía y a las familias que ha afectado. Sólo en la sequía que se presentó en el 2001, se estima que el país perdió el 23% de la producción de maíz, el 35% de la de frijol y 60% de sorgo. Sólo en las regiones centro, sur y occidental se perdieron alrededor de 3 millones de quintales de granos básicos, provocando un desabastecimiento significativo en la dieta de la población.
- En la amenaza de inundación en Honduras, Alianza tiene un mayor puntaje en propensión a inundaciones debido a su cercanía al mar, en contraste con Langue el cual al no tener ni un afluente cercano no presenta ni un porcentaje grave a esta amenaza. En el caso de Panamá solamente dos de los cuatro corregimientos analizados presentaron susceptibilidad a esta amenaza.
- En la amenaza de propensión a incendios, se determina que el 43% del territorio comprendido por los 5 municipios de la Cuenca Baja del Río Goascorán tiene una propensión alta a incendios forestales, y el 30% una propensión media. Bajo este concepto, las categorías tales como Matorrales, Pastizales y Sabanas, Agricultura Migratoria (entre otras) poseen una propensión Alta, la cual al combinarse con un nivel de accesibilidad alta, incrementa sustancialmente las probabilidades de convertirse en zonas de Propensión Alta a incendios. En el caso de Panamá apenas un 0.21% presenta propensión alta a incendios.
- En la amenaza a sismos La zona de intervención del proyecto entra dentro de la categoría 2.4 - 4.0 lo que significa según la escala definida que está en una zona de Alta amenaza ya que los valores de 0 – 0.8 es amenaza baja, 0.8 – 2.4 es amenaza moderada, 2.4 – 4.0 es de amenaza alta y de 4.0 – 5 es de amenaza muy alta. El Panamá la categoría identificada corresponde a la escala de 1.6 – 2.4 categorizada como amenaza moderada.

- La amenaza a deslizamientos se da sobre todo en los territorios altos de los municipios de Aramecina, Caridad, Goascorán y Langue, siendo este alrededor del 30% del territorio de la Cuenca Baja.
- Para la solución de los problemas, amenazas y riesgos encontrados para los 5 municipios de la cuenca baja del Río Goascorán se desarrollarán 5 propuestas a implementarse en los municipios, estas van desde la implementación de una campaña en contra de los incendios forestales, un plan de lucha contra la desertificación, construcción de cosechas de agua, Sistema de gestión de cuenca baja (alerta temprana y monitoreo) ante desastres naturales. Las anteriores desarrolladas a nivel de ficha.
- Es importante el acompañamiento que han dado al proceso las autoridades locales de los municipios (en Honduras) y corregimientos (en Panamá) involucrados, así como las instituciones gubernamentales y de cooperación internacional que tienen presencia en las cuencas de intervención. Este es fundamental para diseñar estrategias locales de intervención y disminuir los efectos de estos fenómenos.
- Este acompañamiento por parte de los actores clave de las cuencas asegura un respaldo institucional hacia la investigación y una validez a los datos que se han recolectado durante todo el proceso.
- Asegura además que el instrumento que se ha generado, será de utilidad para las instituciones encargadas de la toma de decisiones sobre la temática de gestión de riesgos en los municipios y zonas estudiadas.
- De suma importancia para la trascendencia y continuidad del proyecto ha sido la etapa transversal de transferencia de capacidades que se ha venido llevando a cabo con los técnicos municipales y la participación activa de estudiantes, así como la apropiación y conciencia de la temática de gestión de riesgos y adaptación al cambio climático por parte de los pobladores de las zonas estudiadas.
- Con este proyecto queda la lección aprendida de prever muchos de los topes administrativos que antes se desconocían (y que incluso algunos fueron creándose en el camino) y que se encuentran en cada institución, garantizando así la ejecución en tiempo y forma de las actividades que dependen del presupuesto.



## AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue hecho como producto del **Proyecto interuniversitario para la identificación de riesgos por desastres naturales en las cuencas hidrográficas marino costeras de los ríos Matasnillo, Golfo de Panamá, y la río Goascorán, Golfo de Fonseca Honduras, y su relación con el cambio climático utilizando Tecnologías de la Información Geográfica**” (con número de identificador **B37X**) ejecutado por la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) y La Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP) y auspiciado por el “Programa Universitario para la Reducción de Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático en Centro América –PRIDCA, el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) y financiada con fondos de la Cooperación Suiza (COSUDE).

## BIBLIOGRAFIA

- Masciangioli Pánfilo (2011). Amenazas Naturales en el Área Marino Costera de Venezuela. Primera Jornada sobre seguridad de los Próceres. Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, Segura, G., Badilla, E., & Obando, L. (2011). SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO EN EL CORREDOR SIQUIRRES-TURRIALBA. Revista Geológica de América Central, 45, 101–121.
- FAO (2011). Estrategia para la Pesca, La Acuicultura y el Cambio Climático. Marco de Trabajo y objetivos 2011-2016. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
- BID (2002). Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación, Prevención, Programa de Información de Indicadores de Gestión de Riesgo. BID, CEPAL, IDEA.
- OPS (1999). Manual de Monitoreo de la Ejecución de Proyectos. Oficina de Relaciones Externas, Organización Mundial de la Salud.
- Gómez Natalia (2009), Análisis de Riesgos de desastres y Vulnerabilidad en la República Dominicana. OXFAM, Comisión Europea.
- INE (2001), Censo Población y Vivienda INE 2001, Honduras.
- Brito Lorenzo (2008). Introducción a los Conceptos de Manejo Integrado de Zonas Costera y Cuencas Hidrográficas-. México.

- Torres, J. (2005). Reflexiones del V curso internacional sobre el manejo de SIG para La mitigación de los riesgos de desastres. [Artículo en línea]. Disponible: [http://geofocus.rediris.es/2005/Informe7\\_2005.pdf](http://geofocus.rediris.es/2005/Informe7_2005.pdf). [Consulta: 2006, diciembre 19].
- García, J., Monnar, O., Zapata, J., Arango, E., y López, P. (2006). Sistema de Información Geográfica para el manejo y evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Santiago de Cuba. [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.espejos.unesco.org.uy/simplac2002/ponencias/geom%E1tica%20002/GEO50.doc>. [Consulta: 2006, diciembre 17].

# *Cálculo de reflectancia en imágenes Landsat OLI-8, sobre la región central de Honduras, mediante software libre SEXTANTE.*

Rafael Enrique Corrales Andino

Vilma Lorena Ochoa López

## **Resumen**

En esta investigación se elaboró un modelo para la corrección de imágenes con valores de ND (Números Digitales) a parámetros físicos como Reflectancia Satelital, lo que permite reducir errores provocados por efectos atmosféricos. Se utilizó como medio de trabajo para el Modelamiento de algoritmos, el Programa de uso libre SEXTANTE, que corre en la plataforma de gvSIG. La metodología aplicada fue el cálculo de magnitudes físicas para la conversión a reflectancia a tope de atmósfera (TOA) con corrección angular. El modelo generado servirá para la calibración de Imágenes Satelitales del programa LandSat sensor Operational Land Imager (OLI), y de esta manera reforzar el análisis de Teledetección aplicada. Como estrategia de validación del modelo generado, se comprobó su funcionalidad en un trabajo de investigación de tesis en el posgrado de Maestría en Ordenamiento y Gestión del Territorio de la Facultad de Ciencias Espaciales, bajo el tema: Análisis Multitemporal de la Cobertura de la Tierra de la Subcuenca del Río Mocal, Lempira, Honduras, durante el Período de los años 1988 al 2014. El principal resultado fue la arquitectura completa del modelo que calcula la radiometría a partir de la información del metadato de las imágenes LandSat 8 (OLI).

**Palabras Clave:** Reflectancia, LandSat OLI, SEXTANTE, gvSIG, Honduras.

## **Abstract**

In this research a model for image correction values from ND (Digital Numbers) to physical parameters such as Satellite Reflectance was developed, which reduces errors caused by atmospheric effects. It was used as a working environment for the modeling of algorithms, the free use SEXTANTE Program, which runs on the platform of gvSIG. The methodology used was the calculation of physical quantities for conversion to Top of Atmosphere reflectance (TOA) with angular correction. The

model generated serve for calibration of Landsat Satellite Program Operational Land Imager sensor (OLI), and thus strengthen the analysis of remote sensing applied. As validation strategy generated model, its functionality was verified in a research thesis in the postgraduate Master of Planning and Land Management Faculty of Spatial Sciences, under the theme: Multi- Analysis Coverage Earth subwatershed River Mocal, Lempira, Honduras, during the period from 1988 to 2014. The main result was the complete architecture model that calculates the radiometric information from the metadata of Landsat 8 images (OLI).

**Keywords:** Reflectance, LandSat OLI, SEXTANTE, gvSIG, Honduras.

---

**Rafael Enrique Corrales Andino** (Corrales.rafael@gmail.com), **Vilma Lorena Ochoa López**, Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Facultad de Ciencias Espaciales, UNAH.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los requisitos indispensables para la puesta en marcha de cualquier proyecto de *Percepción Remota* (Teledetección Espacial), es la aplicación de correcciones geométricas y radiométricas, en condiciones óptimas calibradas con parámetros superficiales tomados insitu con radio espectrómetros, las que se traducen en firmas espectrales que caracterizan las diferentes coberturas del suelo y su interacción con la energía capturada por el sensor.

Para estos efectos Teledetección es el vocablo derivado del inglés Remote Sensing, para designar a cualquier medio de observación remota, que involucra los procesos de adquisición de las *imágenes digitales* y su posterior tratamiento (Chuvieco, 2002). También es definida como una técnica de carácter multidisciplinario que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, mediando un mecanismo de transporte de energía electromagnética, natural o artificial (Hernández y García, 2014).

Una Imagen Digital, según Pinilla (1995 citado por Corrales, 2010), es una función discretizada de la imagen analógica, en las dimensiones geométricas, por la generación de celdas por muestreo equiespaciado de la superficie (Figura 1), como en sentido radiométrico, por la asignación de valores enteros o Niveles Digitales (ND), que están comprendidos entre 0 y  $k-1$ , siendo  $k$  el margen dinámico del sistema, determinado a su vez por su resolución radiométrica.

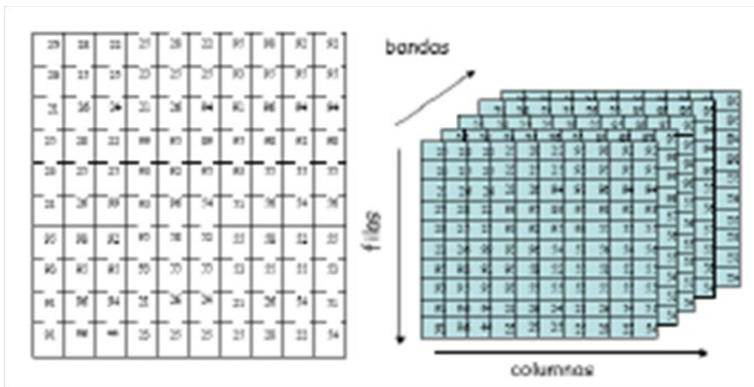


Figura 1. Estructura de una imagen digital (Corrales, 2010).

El Programa LANDSAT: (Land=tierra y Sat=satélite) fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Inicialmente se

le denominó ERTS-1 (EarthResourcesTechnologySatellite) y a partir de 1975 recibe el nombre de LANDSAT. La constelación LANDSAT está formada por 7 satélites que provenían, tanto conceptual como estructuralmente, de los satélites para fines meteorológicos Nimbus. Llevaron a bordo diferentes instrumentos, siempre con la filosofía de captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales (INEGI, s.a., Chuvieco, 2002).

El sensor TM (LandSat TM o ThematicMapper), es un radiómetro multiespectral, diseñado para la cartografía temática e incorporado en los sensores LandSat a partir del lanzamiento del LandSat 4 y 5. Este sensor está compuesto por 7 bandas espectrales, que incluyen las del espectro visible, las bandas del infrarrojo cercano y medio, y la banda del infrarrojo térmico.

LandSat ETM+ o EnhancementThematicMapper Plus es el radiómetro multiespectral, que mejora las características del sensor TM, agregando una octava banda, la Pancromática, de 15 m de resolución, y mejorando la resolución de la banda térmica aumentando su resolución espacial a 60 m.

LandSat OLI (OperationalLandImager), este es uno de los dos sensores de la octava versión del programa LandSat. Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similares al sensor Landsat 7 ETM +, proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve (Arizza, 2013).

Considerando que las imágenes provenientes de sensores pasivos, como LandSat (que funcionan con la radiación solar) están afectados por condiciones atmosféricas, volviéndose necesaria la reducción de estas perturbaciones, usualmente con software de tratamiento de datos espaciales en su mayoría privativos, elevando los costes para este tipo de proyectos y de difícil acceso, el mantener un estándar en el pre-procesamiento de imágenes satelitales, conocidas como correcciones radiométricas (específicamente atmosféricas), por lo que el desarrollo de modelos (algoritmos) que se ejecuten en ambientes de software de uso libre o fuente libre, sería una alternativa de trabajo en el estudio o procesamiento de datos espaciales,

sin tener que destinar grandes sumas de dinero para compra de software especializados (Olaya,2012).

Las perturbaciones más comunes son las derivadas por dispersión atmosférica, es decir el efecto por el cual la radiación electromagnética es reflejada por gases o partículas suspendidas en la atmósfera, afectando la radiación directa e incrementando la radiación difusa. Según Jensen (1996) y Chuvieco (2002) existen tres tipos fundamentales de dispersión:

- Dispersión de Mie, esta se presenta cuando la longitud de onda es del mismo tamaño de la magnitud de las partículas (polvo y aerosoles) que la dispersan, por ejemplo gotas de agua en la atmósfera.
- La Dispersión de Rayleigh, se presenta cuando la longitud de onda es mucho mayor que el tamaño de las partículas responsables de la dispersión. Afectando las longitudes de onda más cortas (humo o bruma).
- Dispersión No Selectiva, ocurre cuando la longitud de onda es mucho menor que las partículas atmosféricas en suspensión (vapor de agua, niebla o nubes).

Siendo la corrección atmosférica por reducción de dispersión de Rayleigh, uno de los métodos más aplicados para calcular la reflectancia sin perturbaciones como alternativa a los métodos radiométricos con firmas espectrales, es primordial su aplicación utilizando algoritmos que puedan correr en un software libre, y poder corregir la dispersión molecular que se produce por partículas atmosféricas mucho más pequeñas en tamaño que la longitud de onda de la radiación electromagnética (Chuvieco, 2002, APN-SIB, 2005).

Ahora bien, si observamos la estructura de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en general se manejan en base a dos modelos de datos uno vectorial y otro ráster, este último tiene que ver con las imágenes digitales, las cuales se pueden definir como un arreglo matricial de filas y columnas con unidades mínimas cartografiadas, denominadas celdas o píxeles. El concepto de celda en una malla ráster es equivalente al de pixel, en el campo de las imágenes digitales, pero con la diferencia que representan una porción de terreno dentro de un sistema de coordenadas específico. Una particularidad más de las imágenes digitales es la composición por bandas espectrales, y cada valor recogido indican la reflectancia por unidad de longitud de onda, dependiendo de cómo se encuentre diseñado el sensor, así la imagen tendrá un número de bandas o capas (Olaya, 2012).

Los SIG, si los vemos al cabo del tiempo con respecto a sus avances en Tecnología, Datos, y Técnicas, se encuentran ubicados desde la década de los años 50's hasta nuestros días (Figura 2).

El software tradicional se distribuye con licencias restrictivas que no permiten que el usuario emplee este de todas las formas posibles y saque de él el mayor provecho. El usuario no es libre para utilizar el programa, y se encuentra privado de ciertas libertades, por lo que estos se conocen como "software privativo" (Olaya, 2012).

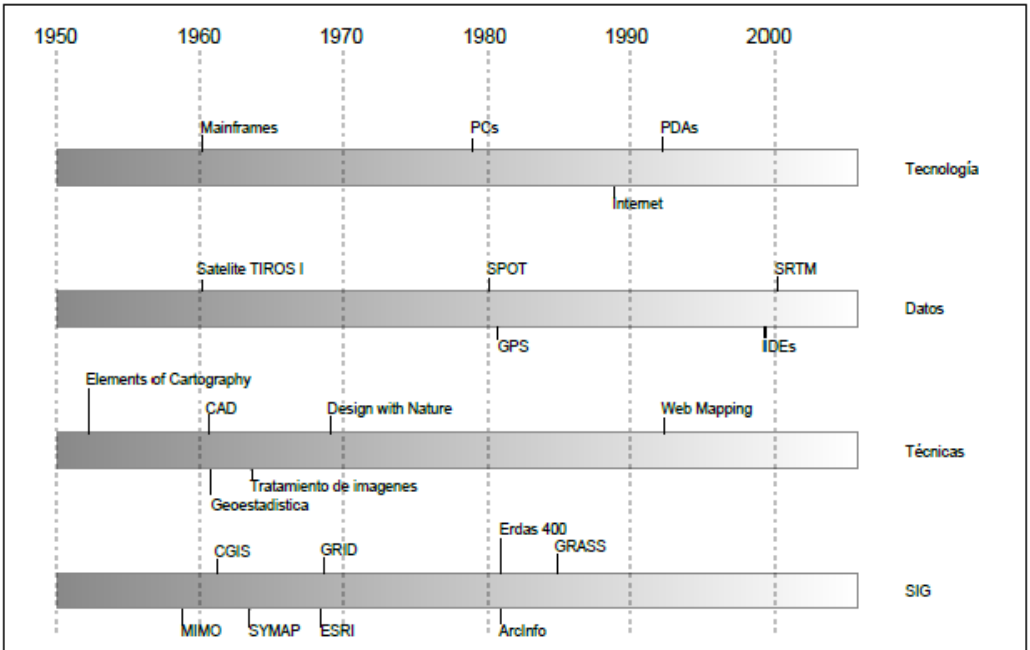


Figura 2. Evolución de los SIG (Olaya, 2012).

Por el contrario, existen otros tipos de software denominados "software libre", que se distribuyen con las siguientes libertades: i) Ejecutar el programa con cualquier propósito, ii) Estudiar cómo funciona el programa y adaptarlo a sus necesidades, iii) Distribuir copias, de forma gratuita o no gratuita, y iv) Mejorar el programa y hacer públicas las mejoras a los demás (Olaya, 2012).

Bajo este enfoque el principal objetivo fue el desarrollo de modelos para tratamiento digital de imágenes de los sensores LandSat (Evolución de 1982-2013), de la Región Central de Honduras, utilizando lenguaje de programación bajo la extensión SEXTANTE, en la plataforma del software libre gvSIG.



## METODOLOGIA

La investigación se centró en el desarrollo de un modelo a partir de las fórmulas utilizadas en los ambientes técnicos científicos de Percepción Remota, específicamente en las áreas de Tratamiento Digital de Imágenes Satelitales para el cálculo de correcciones radiométricas. La metodología aplicada en la investigación comprendió tres etapas básicas: 1) Revisión bibliográfica; 2) Crear el Modelo de Reflectancia a Tope de Atmósfera con Corrección Angular y 3) Validación de resultados.

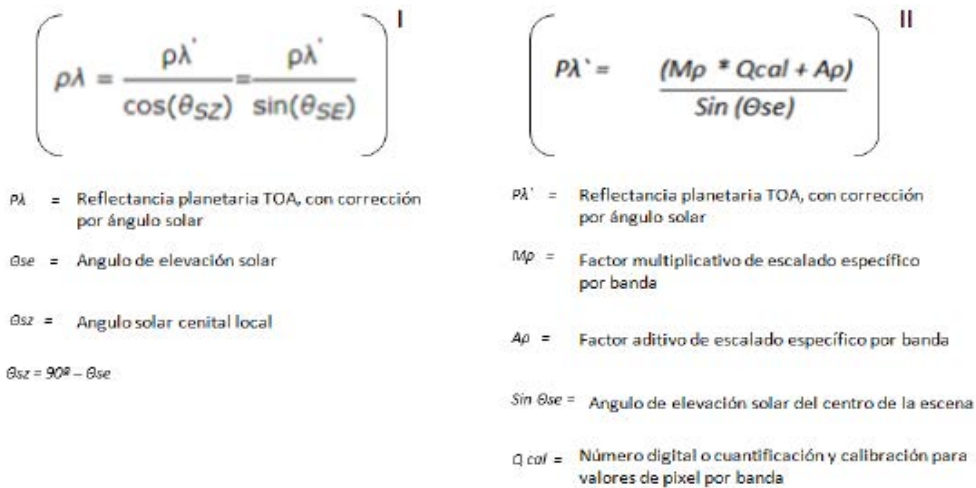
La muestra estuvo constituida por la imagen Land Sat OLI 8 escena P18R50, que corresponde a la Región Central de Honduras. La variable a investigar fue el sensor OLI, (Tabla 1).

**Tabla 1.** Categorización de variables de modelización de magnitudes físicas.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Reflectancia Espectral	Porcentaje de radiación incidente que es reflejada por una superficie bidimensional (Chuvieco, 2002).	Sensor multiespectral, que se diferencia de los sensores TM y ETM+, porque posee dos nuevas bandas espectrales, una en el espectro visible y otra en el infrarrojo. Resolución de las bandas del sensor OLI de LandSat 8: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacial: 30 m</li> <li>• Espectral: 9 bandas</li> <li>• Radiométrica: 12bits</li> <li>• Angular: Cenital</li> <li>• Temporal: 16 días</li> </ul>

El Diseño metodológico implicó la programación del algoritmo que calcula a través de la imagen con valores de ND, una imagen de Reflectancia a Tope de Atmósfera, misma que es utilizada para el cálculo con corrección por ángulo solar, como método alternativo a la corrección por radiancia Rayleigh. En la Figura 3, se presentan las bases teóricas de las magnitudes físicas del desplazamiento de la energía y su interacción con los cuerpos que generan una respuesta con características sensibles a los rangos del espectro electromagnético en el dominio del rango visible (VIS) a los infrarrojos cercanos (NIR) a lejanos o térmicos (TIR).

Además, la utilización del modelo para el cálculo de reflectancia de imágenes del sensor OLI de LandSat 8, en una investigación de tesis (Sosa, 2015), de la de Maestría en Ordenamiento y Gestión del Territorio, la cual tenía por objetivo, clasificar imágenes (LandSat ETM y OLI) por coberturas y uso del suelo, para el análisis de dinámica de cambio en una subcuenca hidrográfica, sujeta a manejo integrado. Por lo que era importante que las imágenes se manejaran a nivel de parámetros físicos (reflectancia), para que las condiciones estuvieran estandarizadas, por lo que fue aplicado el Modelo de Cálculo de Reflectancia para imágenes OLI, en la plataforma del Software Libre gvGIS, estableciéndose como la validación del algoritmo creado, específicamente para imágenes del sensor OLI.



**Figura 3.** (I) Ecuación de conversión a reflectancia TOA con corrección angular, (II) Ecuación derivada para LandSat OLI (Modificado de IGAC, 2013).

## RESULTADOS

Cada una de las bandas de la imagen fueron sometidas a un proceso de corrección radiométrica para transformar los niveles digitales (ND) a parámetros físicos de reflectancia a tope de atmósfera, con la generación de los algoritmos de radiancia, Reflectancia a Tope de Atmosfera y Reflectancia por corrección angular solar.

## Reflectancia por Corrección Angular

Los elementos para el cálculo de la reflectancia TOA por corrección angular solar son: por un lado el Factor Multiplicador de escalado específico por Banda, el cual definimos como **MRB** y Factor Aditivo de escalado específico por banda, definido como **ARB** y el ángulo de elevación solar del centro de la imagen, datos que se extraen del archivo de metadatos de la imagen en cuestión. A continuación se muestra el dialogo (Script) modelado en SEXTANTE, (Figura 4).

```

OLI_R06B
Descripción
Parámetros
    MRB[Valor numérico]:
    ARB[Valor numérico]:
    SinSE[Valor numérico]:
    B1[Capa raster]:
    B5[Capa raster]:
    B6[Capa raster]:
    B4[Capa raster]:
    B5[Capa raster]:

Salidas
    R1[Capa raster]:
    R2[Capa raster]:
    R3[Capa raster]:
    R4[Capa raster]:
    R5[Capa raster]:

Información adicional
Línea de comandos
Usage: runalg( "model:OLI_R06B.model",
    INPUT0[Numerical Value],
    INPUT2[Numerical Value],
    INPUT3[Numerical Value],
    INPUT4[Raster Layer],
    INPUT1[Raster Layer],
    INPUT5[Raster Layer],
    INPUT6[Raster Layer],
    INPUT7[Raster Layer],
    RESULTPROC0[output raster layer],
    RESULTPROC1[output raster layer],
    RESULTPROC2[output raster layer],
    RESULTPROC3[output raster layer],
    RESULTPROC4[output raster layer],
);
  
```

Figura 4. Script del Modelo en SEXTANTE a través del software libre gvSIG.

En el componente de Modelizador se construyó la arquitectura que da respuesta a la ecuación de conversión a reflectancia TOA con corrección angular, introduciendo como Valores Numéricos, las bandas espectrales de la imagen como Capas Raster, tanto de las imágenes de entrada como de imágenes de salida y enlazadas por una Calculadora Raster por cada imagen y parámetro, la que ejecuta la solución, como se muestra en la Figura 5 y 6.

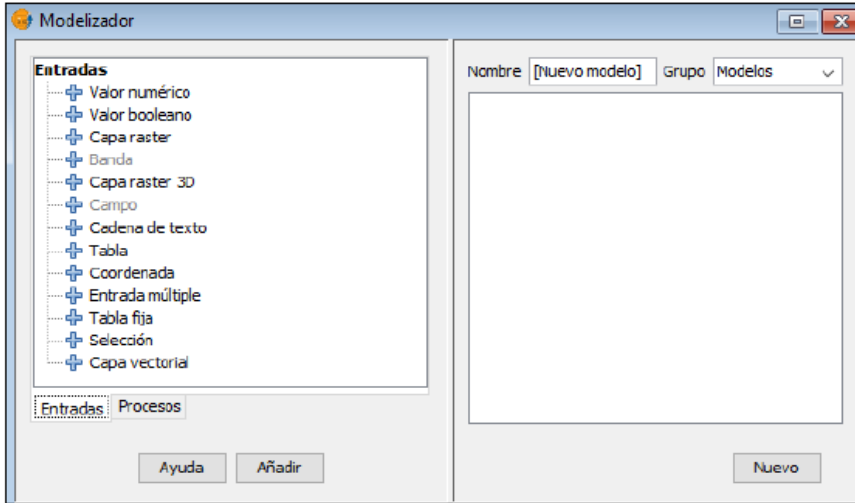


Figura 5. Modelizador de SEXTANTE en gvSIG.

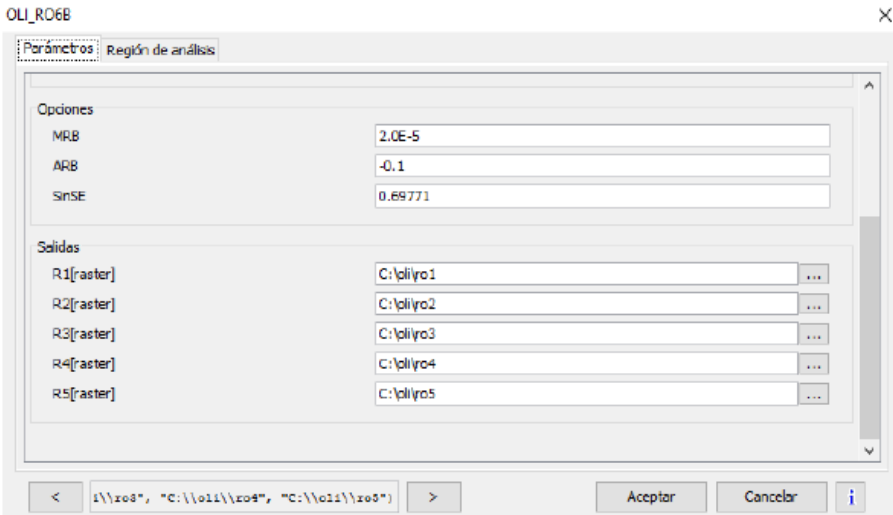
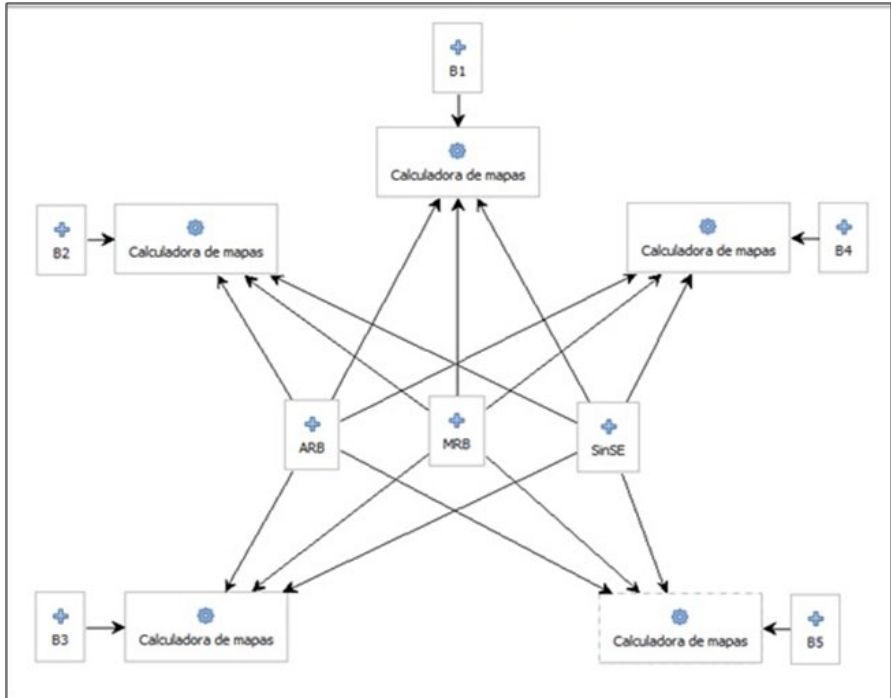


Figura 6. Cajetín de diálogos para la introducción de los parámetros necesarios en el cálculo del modelo.

Como resultado, tenemos la arquitectura completa del modelo que calcula la radiometría antes mencionada, misma que se presenta para las bandas espectrales B2, B3, B4, B5 y B7, correspondientes a los espectros del rango del visible (Rojo, Verde y Azul) y al infrarrojo cercano e infrarrojo medio (IRC e IRM), considerando que en el sensor OLI la Banda 1, corresponde a sensibilidad de aerosoles atmosféricos, (Figura 7).



**Figura 7.** Diseño del modelo de reflectancia TOA con corrección angular (elaboración propia).

Los datos correspondientes a los metadatos, es el archivo que documenta los datos, en este caso se trata de las características de las diferentes resoluciones propias del sensor, así como de la información de correcciones radiométricas y geométricas, y datos orbitales respecto a la Tierra y el Sol y la inclinación angular con el sensor (Figura 8).

REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05	}	$M\rho = MRB$
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05		
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05		
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05		
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05		
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05	}	$A\rho = ARB$
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05		
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05		
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05		
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000		
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000		

**Figura 8.** Corte del archivo de metadato, resaltando en color rojo el factor multiplicador de escalado específico por banda y en resaltando en color verde el factor aditivo de escalado específico por banda, correspondiente a la imagen sujeta a cálculo.

## Validación del modelo

La validación del modelo creado en el modelizador de SEXTANTE en el Software de uso libre gvGIS, se comprobó a través de la incorporación del modelo en la investigación de tesis en el posgrado de Maestría en Ordenamiento y Gestión del Territorio de la Facultad de Ciencias Espaciales, realizada por Sosa (2015) bajo el tema: *Análisis Multitemporal de la Cobertura de la Tierra de la Subcuenca del Río Mocal, Lempira, Honduras, durante el Período de los años 1988 al 2014*; dicho modelo fue instalado en la librería de gvSIG del ordenador en uso para la investigación de tesis (Figura 9), permitiendo utilizar los parámetros de metadato de la imagen (Tabla 2), como las variables para el cálculo de la reflectancia en la imagen del sensor LandSat 8 (OLI), correspondiente al año 2014, el resultado fue satisfactorio y permitió continuar con los objetivos de la investigación una vez estandarizadas las imágenes de los diferentes sensores (ETM y OLI).

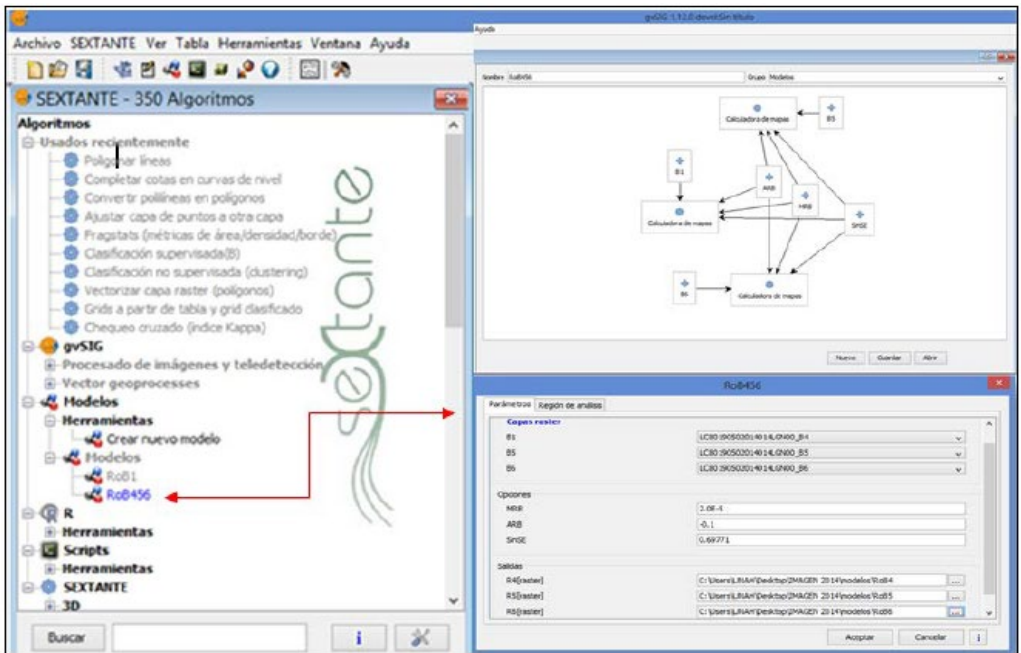


Figura 9. Modelo del cálculo de reflectancia a tope de atmosfera para imágenes LandSat 8 (Modificado de Sosa 2015).

Tabla 2. Variables para el Modelo de Cálculo de Reflectancia, según Metadatos de Imagen p19r50 del 14 de enero de 2014, Sensor OLI (Modificado de Sosa, 2015).

Bandas	Factor Multiplicativo	Factor Aditivo	Qcal Máximo	Qcal Mínimo	SunElevation
4	2,00E-05	-0,1	65535	1	45,75624693°
5	2,00E-05	-0,1	65535	1	
6	2,00E-05	-0,1	65535	1	

## DISCUSIÓN

En su mayoría, los software para tratamiento digital de imágenes satelitales, que se utilizan en Percepción Remota son privativos, lo que vuelve de difícil acceso, el mantener un estándar en el pre-procesamiento de imágenes satelitales, conocidas como correcciones radiométricas (específicamente atmosféricas), por lo que el desarrollo de modelos (algoritmos) que se ejecutan en ambientes de software de uso libre o fuente libre, se convierte en la alternativa de trabajo para los laboratorios o centros de investigación que se dedican al estudio o procesamiento de datos espaciales, sin tener que destinar grandes sumas de dinero para compra de software especializados.

Autores como Maia, L. H., Loar dos Santos Coutinho, Gustavo Mota de Sousa, Mauro Antonio HomemAntunes (2015), concluyen que la corrección atmosférica es un procedimiento necesario para el análisis de una imagen de satélite, ya que el efecto atmosférico es relevante y merece tomarse en cuenta en el procesamiento de imágenes digitales de sensores remotos, utilizadas principalmente para estudios de ocupación del suelo en diferentes momentos (dinámica de cambios) o en la preparación de índices espectral. Además, consideran que los resultados mostrados en su estudio en donde aplican el modelo denominado AtmCor4OLI, que corre en el Software Privativo ENVI, fue eficiente y capaz de realizar un trabajo satisfactorio de corrección atmosférica de imágenes OLI/LandSat 8, esencial para la difusión de información científica y tecnológica.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un modelo (algoritmo) a partir de fórmulas utilizadas en ambiente técnico científicos de Percepción Remota, que funcionó satisfactoriamente en el software libre.

En el cálculo de imágenes de reflectancia con corrección angular, el modelo desarrollado proporciona resultados válidos, además de simplificar los procedimientos al obtener la imagen en parámetros físicos de reflectancia con corrección angular a partir de los valores digitales de la imagen (ND).

## BIBLIOGRAFIA

- APN-SIB. 2005. Protocolo para el pre-procesamiento de imágenes satelitales LandSat para aplicaciones de la Administración de Parques Nacionales. [http://www.sib.gov.ar/archivos/Protocolo\\_Landsat.pdf](http://www.sib.gov.ar/archivos/Protocolo_Landsat.pdf) abril, 2013.



- Arizza, A. 2013. Descripción y Corrección de Productos LandSat 8 LDCM (LandSat Data ContinuityMission) Versión 1.0. Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Colombia. <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>.
- Chuvieco, E. 2002. Teledetección Ambiental. *La Observación de la Tierra desde el Espacio*. Editorial Ariel, Barcelona, España. 586 pp.
- Corrales Andino, R. E. 2010. *Caracterización de alternación hidrotermal y dinámica de cobertura del suelo mediante métodos de teledetección, en el Valle de Choluteca, Honduras*. Tesis de Maestría, UNAH. Tegucigalpa. 113 pp
- Hernández Cobarrubias, A. M. y García Solís, D.E.. 2014. Análisis de cambio en la cobertura espacial del manglar en el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos. Facultad de Ingeniería, UNAM. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4379/Tesis.pdf?sequence=1>.
- IGAC. 2013. Descripción y Corrección de Productos LandSat 8. LDCM. Bogotá, Colombia. Consultado en: [www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co) - [ciaf@igac.gov.co](mailto:ciaf@igac.gov.co). 15 de Julio de 2015.
- INEGI. s.a. Aspectos Técnicos de las Imágenes LandSat. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente, México. [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos\\_tecnicos\\_imagenes\\_ladsat.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_imagenes_ladsat.pdf). 17 de febrero de 2015.
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. 2da Edición. Prentice Hall. New Jersey. 110-113 pp.
- HersMaia, L., Dos Santos Coutinho, L., Mota de Sousa, G., y Homem Antunes, M.A. 2015. Obtenção da reflectância da superfície para imagens OLI do Landsat 8 comum modelo de transferência radiativa. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. 2992-2996 pp.
- Olaya, V. 2012. Sistemas de Información Geográfica. [www.creativecommons.org](http://www.creativecommons.org). [http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro\\_SIG](http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG). 12 de septiembre de 2014.

- Sosa Reyes, Y. 2015. Análisis Multitemporal de la Cobertura de la Tierra de la Sub cuenca del Río Mocal, Lempira, Honduras, durante el periodo de los años 1988 al 2014. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

# *Análisis del impacto económico del PIB en Centroamérica, utilizando sistemas de información geográfica, en un período del 2010 al 2014*

Jessica Gabriela Villatoro Escobar  
Yeny Maribel Castellanos Zelaya

## **Resumen**

El objetivo fue analizar el impacto económico del Producto Interno Bruto (PIB) en Centroamérica utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Metodológicamente se realizó un enfoque cuantitativo consistiendo en la recolección de datos numéricos e identificación de las variables que influyen sobre el PIB. Utilizando como muestra, la tasa de crecimiento en un período del 2010 al 2014 en la Región Centroamericana, y el cálculo de los parámetros de medición de esta tasa de crecimiento. Además, los Sistemas de Información Geográfica en la técnica de agrupación de datos para expresar el PIB por año, en donde los datos estadísticos, así como el análisis estadístico del conjunto de variables se relacionaron con la información georreferenciada de la cartografía base existente de la región. Los resultados obtenidos muestran los niveles de producción de cada país, el gasto por consumo en promedio que se tienen de cada región y gobiernos. Se concluye que los niveles de producción, las exportaciones e importaciones y el consumo, desempeñan un papel fundamental en la economía de un país. El consumo y la inversión pueden fluctuar de un año a otro, en el caso de inversión las variaciones pueden ser bastantes grandes. Lo anterior expresa que no está garantizado que el flujo total de gasto monetario, crecerá de una manera uniforme de un año a otro. En general, la región Centroamericana muestra disminución en los niveles de producción y de consumo de la población, así mismo un incremento en las tasas de desempleo de los países que la conforman.

**Palabras clave:** Tasa de crecimiento, niveles de producción, gasto por consumo, exportaciones, importaciones.

## Abstract

The objective was to analyze the economic impact of Producto Interno Bruto (PIB) in Central America using Geographic Information Systems (GIS). Methodologically a quantitative approach consisting of numerical data collection and identification of variables that influence the PIB was performed. Using as a sample, the growth rate in a period from 2010 to 2014 in the Central Region, and the calculation of the measurement parameters of this growth rate. Besides the GIS in data clustering technique to express PIB per year, where the statistical data and the statistical analysis of all variables related to the geo-referenced information from the existing base mapping of the region. The results showed production levels of each country, the average consumption expenditure we have of each region and governments. It is concluded that the levels of production, exports and imports and consumption play a key role in the economy of a country. Consumption and investment can fluctuate from year to year, investment in the case of variations can be quite large. This states that it is not guaranteed that the total flow of money spending, grow a uniform manner from year to year. In general, the Central region shows decreased levels of production and consumption of the population, also an increase in unemployment rates in the countries that comprise it.

**Keywords:** growth rate, levels of production, consumption expenditure, exports, imports.

---

**Jessica Gabriela Villatoro Escobar**, (jessicavillatoro\_escobar@yahoo.com). **Yeny Maribel Castellanos Zelaya**, (yeny.castell@gmail.com) .Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica. Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

## INTRODUCCIÓN

Todos los países experimentan altos y bajos en su crecimiento económico, es decir que la tasa de crecimiento varía tanto en el tiempo como entre los países, sus fluctuaciones tienden a correlacionarse entre sí, pero algunos países experimentan mayor volatilidad en sus tendencias que otros y las diferencias permanecen durante algunos años.

El producto interno bruto (PIB) está conformado por los bienes y servicios producidos en un país por lo que es necesario que se tome en cuenta como medida del bienestar material de una sociedad y es objeto de estudio de la macroeconomía (Doménech, 2004).

Fue de vital importancia llevar a cabo el análisis del impacto del PIB en Centro América (CA) utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), porque permite a los entes nacionales e internacionales conocer el grado de crecimiento del desarrollo de su país, sopesar que sectores están en crecimiento y que sectores han disminuidos, y buscar las causas, bien sea, por fenómenos naturales o por consecuencias de restricciones de políticas de gobierno. Entre varios asuntos, el estudio nos permite cuantificar el costo de vida, lo cual es de mucha importancia ya que, si no existiera la cuantificación de costo de vida por medio del PIB, no habría anualmente un aumento en las prestaciones de seguridad social, ni en el salario mínimo legal vigente.

Por otro lado el hecho de relacionar el PIB geográficamente causa relevancia ya que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son en la actualidad una valiosa herramienta de análisis geoespacial y de cálculo matemático, que ha empezado a ser usada en varias áreas temáticas, por lo que ocupan un lugar preponderante al ingresar en el ámbito de la planificación y toma de decisiones vinculando tecnologías existentes y ampliando sus posibilidades a través de la incorporación de conceptos y métodos geográficos aplicados a la economía enfocada en el consumo, la producción, las exportaciones, importaciones, el gasto, la inversión; todo esto representado mediante un análisis espacial. (Klein L. , S/F)

## METODOLOGÍA

Para una adecuada organización, análisis e interpretación del impacto económico del PIB sobre el territorio centroamericano, se desarrollaron cálculos estadísticos sobre los datos utilizando programas especializados en bases de datos y en SIG.

En tal sentido, a continuación, se muestra la estructura lógica de la metodología, con la cual se alcanzaron los objetivos propuestos anteriormente.

### *Enfoque y Muestra*

El enfoque del estudio fue cuantitativo, el cual consistió en la recolección de datos y análisis estadístico de un conjunto de variables independientes (consumo, gasto, inversión, exportaciones e importaciones) y que influyen sobre el PIB (variable dependiente). Fueron recolectados datos del año 2010 al 2014, a través de los cuales se determinaron tasas de crecimiento por cada variable (ver Tabla 1), por lo que se determinó geográficamente la tendencia del PIB en el tiempo.

La muestra hizo referencia en la unidad de análisis del territorio centroamericano y su tasa de crecimiento por país, en un periodo de (2010-2014).

**Tabla 1.** Descripción de Variables

Variables	Descripción
PIB	Es una magnitud macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país durante un periodo determinado de tiempo. (Parkin, Esquivel, & Muñoz, 2008)
Consumo	Es la parte de la renta que se destina a la adquisición de bienes y servicios para la satisfacción de necesidades. La parte de la renta que no se consume constituye el ahorro del periodo. Cuando el consumo rebasa la renta de un determinado periodo de tiempo, el correspondiente agente económico tendrá que endeudarse; en ese caso, el ahorro del periodo es negativo. (Parkin, Esquivel, & Muñoz, 2008)
Inversión	Formación o incremento neto de capital. La inversión de un determinado periodo de tiempo viene dada por la diferencia entre el capital existente al final y al comienzo de dicho periodo; diferencia que puede ser positiva o negativa, según que haya habido inversión o desinversión, respectivamente (Parkin, Esquivel, & Muñoz, 2008)
Gasto público	Es la suma de los gastos realizados por las instituciones, entidades y organismos integrantes del sector público de una economía nacional. (Parkin, Esquivel, & Muñoz, 2008)
Exportaciones	Se refiere aquella actividad comercial a través de la cual un producto o un servicio se venden en el exterior, es decir, a otro país o países. (Parkin, Esquivel, & Muñoz, 2008)
Importaciones	Es la acción comercial que implica y desemboca en la introducción de productos foráneos en un determinado país con la misión de comercializarlos. (Parkin, Esquivel, & Muñoz, 2008)

## *Descripción de instrumentos y Técnicas*

- *Gestión de la información*

Consistió en los métodos y procedimientos para el tratamiento de la información que se recolectó de bases de datos y memorias obtenidas de cada entidad responsable de emitir los datos económicos por país de Centroamérica, por lo general, del banco central.

De la información recolectada se revisaron, depuraron y analizaron las bases de datos, utilizando como técnica la agrupación de datos, que expresan el Producto Interno Bruto por año establecido y para cada una de las variables independientes y dependiente. Proceso necesario para estandarizar los términos económicos manejados por las diferentes entidades. Posteriormente en programas especializados en SIG, se calcularon tasas de crecimiento también llamada tasa de cambio, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Variación porcentual} = (\text{valor presente} - \text{valor pasado}) / \text{valor pasado}$$

De la fórmula planteada resultaron valores de variables independientes (consumo, gasto, inversión, importaciones, exportaciones) y el PIB que es una variable dependiente obtenida del conjunto de variables independientes.

- *Representación*

Una vez realizados los cálculos, se procedió a categorizar mediante escalas de medición ordinal, los resultados positivos y negativos por país, organizándolos en diferentes tablas de atributos, una por variable, creando así diferentes capas de información. Además de tablas de Excel, con el fin de generar gráficos de tendencia alusivos al PIB y sus componentes.

Posteriormente se realizó el cruce de capas de información, generando un análisis espacial con SIG, mediante la aplicación de una técnica de representación por mapas de puntos y Coropletas, obteniendo como producto final diferentes mapas temáticos comparativos que muestran representación geográfica del PIB y sus componentes para su posterior análisis y discusión.

- Análisis

El impacto económico se analizó de forma global y tendencial, esto desde el punto de vista del consumo, el gasto, inversión, exportaciones e importaciones, así mismo del PIB, englobando todas las variables independientes.

La cartografía obtenida de programas especializados en Sistemas de Información Geográfica, permitió hacer un análisis comparativo de los diferentes valores relativos resultantes.

El análisis se realizó siguiendo los indicadores que a continuación se enumeran:

- valores positivos, aumento de colores, tamaño de puntos grandes (indican crecimiento, es decir, impacto positivo para la economía de un país)
- valores negativos, disminución de colores, tamaño de puntos pequeños (indican decrecimiento, es decir, impacto negativo para la economía de un país)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Tasa de crecimiento del PIB en CA y sus componentes*

A través del programa Excel se generaron gráficos que permitieran analizar la tendencia del periodo 2010-2014, en tal sentido se obtuvieron los siguientes resultados:

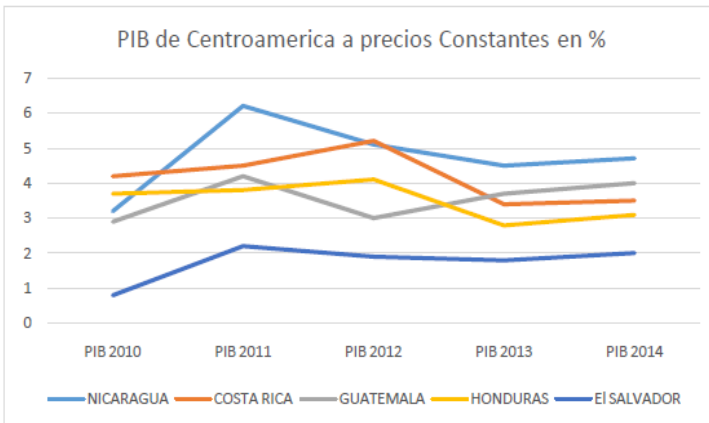


Figura 1. Fuente propia. Datos obtenidos de FMI (Fondo Monetario Internacional)



El mayor crecimiento económico durante el periodo 2010-2014 (Figura 1) lo tiene Nicaragua con 1.5%, en cambio Costa Rica y Honduras presentan una desaceración de 0.7 y 0.6 en el orden respectivo, en términos generales se observa que Centroamérica su crecimiento económico es muy lento, provocando que no existan suficientes fuentes de empleo para la población, generando un deterioro en la calidad de vida de los habitantes de esta región y un estancamiento en el desarrollo humano.

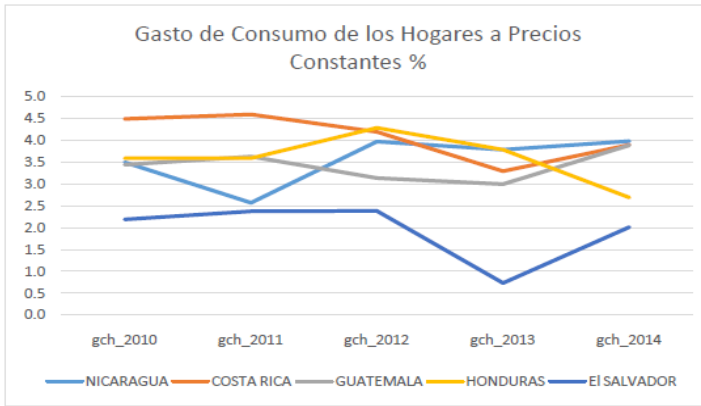


Figura 2. Fuente propia. Datos obtenidos de FMI (Fondo Monetario Internacional)

Durante el periodo analizado (Figura 2), el mayor gasto en bienes y servicios lo tiene Nicaragua con un incremento de 0.5%, en lo que respecta Costa Rica, Honduras y el salvador las familias disminuyeron su consumo en 0.6%; 0.9%; 0.2% en su orden respectivo, esto se debe al incremento en el costo de vida en el tiempo transcurrido.

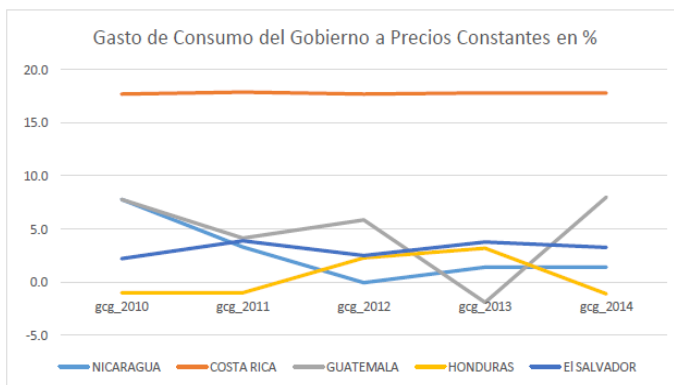


Figura 3. Fuente propia. Datos obtenidos de FMI (Fondo Monetario Internacional)

Durante el período comprendido 2010-2014 (Figura 3) el gobierno de Nicaragua y Honduras ha disminuido su gasto en 6.4% y 0.1%, el Gobierno de Costa Rica ha mantenido su gasto Constante en 0.1%, el gobierno de Guatemala y el Salvador incrementaron su consumo en 0.2% y 1%, este comportamiento se debe a la ejecución de la política fiscal impuesta en cada país.

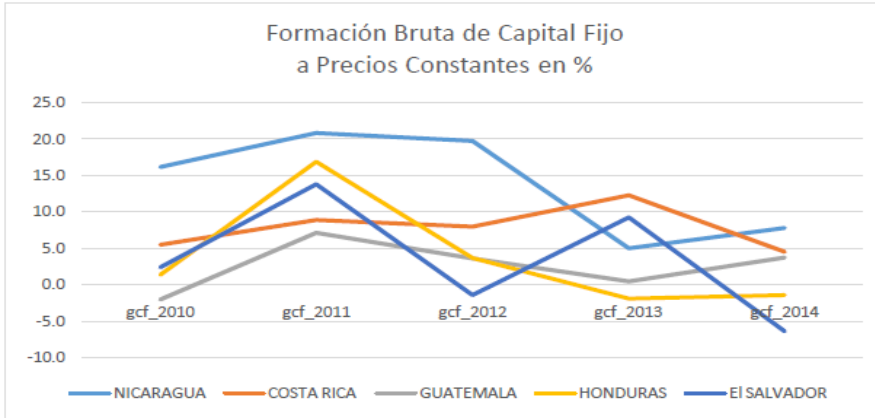


Figura 4. Fuente propia. Datos obtenidos de FMI (Fondo Monetario Internacional)

(Figura 4) El salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica disminuyeron su Inversión en 8.8%; 8.3%; 2.8%; 1%, en cambio en Guatemala creció en 5.8%, esto se debió al incremento durante el periodo de los precios en la materia prima, de la maquinaria y equipo, entre otros.

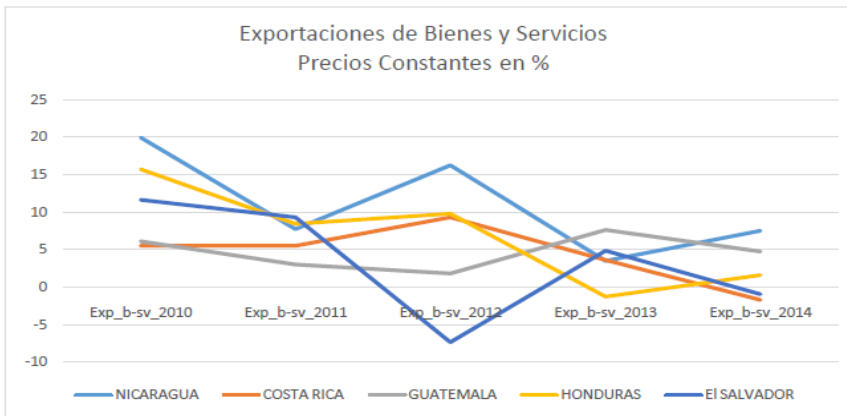


Figura 5. Fuente propia. Datos obtenidos de FMI (Fondo Monetario Internacional)

Durante el período 2010-2014 (Figura 5) el país que más ha disminuido sus exportaciones ha sido Honduras, lo cual se debe a una disminución del consumo mundial de un 14.1%, sobre todo de los principales socios comerciales. Igual comportamiento presenta el resto de Centroamérica.

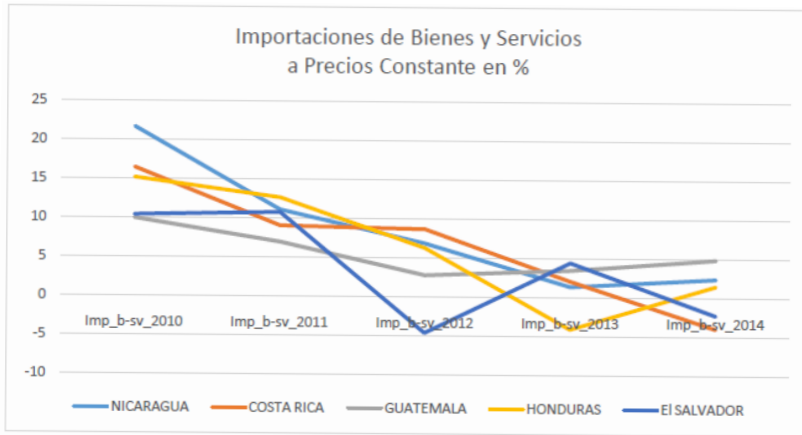


Figura 6. Fuente propia. Datos obtenidos de FMI (Fondo Monetario Internacional)

En términos generales durante el periodo 2010-2014 (Figura 6) el consumo por bienes y servicios importados ha disminuido en toda la región centroamericana, debiéndose al incremento del costo de vida, de la tasa de desempleo y a las secuelas que ha dejado la recesión mundial del 2009 -2015.

### *Representación geográfica del PIB de CA y sus componentes*

A través del programa ArcGis 10.2 se incorporó a la base de datos espacial la información recopilada, organizada y clasificada, generando finalmente un análisis y representación geográfica del impacto económico del PIB y los componentes que lo conforman y que varían de un año a otro según sus fluctuaciones y sus comportamientos, es así que se obtuvieron como resultados los siguientes mapas.

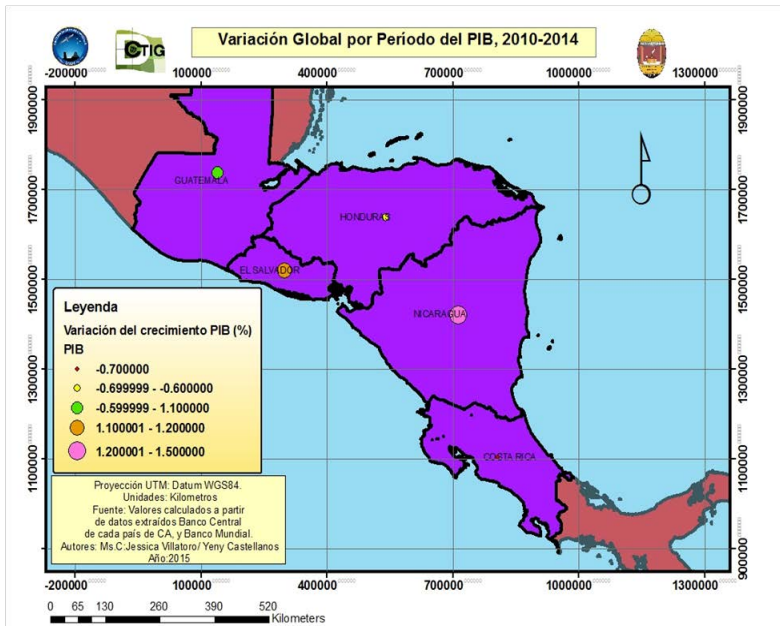


Figura 7: Muestra valores bajos de -0.7 para Costa Rica mostrando desaceleración y Valores de 1.2 a 1.5 para Nicaragua. Esto indica que el en el período 2010-2014 el mayor crecimiento económico lo tiene Nicaragua.



Figura 8: Los valores (-0.19, 0.5) indican mayores gastos de bienes y servicios en Nicaragua, en cambio en Honduras y Costa Rica las familias disminuyeron su consumo (-0.9, -0.6)



**Figura 9 :** En cuanto al gasto por consumo del Gobierno (imagen 3). En el período 2010-2014 Nicaragua con valores de -6.4 indica que ha disminuido su gasto por parte del gobierno, en cambio en El Salvador (0.2, 1) el gobierno incremento su gasto por consumo.



**Figura 10:** muestra que, desde el punto de vista de la inversión, todos los países disminuyeron su inversión, a excepción de Guatemala que incremento su inversión (-0.9 %, 5.8%)

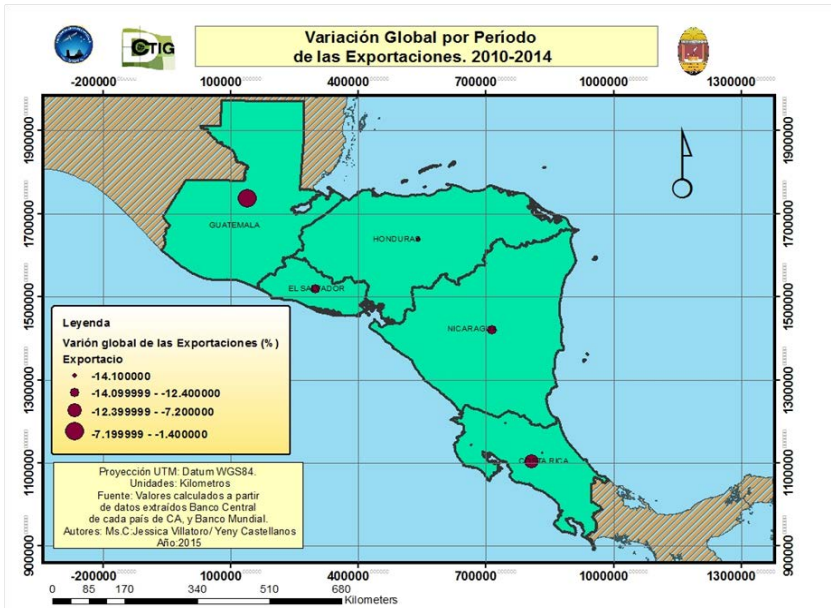


Figura 11: El punto más pequeño lo refleja Honduras (-14.1%) lo que refleja que durante el período 2010-2014 el país de Honduras disminuyó sus exportaciones en comparación al resto de países de la región Centroamericana.



Figura 12. Se muestra que el consumo de bienes y servicios importados ha disminuido en toda la región Centroamericana sobre todo en Costa Rica (-20.5 %) y Nicaragua (-20.5, -19.3%)

## CONCLUSIONES

- En términos generales se ha dado un rezago en la economía de la región Centroamericana debido a la crisis económica mundial que ha ocurrido durante el período 2010-2014, provocando una disminución en los niveles de producción y de consumo de la población e incrementando las tasas de desempleo de estos países. Aunado a esto un deterioro en la calidad de vida de la población y un estancamiento en el desarrollo humano.
- El País que más exportaciones tiene en comparación al resto de países estudiados en un período del 2010-2014 es Guatemala (-7.1 %, -1.4%)
- El conjunto de variables: gasto de hogares, gasto de gobierno, inversión, exportaciones e importaciones permitieron medir la tendencia económica (PIB) de 5 países de Centroamérica, relacionados con la producción de un país, determinando que: Nicaragua obtuvo los mayores gastos y de forma general todos los países disminuyeron su inversión.
- Los niveles de producción, las exportaciones e importaciones y el consumo desempeñan un papel fundamental en la economía de un país. Los países que consumen mucho tienden a invertir poco, en cambio los que consumen poco tienden a invertir mucho.
- El consumo y la inversión pueden fluctuar de un año a otro, en el caso de inversión las variaciones pueden ser bastantes grandes. Lo anterior expresa que no está garantizado que el flujo total de gasto monetario, crecerá de una manera uniforme de un año a otro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benito Muela, S. (s.f.). Teoría del Crecimiento Económico. En *Apuntes de Macroeconomía IV*. Madrid: UNED.
- Consejo monetario centroamericano, Secretaría Ejecutiva. (s.f.). Determinantes del crecimiento económico en Centroamérica y República Dominicana. San José.
- Doménech, R. (2004). *Política Fiscal y Crecimiento económico*. Valencia, España.

- Klein, L. (s.f.). *Análisis económico de datos geográficos: técnicas de econometría espacial y geomarketing*. Madrid.
- Klein, L. (S/F). *Análisis económico de datos geográficos: técnicas de econometría espacial y geomarketing*. Madrid, España.
- Madruga Torres, A., Tores Perez, M., Carballosa Torres, R., & Perez Romero, A. (2007). *Las asignaturas macro y microeconomía a la luz de la teoría Marxista, Leninista*.
- Martín Moreno, J. (2006). *Universidad de Vigo*. Obtenido de [http://webs.uvigo.es/jmartin/macroeconomiaII/index\\_archivos/Tema4%20ciclos%20econ%C3%B3micos.pdf](http://webs.uvigo.es/jmartin/macroeconomiaII/index_archivos/Tema4%20ciclos%20econ%C3%B3micos.pdf)
- Mena, C. (2008). Exactitud espacial en la creación de bases de datos SIG modelos raster y vectorial. *Revista Chilena e Ingeniería*, 159-168.
- Parkin, M., Esquivel, G., & Muñoz, M. (2008). *Economía, versión para Latinoamérica*. México: Pearson.
- PEN. (2013). *Estadísticas de Centro América, Indicadores sobre desarrollo humano sostenible*. San Jose, Costa Rica.
- Sicori. (2011). *Sistema corporativo de información geográfica de PEMEX. Los SIG en la administración pública*.



# *Prospectiva de la cobertura de la tierra en la Sub Cuenca del Río Mocal, Lempira, Honduras, Centroamérica.*

Yessica Yamileth Sosa Reyes

## **Resumen**

El objetivo de desarrollo de esta investigación se basó en el estudio de la dinámica de Cambio de la cobertura de la tierra en la Sub cuenca del Rio Mocal, generando para ello una Prospectiva por un Periodo de 20 años de la cobertura de la tierra. Definiéndose para ello la identificación de los problemas que inciden sobre el desarrollo territorial de la Sub cuenca, así mismo estableciendo escenarios de Destino (tendencial), escenarios de Porvenir y escenarios de Suceder. La metodología de implementación para este estudio se basó en la Identificación y caracterización de problemas, se desarrolló un diagnostico en donde se determinó las causas principales de los cambios de la cobertura de la Tierra y se formularon escenarios aplicados por la propuesta de metodología por Hevia (Araujo, O. R. 2005) para la Sub cuenca del Rio Mocal. Como resultado se obtuvieron periodos iniciales en donde se muestran el área de las coberturas de la tierra mostrando incrementos y decrementos del mismo, comenzando en el año 2014 y finalizando en el año 2035.

**Palabras Clave:** Escenarios, Cambios de Cobertura, Prospectiva.

## **Abstract**

The target of development of this investigation based on the study of the dynamics of Change of the coverage of the ground in the Sub basin of the Rio Mocal, generating for it a Futurology for a Period of 20 years of the Coverage of the Earth. There being defined for it the identification of the problems that affect on the territorial development of the Sub basin, likewise establishing stages of (tendencial) Destination, stages of Future and stages of Happening. The implementation methodology for this study was based on the Identification and characterization of problems, there developed a

diagnosis where one determined the prime movers of the changes of the Coverage of the Earth and there were formulated stages applied by the proposal of methodology by Hevia (Araujo, O. R. 2005) for the Sub basin of the Rio Mocal. As result there were obtained initial periods where they show themselves the area of the coverages of the ground showing increases and decreases of the same one, beginning in the year 2014 and finishing in the year 2035.

**Key words:** Stages, Changes of Coverage, Futurology.

---

**Yessica Yamileth Sosa Reyes**, (yessica.sosa04@gmail.com), Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica. Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

## INTRODUCCIÓN

Debido a los constantes cambios surgidos en el ambiente a lo largo de los años, por múltiples factores, climáticos, naturales, aumento de la población, incorporación de nuevas especies vegetales en coberturas distintas, ataque de plagas, etc, la cobertura de la tierra se ve afectada, distorsionando el origen de la naturaleza, con estos cambios la cobertura de la tierra se ve afectada.

Hoy en día las nuevas tecnologías de la información geográfica, han desarrollado herramientas de trabajo muy importantes, mediante las cuales se pueden llegar a conocer el comportamiento de aspectos físicos naturales de nuestro entorno y que de alguna manera permiten obtener resultados útiles para la disposición, manejo sostenible, la gestión de los recursos naturales, entre otros y que todos estos esfuerzos conlleven a la identificación de los cambios en la Cobertura de la tierra.

Uno de los afluentes más importantes del departamento de Lempira es la del Río Mocal que tiene 56 Km. de largo, con un área de la cuenca de más de 1,000 km<sup>2</sup> y una población de aproximadamente 100,000 habitantes. La gran mayoría de esa población es de origen lenca y sus municipios se encuentran entre los más pobres y menos desarrollado de Honduras según PNUD (PNUD, 2013).

Conocer la prospectiva de la Subcuenca del Río Mocal, dará a conocer el destino o la tendencia, el porvenir y el suceder, con el fin de establecer alternativas para poder desarrollar dentro de la Sub cuenca, estrategias que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones, a que los usos del suelo sean los más acordes a las condiciones que en la Sub cuenca se encuentre, y a que las coberturas de la tierra sean los más indicados para el desarrollo socioeconómico de la Sub Cuenca.

El concepto de Prospectiva supone la fuerza creadora del hombre para dominar y transformar la naturaleza. En razón de ello está estrechamente relacionado con la noción de libertad, entendida como la capacidad que tiene la voluntad para obrar de una manera o de otra. Se podría decir que la construcción del futuro no fuera ni posible ni entendible si el hombre no tuviera la suficiente libertad para llevarla a cabo. Pero, a su vez, la voluntad obra movida por la claridad que le proporciona el intelecto (Mojica 1999).

El diseño de esta investigación se basó en un enfoque cuantitativo en donde se espera obtener visiones futuristas a 20 años, en cuanto lo tendencial y conservacionista. Utilizando estadísticas de las variables de cobertura de la tierra en la Sub cuenca del Río Mocal, Lempira. Deductivo de acuerdo a las observaciones visuales en el

terreno y observaciones visuales en las imágenes satelitales y probatorio de los diferentes tipos de coberturas de la tierra establecidos para esta investigación.

Es por ello que fue necesaria esta investigación, conocer de cierta manera como en una determinada zona, la dinámica del cambio que se había estado manifestando, puede dar indicios de como de acuerdo a la tendencia, el destino más adecuado o el porvenir puede llegar a marcar pautas para el control y manejo de los recursos naturales de la cobertura de la tierra y el uso adecuado del suelo.

## METODOLOGÍA

Para realizar esta investigación la metodología se desarrolló en dos Fases:

### Fase I:

*Identificación y caracterización de problemas:* se desarrolló un diagnóstico en donde se determinó las causas principales de los cambios de la cobertura de la tierra (Físico, Socioeconómico y cultural), se identificaron algunos problemas relacionadas al cambio de la cobertura de la tierra de la sub cuenca del Río Mocal.

### Fase II:

*Formulación de Escenarios:* Se aplicó la metodología propuestas por Hevia(Araujo, O. R. 2005) para el análisis prospectivo de la Subcuenta del Río Mocal, que consistió en la siguiente descripción:

*Destino:* se desea el futuro por vía de descubrimiento. En este contexto corresponde a "adivinación", por ejemplo, el descubrimiento de la suerte de una persona, o de la "profecía" como aquella que trata acerca del destino de una población o de una cultura específica.

*Porvenir:* futuro basado en la agrupación de posibles situaciones de la naturaleza en un plazo más o menos lejano. Descripción imaginaria, situándose en el contexto de lo utópico o de la ciencia-ficción.

*Suceder:* dado bajo un contexto histórico, el futuro se convierte en objeto del discurso de la acción.

La población y muestra definida para este estudio es: en el área de la Sub cuenca del Río Mocal, y su muestra se basó en los porcentajes de cambio de la cobertura de la Tierra de la Sub cuenca del Río Mocal.

## RESULTADOS

### Fase I: Identificación y Caracterización de Problemas

Se Identificó el área de muestreo como la de la Sub cuenca del Rio Mocal, en el Sur del Departamento de Lempira, se desarrollaron talleres participativos en donde se elaboró un diagnóstico para la recolección de información básica de la caracterización de problemas en el tema ambiental de la Sub cuenca, así como de las condiciones físico naturales de la cobertura de la tierra, en esta etapa participaron miembros de diferentes municipios y organizaciones, así como también de instituciones gubernamentales y cooperantes internacionales, así como lo muestran las Figuras 1 y 2.



**Figura 1.** Diagnostico participativo para conocer problemas que afectan la Sub cuenca del Rio Mocal



**Figura 2.** Diagnostico participativo con Cooperantes Internacionales

### *Resultados de Diagnostico participativo*

Dentro de los resultados obtenidos para conocer la prospectiva a 20 años de la Sub cuenca del Rio Mocal, se desarrolló una caracterización de la Sub cuenca del Rio Mocal, así como también entrevistas a algunos ciudadanos de los municipios de la Sub cuenca del Rio Mocal.

### ***Caracterización de la Sub Cuenca del Rio Mocal***

#### Ubicación Geográfica

La Sub cuenca del Rio Mocal se encuentra ubicada geográficamente entre los Departamentos de Lempira y Ocotepeque, entre las coordenadas 14°33' N a 88°50' 5,963"W tiene una extensión de 119,004.919 Ha., ubicada en el Occidente de Honduras, su extensión comprende 1119.00 M<sup>2</sup>, los municipios del Departamento de Lempira son: Municipios de Gracias, San Manuel Colohete, Cololaca, San Sebastián, San Marcos de Caiquín, Tomalá, Tambla, San Andrés, Santa Cruz, Erandique, Valladolid, Gualcince, La Virtud, Mapulaca, Candelaria y Guarita, los municipios del Departamento de Ocotepeque: Belén Gualcho y San Marcos. (Ver Tabla 1)

**Tabla 1.** Municipios de la Sub Cuenca del Río Mocal

No.	Departamento	Municipio	Area Total del Municipio Ha.	Area K2	Area Ha.
1	Lempira	Gracias	44904,912	6,8934	689,34
2		Candelaria	5319,797	4,0861	408,61
3		Cololaca	22535,442	3,05	305
4		Erandique	29665,703	29,1751	2917,51
5		Gualcinca	16277,859	71,4107	7141,07
6		Guarita	18034,071	2,6147	261,47
7		La Virtud	8896,458	68,2215	6822,15
8		Mapulaca	3248,905	12,8084	1280,84
9		San Andrés	24682,833	245,7066	24570,66
10		San Manuel de Coloheta	18293,915	124,4768	12447,68
11		San Sebastián	22195,15	206,1944	20619,44
12		Santa Cruz	15134,625	96,5566	9655,66
13		Tambla	5856,84	43,6557	4365,57
14		Tomalá	4765,925	47,6598	4765,98
16		Valladolid	7830,983	63,3049	6330,49
16		San Marcos de Caiquin	9657,988	62,1307	6213,07
17	Ocoatepeque	Belén Gualcho	15638,563	97,8633	9786,33
18		San Marcos	16922,335	4,2407	424,07
<b>TOTAL</b>			<b>289862,204</b>	<b>1190,04</b>	<b>119004,94</b>

Fuente: Elaboración propia con datos SINIT

Límites de la Sub cuenca del Río Mocal:

AL Norte: con los municipios del departamento de Lempira,

Al Sur: con el Río Lempa y El Salvador,

Al Este: con el departamento de Intibucá y

Al Oeste: con el Departamento de Ocoatepeque y el departamento de Lempira.

Dentro de la sub cuenca del Río Mocal están comprendidos alrededor de 633 caseríos, de los cuales suman una población aproximada de 161,016 habitantes (INE, 2012).

La altitud máxima dentro de la Sub cuenca del Río Mocal va desde los 2836 m.s.n.m., alturas mínimas que van desde los 56 m.s.n.m. y altura promedio es de 1,403.5 m.s.n.m.

## Hidrografía

El área de la Sub cuenca del Río Mocal se encuentran alrededor de unas 280 redes de drenaje de ríos secundarios y quebradas superficiales, teniendo su nacimiento en el municipio de Belén Gualcho, Ocotepeque, con una longitud aproximada de 77 kilómetros.

La Sub cuenca del Río Mocal se encuentra en la Región Lempa, número 14, que comprende los departamentos de; Intibucá, La Paz, Lempira y Ocotepeque (SEPLAN, 2011).

## Áreas Protegidas

En el área de la Sub cuenca del Río Mocal se ubican 3 áreas protegidas:

El Parque Nacional Montaña de Celaque el cual recientemente cambio de categoría y nombre a Reserva del Hombre y la Biosfera “Cacique Lempira, Señor de las Montañas”, propuesto y aceptado en la Vigésimo Séptima Sesión del Consejo Internacional de Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB-ICC) de la UNESCO (Ambiente, 2015).

Esta área protegida se ubicada en el Departamento de Lempira en los municipios de Gracias, San Manuel de Colohete, Flores, en el Departamento de Ocotepeque en los municipios de BelenGualcho y Corquín.

Reserva Biológica Volcán Pacayita, ubicado en el Departamento de Lempira principalmente en los municipios de Cololaca y San Sebastián, en el Departamento de Ocotepeque los municipios de BelenGualcho y San Marcos.

Parque Nacional Congolón Piedra Parada y Coyocutena, ubicado geográficamente en el Departamento de Lempira en los municipios de San Andrés, Gualcinco y Erandique.

## Cobertura Forestal

La cobertura Forestal de Honduras fue elaborada por la Unidad de Monitoreo Forestal del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) con el apoyo técnico y financiero del Programa Regional REDD/CCAD-GIZ durante los años 2013-2014 generado a partir de la clasificación e interpretación de imágenes del satélite Rapid Eye de los años 2012 y 2013.



El Mapa cuenta con 5 macro categorías; Bosque, Agropecuario, Cuerpos de agua, Agroforestal y Otros usos (no bosque). Estas se dividen en 26 sub categorías.

Se ha estimado la cobertura forestal de nuestro país en 5,398.13 de hectáreas, distribuyéndose de la siguiente forma:

57.5% de bosque Latifoliado (3,101,574.31ha)

36.3% de bosque de conífera (1,960,511.08ha)

5.3% de bosque mixto (284,473.76 ha)

1.0% de bosque de mangle (51,578.18 ha)

La superficie cubierta de bosque representa el 48% del territorio hondureño.

De acuerdo a este mapa forestal, se encontraron un total de 14 clases de cobertura forestal en la sub cuenca del Rio Mocal (Ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Coberturas Forestales en la Sub cuenca del Rio Mocal

No.	Cobertura	Área Ha.	Porcentaje
1	Bosque Latifoliado Húmedo	2018,7	1,70
2	Bosque Latifoliado Deciduo	5913,44	4,97
3	Bosque Mixto	5807,11	4,88
4	Bosque de Conífera Denso	18148,8	15,25
5	Bosque de Conífera Ralo	3134,05	2,63
6	Vegetación Secundaria Húmeda	6978,81	5,86
7	Vegetación Secundaria Decidua	11391,1	9,57
8	Agricultura Tecnificada	13,9875	0,01
9	Pastos / Cultivos	59838,45	50,28
10	Cafetales	2184,26	1,84
11	Otras superficies de Agua	52,315	0,04
12	Zonas Urbanas Discontinuas	171,203	0,14
13	Suelo Desnudo Continental	178,28	0,15
14	Arboles dispersos fuera de Bosque	3174,02	2,67
		119004,526	100

Fuente: Mapa Forestal, 2014

Los resultados fueron validados realizando un recorrido en campo, con áreas de muestreo de puntos al azar en todo el área, además de ello se realizaron pláticas con líderes municipales, ex alcaldes que mostraron interés en conocer cuánto y cómo el comportamiento de las coberturas de la tierra (ver Figura 3).



**Figura 3.** Reunión con autoridades del Municipio de San Sebastián, Lempira.

Se analizó entre todos los participantes sobre cuál es el área prioritaria para desarrollar el análisis del cambio de la cobertura de la tierra, lo cual se llegó a la conclusión sería la de toda la Sub cuenca del Río Mocal que desemboca al Río Lempa, por su interés ambiental, económico y social.

Dentro de los aspectos físico, socioeconómicos y ambientales se puede decir que existe un Modelo de Gestión de los Recursos Hídricos en el Sur de Lempira, en donde la gestión del agua en el sur del departamento de Lempira es realizada por el Comité Central Pro Agua y Desarrollo Integral de Lempira COCEPRADIL), que es una organización social de base integrada por diferentes juntas administradoras de agua, atendiendo 200 comunidades distribuidas en 16 municipios, con una cobertura de 10,000 familias conformadas por 40,540 personas (FAOHN, 2012).

Como resultado de la clasificación en el análisis multitemporal (Reyes, Y.Y. 2014) se desarrollóprevia a esta investigación se muestra la siguiente tabla conteniendo las áreas para las 6 coberturas de la sub cuenca del Río Mocal.

En la Tabla 3, de la distribución de áreas de acuerdo a la cobertura de la tierra de la Sub cuenca del Río Mocal por Hectárea y Porcentaje, el estudio basado en el

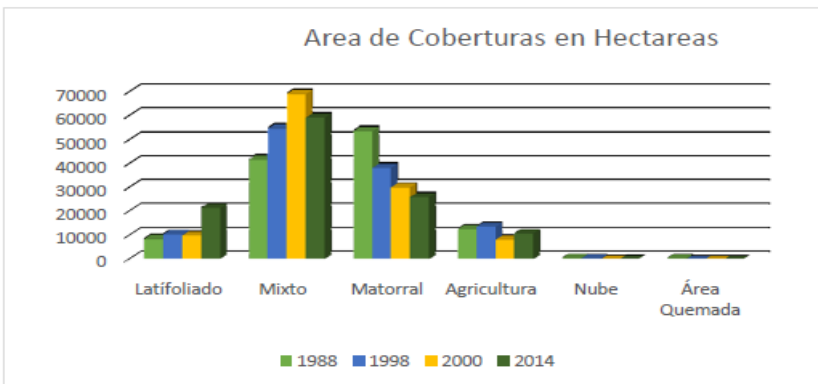
análisis multitemporal de la Sub cuenca del Río Mocal, en donde se tomaron como muestras a la variable de cobertura de la Tierra, los años 1988, 1998, 2000 y 2014.

**Tabla 3.** Tabla de distribución de Clases de Cobertura por año y en Porcentaje

Clases de Cobertura	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
	1988		1998		2000		2014	
Latifoliado	8813.7	7,39	10788.3	9,05	10338.9	8,68	21730.4	18,25
Mixto	42167.9	35,36	55111.3	46,25	69599.6	58,45	59678.1	50,11
Matorral	54083.3	45,36	38721.8	32,49	30506.3	25,62	26324.9	22,11
Agricultura	12916.9	10,83	14009.9	11,76	8552.16	7,18	11155.2	9,37
Nube	726.66	0,61	534.24	0,45	81.63	0,07	196.2	0,16
Área Quemada	528.39	0,44	0	0	0	0	0	0
TOTAL	119236,85	100	119165,54	100	119078,59	100	119084,8	100

Como se observa en la Figura 4, así como en laTabla 3, se muestra, que para la cobertura bosque de Latifoliado tiene un aumento en el año 2014 en comparación al año 1988, en el caso de la cobertura de Mixto tiene un aumento en el año 2000 a diferencia del año 1998 que presenta menos cobertura, con respecto a la cobertura de Matorral presenta mayor cobertura en el año 1988 en cambio para el año 2014 una disminución de su cobertura y para la cobertura de Agricultura los cambios son significativos teniendo un leve crecimiento en el año 1998, las coberturas de nube y área quemada no se presentan en todos los años por lo que sus valores son muy bajos. (Reyes, 2015).

Basándonos en estos resultados de datos en Hectáreas se proyectan los porcentajes de la cobertura de la tierra para los próximos 20 años se muestra en la figura 4.



**Figura 4.** Tipos de coberturas en periodos de tiempo

Muestra que para la cobertura de Bosque Mixto varia en los 4 años, mas sin embargo es la cobertura con más cambios de crecimiento, sin embargo la cobertura de Matorral varía de acuerdo al periodo de marcación, declinando sus valores encontrados.

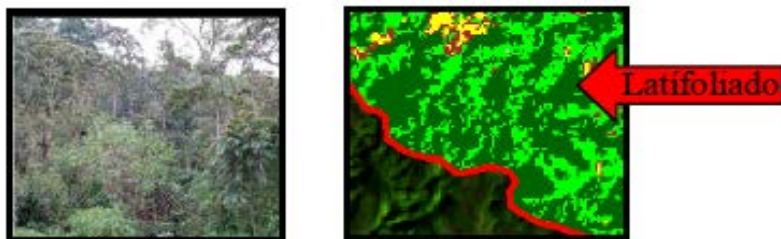
## **Fase II. Formulación de Escenarios**

Para la formulación de los escenarios se muestra las variables de acuerdo a la representación de la cobertura de la tierra que se encontró en la Sub cuenca del Rio Mocal.

Durante la identificación de coberturas de la tierra en el muestreo realizado se encontró las siguientes:

### **Bosque Latifoliado:**

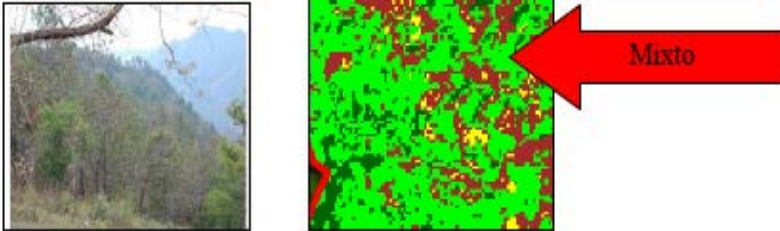
En el Bosque Latifoliado de la Sub cuenca del Rio Mocal predominan las especies de hoja ancha, la condición siempre verde se refiere a que más del 75% de la cobertura está conformada por individuos que no pierden sus hojas. La altura de la cobertura de este tipo de bosques alcanza hasta los 40-50 m, en la zona del Mocal se observan como bosques densos, cerrados y dispersos, entre las principales especies que podemos encontrar en el área: Roble (*Quercus* sp), Encino (*Quercus*), liquidámbar (*Liquidambarstyraciflua*), cedro (*Cedrelaodorata*), caoba (*Swieteniamacrophylla*), acacia (*Delonix regia*), ciprés (*Cupressuslucitanica*), cedro espino (*Bombacopsisquinata*), guancaste(*Enterolobiumcyclocarpum*), indio desnudo(*Bursera simaruba*), Cortes (*Tabebuiachrysantha*), ciruela silvestre, jobo etc., (ver Figura 5).



**Figura 5.** Ilustración de Bosque Latifoliado en Fotografía y en Imagen Satelital con proceso de clasificación y asignación de clase.

### Bosque Mixto:

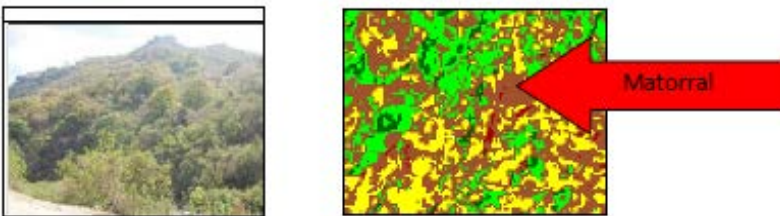
Los bosques mixtos están asociados con las formaciones de bosque de latifoliado (Robles y Encinos) en combinación con coníferas. Las mezclas principales son de Pinusocarpa y Pinusmaximinoi con varias especies del género Quercus, (ver Figura 6).



**Figura 6.** Ilustración de Bosque Mixto en Fotografía y en Imagen Satelital con proceso de clasificación y asignación de clase.

### Matorral:

Es un campo caracterizado por una vegetación dominada por arbustos, plantas de porte herbáceo. El matorral también puede surgir como consecuencia de la actividad humana, (ver Figura 7).

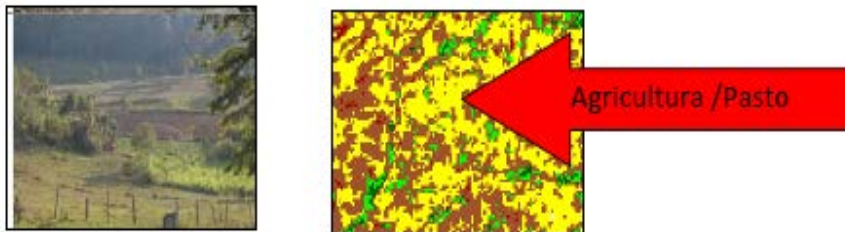


**Figura 7.** Ilustración de Matorral en Fotografía y en Imagen Satelital con proceso de clasificación y asignación de clase.

### Agricultura/ Pasto:

*La Agricultura:* Es la actividad agraria que comprende todo un conjunto de acciones humanas que transforma el medio ambiente natural, con el fin de hacerlo más apto para el crecimiento de las siembras. Entre los principales cultivos agrícolas: maíz, frijol, hortalizas, caña de azúcar, plátanos, en condiciones dispersas. Muy poca presencia de agricultura tecnificada.

*El Pasto*: Representa la superficie destinada a los diferentes cultivos agrícolas, áreas de pasto con o sin manejo y vegetación arbustiva, producto de la sucesión vegetal, al dejar abandonadas las áreas de cultivos, áreas destinadas a la actividad agrícola especialmente de la zona baja de la Sub cuenca del Río Mocal, (ver Figura 8).



**Figura 8.** Ilustración de Agricultura/Pasto en Fotografía y en Imagen Satelital con proceso de clasificación y asignación de clase.

Con la utilización de se llevó a cabo con la utilización de herramienta de Matriz en donde hace una comparación de dos imágenes para conocer la ganancia y la pérdida de cada una de ellas, esto con la finalidad sobre cómo se manifestó el comportamiento de crecimiento y decrecimiento de las coberturas y por ende la cobertura de la tierra para la Sub Cuenca del Río Mocal.

Este proceso se realiza con la comparación de dos o más imágenes. Con el fin de conocer la dinámica del cambio ocurrido para este estudio desarrollando tres estados del tiempo, 1988-1998, 1998-2000 y 2000-2014.

Se generó una recodificación que automáticamente el sistema de Matriz lo realiza de acuerdo al número de clases encontradas, para este caso seis clases encontradas, 1: Nube, 2: Área Quemada, 3: Latifoliado, 4: Mixto, 5: Matorral y 6: Agricultura, (ver figura 9).

Los colores mostrados en la Figura 10 muestran las áreas con cambio, sin cambio y las coberturas que se mantenían, a continuación, la descripción de la asignación de los colores.

matriz88\_14.img

Flow	Histogram	1988_jornedat_recode_subot value	2014_jornedat_recode_cote value	Color	Opacity	Class_Name
0	0	0	0	0	1	
1	65797	1	1	1	1	No Cambio
2	26298	1	2	2	1	
3	3700	1	3	3	1	Perdido_Lafolledo
4	1766	1	4	4	1	Perdido_Lafolledo
5	144	1	5	5	1	Perdido_Nube
6	140290	2	1	1	1	
7	233735	2	2	2	1	No Cambio
8	59675	2	3	3	1	Perdido_Miso
9	20496	2	4	4	1	Perdido_Miso
10	1982	2	5	5	1	Perdido_Miso
11	89793	3	1	1	1	Generacia_Lafolledo
12	242026	3	2	2	1	Generacia_Miso
13	181774	3	3	3	1	No Cambio
14	86712	3	4	4	1	
15	1477	3	5	5	1	
16	8165	4	1	1	1	Generacia_Lafolledo
17	32278	4	2	2	1	Generacia_Miso
18	52397	4	3	3	1	
19	49371	4	4	4	1	
20	312	4	5	5	1	
21	1798	5	1	1	1	Generacia_Lafolledo
22	2776	5	2	2	1	Generacia_Miso
23	1966	5	3	3	1	
24	1903	5	4	4	1	
25	43	5	5	5	1	
26	5998	6	1	1	1	Generacia_Lafolledo
27	11328	6	2	2	1	Generacia_Miso
28	1863	6	3	3	1	
29	825	6	4	4	1	
30	488	6	5	5	1	

Figura 9. Matriz para la Validación de la Información de la cobertura de la tierra

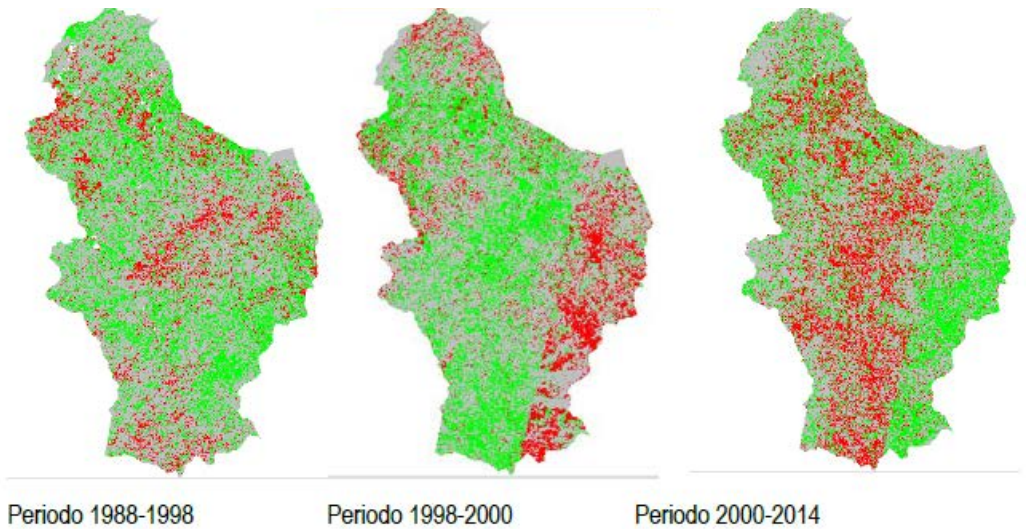


Figura 10. Decremento y Aumento de las coberturas de la Sub cuenca del Rio Mocal.

### Resultado de la Matriz de cada periodo

- Rojo: o decremento, cuando ha ocurrido cambios en la cobertura de Latifoliado a Mixto, matorral a pasto o agricultura, de Latifoliado a matorral, coberturas de mixto a matorral.
- Verde: o aumento de la cobertura cuando cambia de mixto a Latifoliado, de Matorral a Mixto, Matorral a Latifoliado.
- Gris: son aquellas áreas que se mantienen sin cambio en las imágenes.

En base a este análisis podremos definir que para el escenario de Destino estos serán los valores de la cobertura de la tierra de la Sub cuenca del Río Mocal.

### **ESCENARIO DE DESTINO:**

De acuerdo a su proceso de análisis en donde se desea se descubra el futuro de un estado de acuerdo a lo que por naturaleza se ha ido desarrollando el entorno, en la sub cuenca del Río Mocal el Escenario Destino se construyó a partir de indicadores de monitoreo ambiental, como ser; planes de manejo, áreas bajo protección contra incendios forestales, Ríos principales abastecedores de agua, entre otros, así mismo los socioculturales como ser aquellos relacionados con la organizaciones que velan por el funcionamiento sostenible y efectivos de sus áreas de producción, poblaciones asentadas en áreas de uso especial, organizaciones involucradas en el mejoramiento productivo, organismo locales involucrados en los procesos ambientales, etc.

En este escenario se puede apreciar que de acuerdo a lo ya antes mencionado sobre los diferentes tipos de cobertura de la Tierra encontrados se muestra un posible Escenario de Destino (Ver Figura 11).





**Figura 11.** Escenario Destino

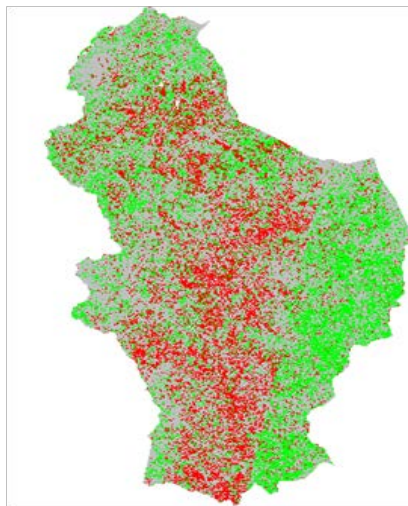
**Tabla 4.** Matriz para la validación de la información de la cobertura de la Tierra.

Clase de Cobertura	2014 Ha	%	2035 Ha	%
Latifoliado	21730.4	18,25	26715,38	22,4
Mixto	59678.1	50,11	57906,15	48,6
Matorral	26324.9	22,11	25249,92	21,2
Agricultura	11155.2	9,37	9213,35	7,73
TOTAL	119084,8	100	119084,8	100

Como lo muestra la Tabla 4, los valores de acuerdo al año inicial 2014 y en hectáreas, así como el año final 2035 y en hectáreas de las coberturas de la tierra de la Subcuenca del Río Mocal, mostrando el posible escenario destino para la cobertura de bosque latifoliado sufre un aumento en la cobertura pasando de un 18, 25% a un 22, 4 % un aumento de 4.15%, así mismo el valor de la cobertura de Mixto sufre una leve disminución en su cobertura del 1.51%.

## ESCENARIO DE PORVENIR:

Para desarrollar este escenario fue necesaria la utilización de matriz de confusión en donde se obtuvieron las tasas de cambio de la cobertura de la tierra, previsto en el análisis multitemporal de la cobertura de la tierra de la sub cuenca del Río Mocal (Reyes, 2015), en este escenario muestra como la cobertura de Bosque Latifoliado se ve mayor mente influenciado, con remarcada visualización en la cobertura de matorral, dejando entrever pequeñas manchas de la cobertura agrícola, (ver Figura 12).



**Figura 12.** Tasas de Cambio en la cobertura de la tierra

**Tabla 5.** Tasa de cambio en la cobertura de la Tierra de la Sub cuenca del Río Mocal.

Cobertura	Superficie Has. 2000	Superficie Has. 2014	Tasa de Cambio
Latifoliado	10338.9	21730.4	+5.41
Mixto	69599.6	59678.1	-1.09
Matorral	30506.3	26324.9	-1.04
Agricultura / Pasto	8552.16	11155.2	+1.90
Desconocido		11351.4	

La Tabla 5, muestra cambios positivos en la recuperación de la Cobertura de Latifoliado con +5.41, al igual que la Agricultura / Pasto, las coberturas de Mixto y Matorral muestran una leve perdida con respecto al periodo anterior. Sin embargo

en la cobertura de Bosque Mixto y Matorral se muestra un dato negativo debido a la dominancia de la especie, este dato significativo resalta la secuencia con que se ha venido desarrollando el crecimiento de cada una de las coberturas, influenciada por varios factores.

De acuerdo a este resultado el Escenario Porvenir a 20 años de la Sub cuenca del Rio Mocal se manifiesta en donde la cobertura de Bosque Latifoliado se ve mayor mente influenciada y muy similar a la cobertura de Bosque Mixto, teniendo pequeñas visualizaciones de la cobertura de agricultura y pasto, (ver Figura 13).



**Figura 13.** Escenario Porvenir, sub cuenca Rio Mocal

**Tabla 6.** Tipo de Cobertura para escenario Porvenir, sub cuenca del Rio Mocal.

Tipo de Cobertura	2014 Ha	%	2035 Ha	%
Latifoliado	21730.4	18,25	37165,38	31.2
Mixto	59678.1	50,11	67906,15	57.02
Matorral	26324.9	22,11	949,92	0.79
Agricultura	11155.2	9,37	1713,35	1.44
Desconocido	-	-	11350	9.55
<b>TOTAL</b>	<b>119084,8</b>	<b>100</b>	<b>119084,8</b>	<b>100</b>

La Tabla 6, muestra los valores de acuerdo al año inicial 2014 y en hectáreas, así como el año final 2035 y en hectáreas de las coberturas de la tierra de la Sub cuenca del Río Mocal, de acuerdo al Escenario de Destino se muestra que para la cobertura de latifoliado sufre un aumento pasando de un 18,25% a un 31,2% un aumento de 12,95%, así mismo el valor de la cobertura de Mixto sufre un aumento en su cobertura del 6.91%, en cambio la cobertura de matorral cambia la tendencia pasando estos valores a formar parte de la cobertura de Latifoliado y la cobertura de bosque mixto, ocasionando cambios altos en la cobertura de la tierra, así mismo se puede apreciar el cambio en la agricultura.

### ESCENARIO DE SUCEDER:

El resultado de este escenario se desarrolló tomando en cuenta los factores que históricamente se manifiestan en el subcuenca del río Mocal, para esta situación se tomó de base el análisis antes realizado en donde a través de un análisis multitemporal de un periodo de 23 años, en donde se conoció cuál es la interacción de la dinámica del crecimiento de acuerdo a los factores climáticos, ambientales y productivos de la sub cuenca del río Mocal. Aquí se encontró que la cobertura de bosque latifoliado es la que más predomina, teniendo a la cobertura de bosque mixto con pequeñas áreas, la cobertura de matorral se manifiesta de manera esporádica en comparación a la cobertura de agricultura y pasto. (Ver Figura 14).



**Figura 14.** Cobertura de la tierra en Escenario Suceder.

**Tabla 7.** Tipo de Cobertura para escenario Suceder, sub cuenca del Rio Mocal.

Tipo de Cobertura	2014 Ha	%	2035 Ha	%
Latifoliado	21730.4	18,25	26715,38	22,4
Mixto	59678.1	50,11	57906,15	48,6
Matorral	26324.9	22,11	7813,34	6.56
Pasto	0	0	17436,58	14.71
Agricultura	11155.2	9,37	9213,35	7,73
TOTAL	119084,8	100	119084,8	100

La Tabla 7, muestra los valores de acuerdo al año inicial 2014 y en hectáreas, así como el año final 2035 y en hectáreas de las coberturas de la tierra de la Sub cuenca del Rio Mocal, mostrando de acuerdo al Escenario de Suceder se muestra que para la Cobertura de Latifoliado se mantiene, al igual que la cobertura de Mixto, y la de agricultura, en cambio la cobertura de matorral se fracciona generando o siendo más visible el cambio en la cobertura de la tierra a una cobertura de pasto, de acuerdo a la tendencia y a las necesidades básicas de la sub cuenca del Rio Mocal, obteniendo para la cobertura de matorral un porcentaje de 6.56% mientras que el pasto con un porcentaje de 14.71%.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- Como apoyo a la prospectiva Sub cuenca del Rio Mocal utilizando las variables de cobertura de la tierra en base estudios anteriormente desarrollados para esta investigación con el mismo propósito, continuar con la misma investigación en donde me muestra resultado en donde se puede proporcionar para mejorar o alertar sobre los diferentes escenarios que se muestran en la Sub cuenca del Rio Mocal.
- En cuanto a la cobertura de matorral muestra una disminución del 15.5% en el Escenario Suceder comenzando con un 22.11% lo que establece que esta cobertura tubo un cambio significativo con posibilidades de pasar de una cobertura a otra, o dejando invadir de acuerdo a las necesidades de la población. el alto descenso.
- Tomando en cuenta la tendencia al crecimiento de la cobertura de la tierra que se le da a cada uno de ellos podemos determinar que no son del todo confiables, influirán otros factores como los climáticos, llámese Huracanes, Fenómeno del Niño o Niña en donde son condiciones naturales difícilmente de

manipular, pero en donde sí se pueden evitar o mantener alternativas ante los posibles cambios.

- Una de los propósitos de desarrollar análisis de prospectiva es dar a conocer cuáles son los posible enfoques, escenarios o visiones que se tiene con respecto a una área geográfica, en este caso conociendo la situación de extrema pobreza que existe en el corredor en donde se ubica la sub cuenca del rio Mocal, muestra la gran necesidad de establecer a futuro alternativas que ayuden a minimizar estos aspectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ambiente, M. (2015). Mi Ambiente. Obtenido de <http://www.miambiente.gob.hn/index.php/noticias/48-consejo-internacional-inscribio-el-parque-nacional-montana-de-celaque-como-reserva-del-hombre-y-la-biosfera-cacique-lempira-senor-de-las-montanas>
- Araujo, O. R. (2005). Metodología de Escenarios: ¿Utopía o Concreción Prospectiva en las Ciencias Sociales? Obtenido de en <http://www.iaeaal.usb.ve/90/90-3.pdf>
- FAO, F. a. (2005). Sistema de Clasificación de cobertura de la Tierra, conceptos de clasificación y Manual del Usuario versión 2 del programa. Roma: FAO.
- FAOHN. (2012). Taller de Búsqueda de consenso para la Formulación de Estrategia de Bienes y Servicios Ambientales (BSA) de los Municipios Verdes del Departamento de Lempira. Tegucigalpa, MDC, Honduras.
- INE, I. N. (2012). Censo Población y Vivienda. Tegucigalpa, Honduras.
- PNUD, (2013), Informe de Índice de Desarrollo Humano Honduras 2013
- REDD-CCAD-GIZ, P. (2011). Tipos de Bosques y contexto del mapeo de la cobertura forestal. Obtenido de [http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc\\_1170376601.pdf](http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1170376601.pdf)
- Reyes, Y. Y. (2015). AnálisisMultitemporal de Cobertura de la Tierra de la Subcuenca del Rio Mocal, Lempira, Honduras, durante el periodo de los años 1988 al 2014.
- SEPLAN, S. T. (24 de septiembre de 2011). SINIT CD de Presentación. Tegucigalpa, Honduras.

# *Distribución geoespacial de los espacios públicos en la Ciudad de Comayagua, Honduras*

Celina Michelle Sosa Caballero

## Resumen

El equilibrio territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad de Comayagua y la clasificación de los espacios públicos según el tipo de administración, se analizan en el presente artículo, "Distribución Geoespacial de los Espacios Públicos en la ciudad de Comayagua, Honduras", para conocer sobre la disponibilidad de los espacios públicos en la ciudad de Comayagua. Para cumplir con el objetivo de analizar la distribución de los espacios públicos para el equilibrio territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad de Comayagua, metodológicamente, se ha hecho uso de las herramientas que proporcionan los softwares de sistemas de información geográfica para analizar la concentración y dispersión de la infraestructura cultural, recreativa y deportiva en relación al centro de la ciudad y la clasificación de los espacios públicos según el tipo de actividad y su naturaleza: sector público municipal, sector público central, privada, organización sin fines de lucro y organización religiosa. Del análisis de los mapas se concluye que la mayor parte de las instalaciones son deportivas, existiendo muy poca dotación de instalaciones culturales. Sobre la distribución geoespacial, hay tres tendencias, una, la ubicación de instalaciones deportivas se distribuye por toda la ciudad, la otra, las instalaciones culturales se concentran en torno al centro de la ciudad y la tercera, la poca disponibilidad de parques y plazas residenciales donde los vecinos de una colonia o barrio puedan realizar sus actividades de recreación.

**Palabras Clave:** Distribución Espacial, Espacios Públicos, Infraestructura cultural, Infraestructura Recreativa.

## Abstract

The territorial balance of the recreational and cultural offer of the city of Comayagua and the classification of the public spaces according to the administration type, are analyzed in the article "Geospatial Distribution of the Public Spaces in the city of

Comayagua, Honduras”, to know of the availability of the public spaces in the city of Comayagua. To reach the objective to analyze the distribution of public spaces for the territorial balance of cultural and recreational offer of the city of Comayagua, methodologically, we use the tools of geographic system information for analyzing the concentration and dispersion of the cultural, recreation and sport infrastructure in relation to the center of the city and to make a classification of the public spaces according by type of activity and the nature municipal public sector, central public sector, private, nonprofit and religious organization. Of the analysis of the maps we conclude that most part are sport installation, there are less appropriations of cultural installation. About the geospatial distribution, there are three tendencies, one, the location of sport installation is distributed throughout the city, the cultural installation is concentrate in the center of the city and third, the limited availability of parks and residential places where residents of a neighborhood to make their recreation.

**Keywords** : Spatial Distribution, Public Spaces, Cultural infrastructure, Recreational Infrastructure.

---

**Celina Michelle Sosa Caballero** (sosacelina@yahoo.com) Departamento de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.



## INTRODUCCIÓN

El equilibrio territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad de Comayagua y la clasificación de los espacios públicos según el tipo de administración, se analizan en el presente artículo, “Distribución Geospacial de los Espacios Públicos en la ciudad de Comayagua, Honduras”, para conocer sobre la disponibilidad de los espacios públicos en la ciudad de Comayagua.

En la Agenda 21 Cultural aprobada en mayo del 2004 por ciudades y gobiernos locales de todo el mundo, en el tema de cultura, sostenibilidad y territorio, se define los espacios públicos como: “espacios de cultura”. Así mismo, en la Agenda de Ordenamiento Territorial del Concejo Centroamericano de Vivienda y Asentamientos Humanos –CCVAH- (2010), entre los principios se contempla la calidad del espacio público: “los espacios públicos son elementos esenciales para la vida, dinamismo, identidad y cultura de un asentamiento humano, razón por lo que estos deben ser diseñados y ubicados de forma que respondan a estas funciones. Deben articularse funcionalmente con la vivienda entre otros espacios, integrándose de tal forma que no se conviertan en lugares propicios para afectar la seguridad ciudadana” (CCVAH, 2010).

Partiendo de los principios de que “la diversidad cultural es tan necesaria para la humanidad como la biodiversidad para la naturaleza; la diversidad de las expresiones culturales comporta riqueza y la importancia de un ecosistema cultural amplio, con diversidad de orígenes, agentes, contenidos y diálogo, convivencia e interculturalidad como principios básicos de la dinámica de relaciones ciudadanas” (Ciudades y Gobiernos Locales Unidos, 2006), contar con un análisis del equipamiento de la oferta cultural y recreativa de la ciudad de Comayagua, Honduras es un paso importante para mejorar las condiciones de habitabilidad urbana para el desarrollo personal de los ciudadanos.

En la literatura revisada se han identificado varias definiciones sobre espacios públicos, la más general de ellas los define como: “los espacios públicos son bienes colectivos que pertenecen a todos los ciudadanos. Ningún individuo o grupo puede verse privado de su libre utilización, dentro del respeto a las normas adoptadas en cada ciudad” (Ciudades y Gobiernos Locales Unidos, 2006), de la que se destaca el principio de bien público de estos espacios.

Para identificar las categorías en que se podía clasificar la infraestructura de la oferta cultural y recreativa de la ciudad de Comayagua se consideraron los conceptos de patrimonio tangible contenida en el Informe de Desarrollo Humano

– Honduras 2003, La Cultura: Medio y Fin del Desarrollo Humano y los conceptos de Clasificación de Parques y Áreas de Reserva, Clasificación Deportiva contenida en Clasificación de Parques y Áreas de Reserva; y la Clasificación Deportivas del Sistemas de Espacios Libres y Equipamientos de la AMDC, del Avance Plan Territorial Tegucigalpa (2000).

## MEDOTOLÓGÍA

Apartir de la literatura revisada, se identificaron las categorías de clasificación de la infraestructura de espacios públicos de la ciudad de Comayagua; las fuentes consultadas son: Guía de la Arquitectura Comayagua; Guía Turística Bienvenidos a Comayagua Honduras; Comayagua La Ciudad de los Museos; Google Earth; Google Maps; Visitas de Campo.

Con la información obtenida de estas fuentes se crearon las bases de datos que contiene la clasificación de la infraestructura de los espacios públicos. La base de datos se divide en dos aspectos: una que contiene las coordenadas UTM de la infraestructura encontrada y la otra que contiene el área en km<sup>2</sup> de las infraestructuras de los espacios públicos.

Se ha diseñado un procedimiento metodológico que con la ayuda de herramientas de sistemas de información geográfica que permita los cálculos y localización de las categorías seleccionadas de espacios públicos.

1. Identificación de literatura sobre la ciudad de Comayagua: se buscó información sobre la infraestructura existentes de los espacios públicos en la ciudad de Comayagua.
2. Identificar las actividades que define la oferta cultural y recreativa que existen en la ciudad de Comayagua y clasificarla de acuerdo a los criterios definidos: se realizó una clasificación de la oferta cultural y recreativa según las actividades de la oferta cultural y recreativa de la ciudad de Comayagua.
3. Localización del equipamiento con Google Earth y Google Maps según los criterios de clasificación y elaboración de mapa con software especializado en sistemas de información geográfica: se elaboró una base de datos con un sistema de coordenadas de la infraestructura encontrada y se realizó

la elaboración de mapas con softwares especializados para sistemas de información geográfica.

4. Análisis del Equilibrio Territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad de Comayagua: Se hizo una relación de la distribución espacial de la infraestructura de la oferta cultural y recreativa en relación a las aéreas de residencia de la ciudad y al centro tomando como paramento la distancia entre la plaza central de la ciudad y las residencias.
5. Análisis de las categorías en que se ha clasificado la infraestructura según el tipo de actividad y su naturaleza sector público municipal, sector público central privada y organización sin fines de lucro y organización religiosa.

## RESULTADOS

Los resultados encontrados se han analizado encinco categorías, la primera, características y distribución espacial de los espacios públicos de la ciudad de Comayagua donde se identifican el tipo de instalaciones de la infraestructura de espacios públicos, la segunda, distancia en relación al centro de la ciudad donde se analiza la concentración y dispersión de la infraestructura cultural, recreativa y deportiva en relación al centro, la tercera, concentración y dispersión de infraestructuras de espacios públicos donde se analizara la concentración y dispersión de los espacios públicos en la ciudad de Comayagua, la cuarta, clasificación de la infraestructura de la oferta cultural y recreativa según tipo de administración donde se clasifica la infraestructura de los espacios públicos según el tipo de administración y la quinta, equilibrio territorial en metros cuadrados de instalaciones de la oferta cultural y deportiva por habitante donde se analiza el equilibrio territorial de las instalaciones de la oferta cultural y deportiva de la ciudad de Comayagua.

### 3.1. Características y Distribución Geoespacial de los Espacios Públicos de la Ciudad de Comayagua, Honduras

Se ha identificado y clasificado el tipo de instalaciones de la oferta cultural y recreativa de la ciudad, obteniendo un total de 62 instalaciones, donde el 19.12% corresponde a canchas de fútbol de barrios y colonias, el 14.71% corresponde a canchas de baloncesto, el 13.24% corresponde a los parques y plazas, y las

instalaciones con valores relativos más bajos corresponden a cines, casa de la cultura, estadios, campo de golf y teatros (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Instalaciones del Equipamiento de la Oferta Cultural y Recreativa de la Ciudad de Comayagua 2015

Tipo de Infraestructura	Absoluto	Relativo
Bibliotecas	5	8.06
Canchas de Fútbol de Colonia o Barrio	13	20.97
Canchas de Futbolito Privadas	7	11.29
Canchas FENAFUTH	3	4.84
Canchas de Baloncesto	10	16.13
Canchas Centros Universitarios Sede Comayagua	3	4.84
Cines	1	1.61
Casa de la Cultura	1	1.61
Estadios	1	1.61
Museos	4	6.45
Parques	9	14.52
Áreas Protegidas	3	4.84
Campo de Golf	1	1.61
Teatros	1	1.61
Total	62	100.00

Fuente. Elaboración Propia de Base de datos Febrero – Julio 2015

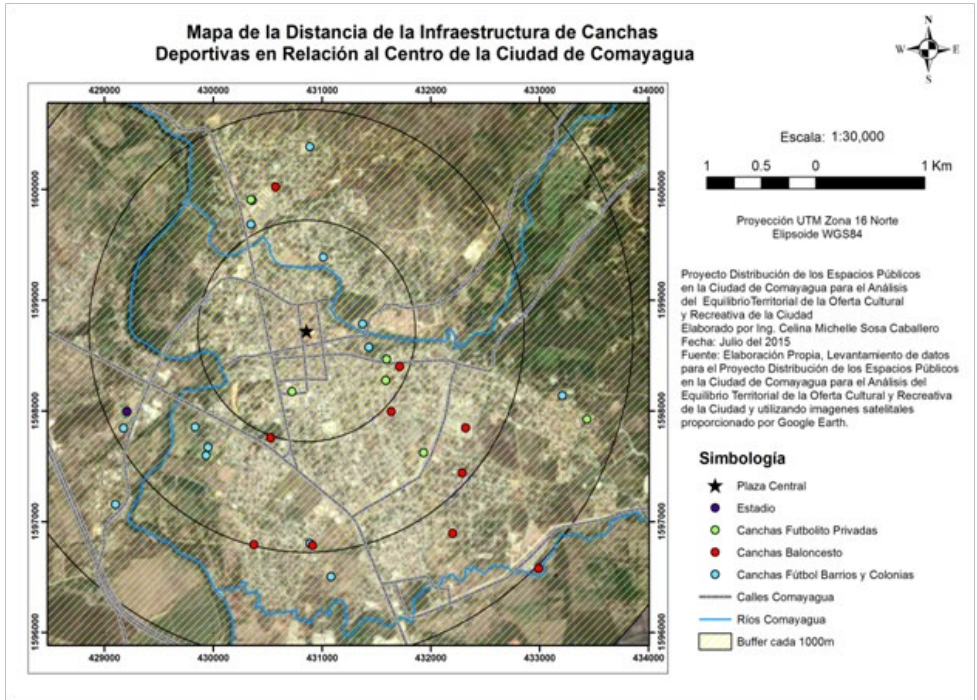
### 3.2. Distancia en Relación al Centro de la Ciudad

Utilizando la herramienta buffer del software SIG se ha elaborado 4 mapas para medir la distancia de las instalaciones de las distintas categorías de espacios públicos en relación al centro de la ciudad, el punto de referencia es la Plaza Central de Comayagua y el rango de medición de distancia es de 1000m a partir de ese punto.

#### 3.2.1. Infraestructura Deportiva

##### 3.2.1.1. Canchas Deportivas

Las instalaciones de canchas deportivas son el Estadio Municipal, las canchas de futbolito privadas, las canchas de baloncesto y las canchas de fútbol de barrios y colonias (ver Figura 1).



**Figura 1.** Distancia de la Infraestructura de Canchas Deportivas en Relación al Centro de la Ciudad de Comayagua 2015

Las instalaciones de canchas deportivas se encuentran dispersas en la ciudad, pero la principal concentración se da entorno a los 2000m de distancia de la plaza central, donde se concentra el 58.06% de las instalaciones deportivas (ver tabla 2).

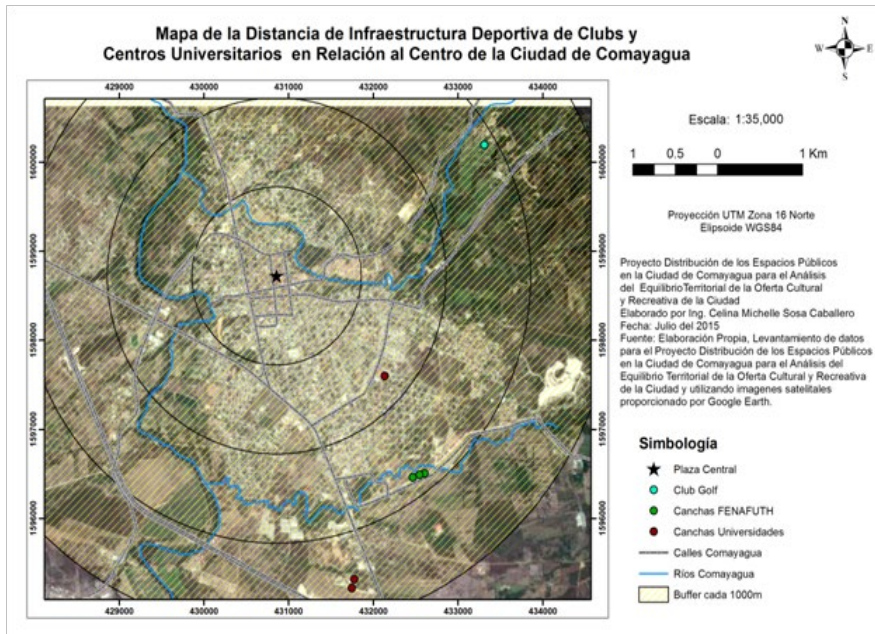
**Tabla 2.** Número de Instalaciones de Canchas Deportivas y Distancia en Relación a la Plaza Central 2015

Distancia Respecto a la plaza central	Porcentaje de instalaciones
1000	22.58
2000	58.06
3000	16.13
4000	3.23
	100.00

Fuente. Elaboración propia en base a datos en relación al mapa Distancia de la infraestructura de Canchas Deportivas en Relación al Centro de la Ciudad de Comayagua

### 3.2.1.2. Infraestructura Deportiva de Centros Universitarios y Clubs

En la ciudad de Comayagua se puede identificar dos tipos de instalaciones deportivas, las de los centros universitarios y clubs, el club de golf y las canchas que se encuentra en las sedes universitarias y las canchas que pertenecen a la FENAFUTH (ver Figura 2). La principal concentración se da a los 3000m de la plaza central donde se encuentra el 57.14% de instalaciones (ver tabla 3).



**Figura 2.** Distancia de Infraestructura Deportiva de Centros Universitarios y Clubs en Relación al Centro de la Ciudad de Comayagua 2015

**Tabla 3.** Número de Instalaciones Deportivas de Centros Universitarios y Clubs, y Distancia en Relación a la Plaza Central 2015

Distancia Respecto a la Plaza Central	Porcentaje de Instalaciones
2000	14.29
3000	57.14
4000	28.57
	100.00

Fuente. Elaboración propia en base a en relación al Mapa de la Distancia de Infraestructura de Clubs y Centros Universitarios en Relación al Centro de la Ciudad de Comayagua

### 3.2.2. Áreas Recreativas

#### 3.2.2.1. Parques y Plazas

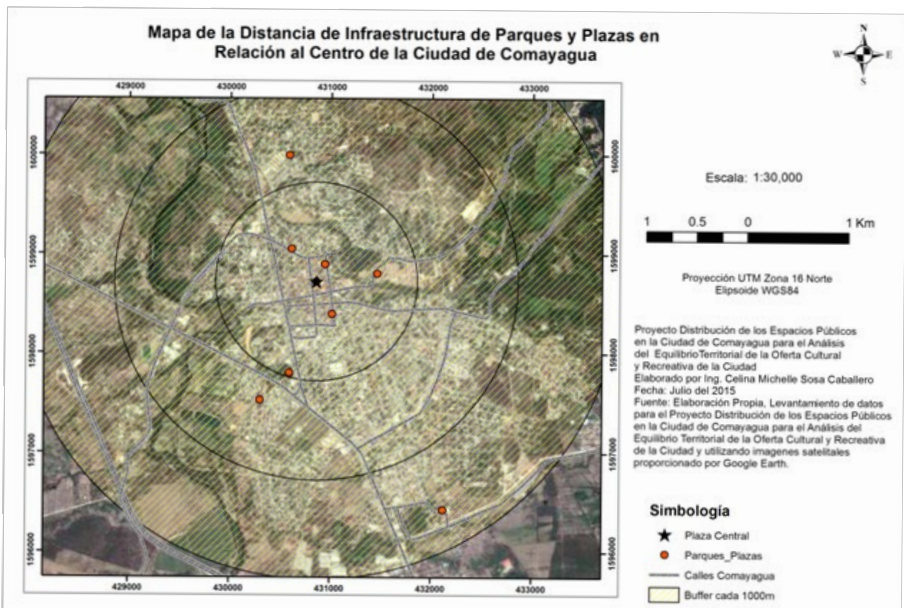
La principal concentración de instalaciones de parques y plazas se da a los 1000m de distancia de la plaza central donde se concentra el 66.67% de estas instalaciones (ver tabla 4).

**Tabla 4.** Número de Instalaciones de Parques y Distancia en Relación a la Plaza Central 2015

Distancia Respecto a la plaza central	Porcentaje de instalaciones
1000	66.67
2000	22.22
3000	11.11
	100.00

Fuente. Elaboración propia en base a datos en relación al mapa Distancia de la Infraestructura de Parques y Plazas en Relación al Centro de la Ciudad de Comayagua

Llama la atención la poca disponibilidad de instalaciones de parques y plazas en la ciudad como se puede observar en el figura 3, la importancia de éstos, es la de ser espacios públicos de espaciamento a nivel vecinal.



**Figura 3.** Distancia de Infraestructuras de Parques y Plazas en Relación al centro de la Ciudad de Comayagua 2015

### 3.2.2.2. Áreas Protegidas

Las áreas protegidas son declaradas por Decreto Legislativo, la Montaña de Comayagua es Parque Nacional y Montecillos es Reserva Biológica, y por acuerdo presidencial, las Ruinas de Tenampúa, como Monumento Cultural (ver figura 4).

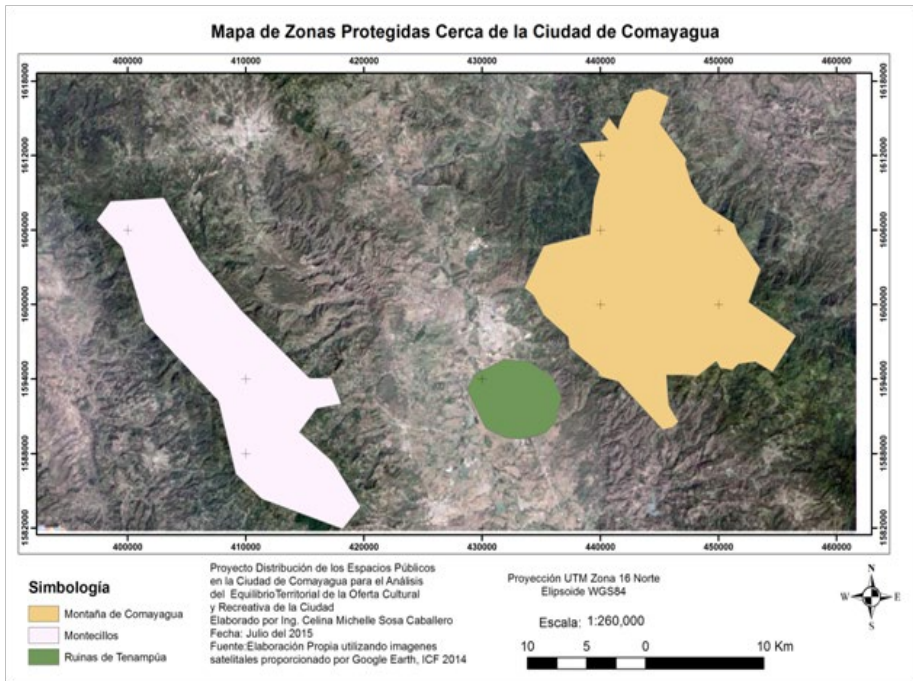


Figura 4. Zonas Protegidas Cerca de la Ciudad de Comayagua 2015

### 3.2.3. Infraestructura Cultural

Las instalaciones culturales comprenden los museos, el teatro, el cine, la casa de la cultura y las bibliotecas.

La mayoría de las instalaciones de la infraestructura cultural se concentra en el centro de la ciudad a excepción de dos bibliotecas que se ubican fuera del centro (ver Figura 5). La mayor concentración se ha dado a los 1000m con el 83.33% de las instalaciones (ver tabla 5).





**Figura 5.** Distancia de la Infraestructura Cultural en Relación al Centro de la Ciudad de Comayagua 2015

**Tabla 5.** Número de Instalaciones Culturales en Relación a la Plaza Central 2015

Distancia Respecto a la plaza central	Porcentaje de instalaciones
1000	83.33
2000	8.33
4000	8.33
	100.00

Fuente. Elaboración propia en base a datos en relación al mapa Distancia de la Infraestructura Cultural en Relación al Centro de la Ciudad de Comayagua

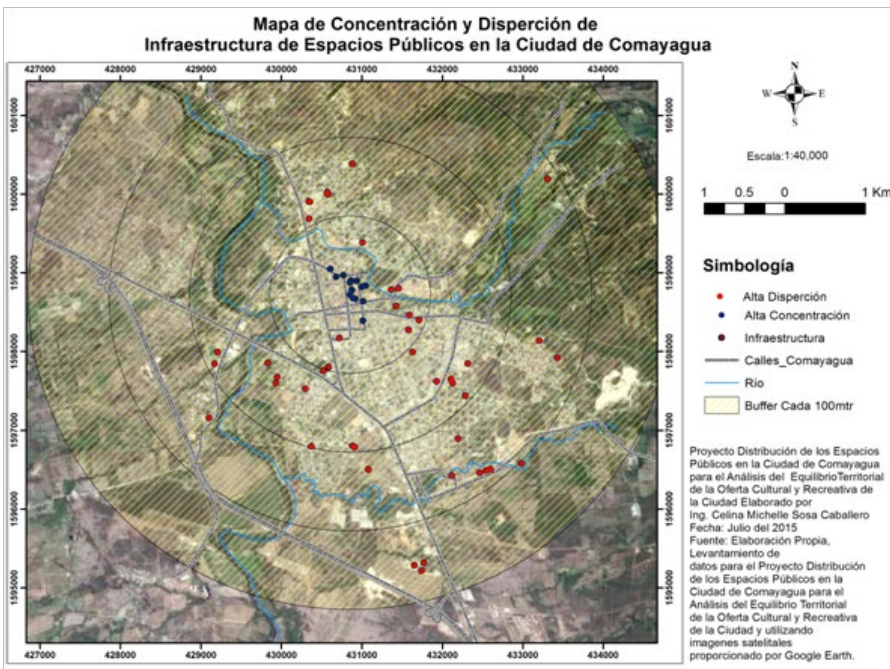
En la ciudad de Comayagua se ha ejecutado el Programa Comayagua Colonial, con el que se han desarrollado proyectos de conservación del patrimonio arquitectónico cultural en edificaciones, que existen desde la época colonial, entre ellos se puede mencionar:

- En 1972 la ciudad de Comayagua fue declarada monumento nacional.

- El Instituto Hondureño de Antropología e Historia (IHAH) en conjunto con la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) en 1988 realizó un inventario de edificios de valor.
- El IHAH, la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y la Alcaldía Municipal de Comayagua crearon el proyecto “plan de rehabilitación del Centro Histórico de Comayagua” en 1996.
- En el 2004 se dio inicio al proyecto de recuperación del paseo de la Alameda, este proyecto se realizó en conjunto entre los residentes del conjunto y la Alcaldía Municipal de Comayagua (Municipalidad de Comayagua, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. 2011).

### 3.3. Concentración y Dispersión de Infraestructura de Espacios Públicos

Utilizando la herramienta de Análisis de Cluster y de valor atípico (Anselin Local de Moran I) se elaboró un mapa(ver Figura 6) para realizar el análisis específico de la concentración y dispersión de la infraestructura de los espacios públicos.



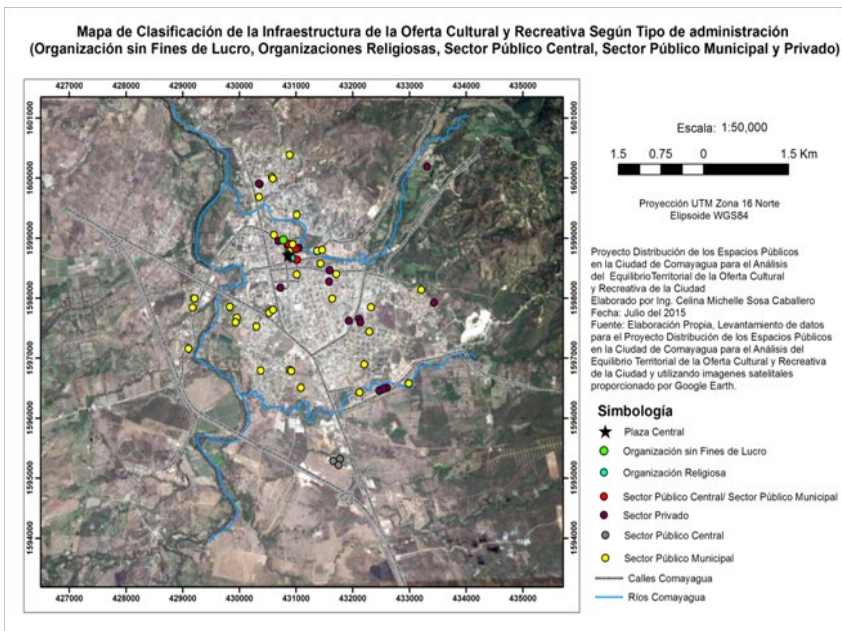
**Figura 6:** Concentración y Dispersión de Infraestructura de Espacios Públicos en la Ciudad de Comayagua 2015

Se puede identificar dos patrones: alta concentración de infraestructura y alta dispersión.

En el mapa se puede observar que la alta concentración de la infraestructura de espacios públicos se localiza entre los 1000m de la plaza central y se observa una altadispersión en el resto de la ciudad.

### 3.4. Clasificación de la Infraestructura de la Oferta Cultural y Recreativa Según Tipo de Administración (Público Central, Público Municipal, Privada, Organizaciones Religiosas y Organizaciones sin Fines de Lucro)

Se realizó la clasificación de la infraestructura de los espacios públicos según el tipo de administración (Público Central, Público Municipal, Privada, Organizaciones Religiosas y Organizaciones Sin Fines de Lucro), se pudo constatar que la mayoría de la infraestructura de los espacios públicos son administradas por el sector público municipal, existe una parte importante administradas por el sector privado y algunas son administradas conjuntamente por el sector público central y el sector público municipal, muy pocas infraestructuras son administradas por el sector público central, publico municipal, organizaciones religiosas y organizaciones sin fines de lucro (ver Figura 7).



**Figura 7.** Clasificación de la Infraestructura de la Oferta Cultural y Recreativa Según Tipo de Administración (Público Central, Público Municipal, Privada, Organizaciones Religiosas y Organizaciones sin Fines de Lucro) 2015

### 3.5. Equilibrio Territorial en Metros Cuadrados de Instalaciones de la Oferta Cultural y Deportiva por Habitante

La relación de instalaciones culturales y deportivas por habitante, es un cálculo del área de las instalaciones deportivas culturales y recreativas en relación a los habitantes de la ciudad de Comayagua en el 2015. La relación resultante para cada una de las instalaciones es de menos de 1m<sup>2</sup>/Hab. y el total del área en infraestructura cultural, deportiva y recreativa es de 1.95m<sup>2</sup>/Hab. La referencia normativa encontrada en el plan de ordenamiento territorial de Pereira es de 15m<sup>2</sup>/Hab (ver tabla 6).

**Tabla 6:** Área en metros cuadrados(m<sup>2</sup>) de Instalaciones Culturales, Deportivas y Recreativas por Habitantes

Instalaciones	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /Hab.
Canchas de Baloncesto	4,418	0.029
Canchas Centros Universitarios	7,128	0.047
Canchas de Fútbol de Barrios y Colonias	60,381	0.397
Canchas de la FENAFUTH	18,379	0.121
Canchas de Futbolito Rapido	2,315	0.015
Campo de Golf	137,829	0.91
Estadio	6,325	0.042
Parques y Plazas	52,222	0.343
Cine	924	0.006
Teatro	229	0.0015
Museos	3,858	0.025
Casa de la Cultura	832	0.005
Bibliotecas	1,678	0.011
Total	296,518	1.95
<b>Población año 2015</b>	<b>152,051</b>	

Fuente. Elaboración propia en base a base de datos del cálculo del área de de las instalaciones con los softwares de sistemas de información geográfica.El dato de población corresponde al XVII Censo de Población y VI de Vivienda2013.

## DISCUSIÓN

De la primera aproximación a las características y distribución geoespacial de los espacios públicos de la ciudad de Comayaguase observa que la mayor parte de las instalaciones corresponden a las de tipos deportivas, donde las canchas de baloncesto y fútbol son mayoría, siendo relevante el dato de la poca dotación de instalaciones de tipo cultural como museos y teatros.

Como tendencia general, las instalaciones de las canchas de baloncesto, fútbol de barrio y las de futbolito están distribuidos en toda la ciudad y las instalaciones de tipo cultural están concentradas en torno al centro de la ciudad.

Si bien el déficit de espacios públicos de tipo cultural es muy importante, es necesario llamar la atención de la gravedad que supone la carencia de espacios de recreación en áreas residenciales, pues es en los parques y plazas de vecindario donde los niños pueden ir a jugar, los jóvenes, adultos y adultos mayores tienen un lugar para socializar, caminar y de recreación. En el caso de Comayagua, es evidente que la ciudad no brinda este servicio a los ciudadanos y son muy pocos los barrios y colonias que tienen el privilegio de acceder o contar con un parque o una plaza.

## CONCLUSIONES

En la literatura revisada se plantea que la oferta de instalaciones de espacios públicos debe ser diversa y de múltiples expresiones, en la ciudad de Comayagua se ha observado que el 61.29% corresponde a instalaciones deportivas, el 19.34% corresponde a instalaciones culturales y el 14.52% corresponde a instalaciones recreativas.

Otra premisa de la literatura es sobre la relación más estrecha entre los espacios públicos y los conjuntos habitacionales; en la ciudad de Comayagua el patrón espacial de la distribución de los espacios público presenta dos características: las instalaciones de oferta cultural están localizadas en el centro de la ciudad y están relacionadas a los proyectos de conservación del patrimonio arquitectónico cultural que existen desde la época colonial, las instalaciones deportivas localizadas fuera del centro histórico, se presume, están relacionadas al proceso de expansión urbana de la ciudad con el apareamiento de nuevos barrios y colonias.

En esta primera aproximación al objeto de estudio y en relación al supuesto de trabajo, que enuncia que el equipamiento de la oferta cultural y recreativa se concentra en áreas cercanas al centro de la ciudad, preliminarmente se identifican tres tendencias:

Primero, las instalaciones culturales (teatros, bibliotecas, cines, casa de la cultura y museos), parques y plazas se localizan en el centro de la ciudad y sus áreas circundantes, ubicándose en los 1000m de distancia en relación a la plaza central.

Segundo, las instalaciones deportivas están dispersas en toda el área urbanizada.

Tercero, la ciudad carece de parques y plaza de acceso a los vecinos de barrios y colonias, siendo este un déficit muy importante porque supone que la gran mayoría de los habitantes de la ciudad no tienen un espacio de esparcimiento público.

Es importante destacar, y como resumen de este estudio, que la ciudad presenta un importante déficit de instalaciones culturales, recreativas y deportivas al ser comparado con el dato de referencia de 15m<sup>2</sup>/Hab. del plan de ordenamiento territorial de Pereira, para el 2015 en Comayagua la relación de infraestructura de espacios públicos por habitante es de 1.95m<sup>2</sup>/Hab.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Comayagua; Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (2011). Guía de Arquitectura Comayagua, Comayagua, Honduras
- Alcaldía Municipal de Comayagua (s.f). Guía Turística Bienvenidos a Comayagua Honduras
- Alcaldía Municipal de Comayagua (s.f.) Comayagua La Ciudad de los Museos.
- Bolívar Galvis, A. M., Osorio, L. F., & Lamprea, F. M. (2012). Espacios Públicos y Calidad Urbana en Pereira Visión de una Nueva Ciudad. Pereira, Colombia [http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/1262/Espacio\\_Publico\\_y\\_Calidad\\_Urbana\\_en\\_Pereira.pdf?sequence=1](http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/1262/Espacio_Publico_y_Calidad_Urbana_en_Pereira.pdf?sequence=1)
- CCVAH, (2010). Agenda de Ordenamiento Territorial del Concejo Centroamericano de Vivienda y Asentamientos Humanos, San Salvador, El Salvador.
- Ciudades y Gobiernos Locales Unidos, (2006). Indicadores Culturales y Agenda 21 de la Cultura Barcelona, España.
- Ciudades y Gobiernos Locales Unidos, (2004). "Agenda 21 de la Cultura". Barcelona, España.

- Congreso Nacional de Honduras, (2006). Ley Marco del Desarrollo Integral de la Juventud, Honduras, Tegucigalpa.
- [www.inj.gob.hn/Portal/LEY\\_MARCO\\_PARA\\_EL\\_DESARROLLO\\_INTEGRAL\\_DE\\_LA\\_JUVENTUD.pdf](http://www.inj.gob.hn/Portal/LEY_MARCO_PARA_EL_DESARROLLO_INTEGRAL_DE_LA_JUVENTUD.pdf)
- Duarte, T., Aristizabal Valencia, M. A., & Carvajal Zapata, Z. (2008). Proceso de Recuperación de Espacio Público del Municipio de Tuluá - Reubicación de Poblaciones de Vendedores Informales. Pereira, Colombia <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1154/1/71140986152A715.pdf>
- Felipe, S. (2007). La Prevención Situacional del Delito en Espacios Públicos Urbanos: Rol del Gobierno Local. Chile [http://www.secretariadoejecutivosnp.gob.mx/work/models/SecretariadoEjecutivo/Resource/381/2/images/Prevencion\\_situacional\\_del\\_delito.pdf](http://www.secretariadoejecutivosnp.gob.mx/work/models/SecretariadoEjecutivo/Resource/381/2/images/Prevencion_situacional_del_delito.pdf)
- Gonzales Saboya, S. C., Suarez, G., & Yori, C. M. (2009). El Uso Social del Espacio Público y sus conel Sistema Integrado de Transporte Masivo. Caso: Cartagena. Bogotá, Colombia <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/arquitectura/tesis22.pdf>
- Instituto Nacional de la Juventud, (2001). Política Nacional de Juventud, Tegucigalpa, Honduras. [www.inj.gob.hn/Portal/PNJ.pdf](http://www.inj.gob.hn/Portal/PNJ.pdf)
- PNUD, (2003). Capítulo 8. Un Nuevo Entorno Formal para la Cultura. En Informe Sobre Desarrollo Humano- Honduras. La Cultura: medio y fin del desarrollo humano.
- [http://www.hn.undp.org/content/dam/honduras/docs/publicaciones/HN\\_PNUD2003\\_IDH.pdf](http://www.hn.undp.org/content/dam/honduras/docs/publicaciones/HN_PNUD2003_IDH.pdf)
- PNUD, (2006). Informe sobre Desarrollo Humano-Honduras, Hacia la expansión de la ciudadanía, [http://www.hn.undp.org/content/dam/honduras/docs/publicaciones/HN\\_PNUD2006\\_IDH.pdf](http://www.hn.undp.org/content/dam/honduras/docs/publicaciones/HN_PNUD2006_IDH.pdf)
- Rangel Mora, M. (2002). La recuperación del espacio público para la sociabilidad Ciudadana. Venezuela. [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/13458/1/recuperacion\\_spacio.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/13458/1/recuperacion_spacio.pdf)
- Secretaría de Cultura Arte y Deporte, (2012). Objetivos Estratégicos, Honduras [http://www.scad.gob.hn/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=64](http://www.scad.gob.hn/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=64)

# *Visión urbana de la Ciudad de Choluteca en Honduras para el Año 2034*

Johana Marcela Norori Solís  
Víctor Baquedano  
Juan Ángel Del Cid

## **Resumen**

En el marco del convenio existente entre la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y Visión Mundial, el Observatorio Universitario de Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Espaciales desarrolló, entre los meses de junio a octubre del año 2015, un estudio de prospectiva urbana para la ciudad de Choluteca. El proyecto se desarrolló en dos fases: 1) Diagnóstico de la ciudad con recopilación de información de fuentes secundarias y datos obtenidos en gira de reconocimiento territorial, además de información resultante en talleres donde se aplicaron encuestas a los actores claves involucrados en el proceso y se hizo uso de cartografía y ortofotos de la ciudad de Choluteca; que sirvieron para identificar los principales problemas y potencialidades de la ciudad desde las dimensiones de los enfoques de ambiente, socio-economía y urbanismo e infraestructura. Así mismo se evaluaron los recursos con que cuenta la ciudad y se analizó como maximizar su potencial, teniendo como resultado final una síntesis de problemas y potencialidades, que junto a una serie de indicadores que se determinaron permitieron conocer la situación actual que enfrenta la ciudad. Toda esta información de la fase de diagnóstico fue utilizada para generar un Modelo Urbano Actual de la ciudad de Choluteca. Posteriormente se trabajó la fase de 2) Prospectiva: donde se evaluaron las condicionantes al crecimiento de la ciudad y se construyeron los tres escenarios de prospectiva al año 2034, plasmando cartográficamente la visión futura de crecimiento tendencial, una visión de crecimiento óptima y la construcción final de un escenario intermedio construido en consenso con los actores claves que participaron en el proyecto.

**Palabras clave:** Choluteca, Diagnóstico Territorial, Prospectiva Urbana.



## Abstract

Under the existing arrangement between the Universidad Nacional Autónoma de Honduras and World Vision, the Faculty of Spatial Sciences, through University Observatory the Land Use Planning, developed between the months of June to October 2015, a study of urban prospective for Choluteca city. The project was developed in two phases: 1) Diagnosis of the city with secondary information and information from territorial recognition, in addition to resulting information in workshops where surveys were applied to key stakeholders involved in the process and use of mapping and orthophotos of the city of Choluteca; It was possible to identify the main problems and potentials of the city in the dimensions of approaches: environmental, socio-economics and urbanism and infrastructure. Also the resources of the city were analyzed and how they could take advantage of better way; as a result, was obtained a synthesis of problems and potential together with a series of indicators, that allowed to know the current situation facing the city, generating with all this information a current urban model of Choluteca city. Later, we worked in phase 2) Prospective: where constraints to the growth of the city were evaluated and also built the three scenarios foresight for year 2034, cartographically was reflected the future vision of trend growth, a vision of optimal growth and finally it built an intermediate stage in consensus with stakeholders involved in the project.

**Key words:** Choluteca, Territorial Diagnosis, Urban Prospective.

---

**Johana Marcela Norori Solís**, ([johana.norori@unah.edu.hn](mailto:johana.norori@unah.edu.hn)), **Victor Baquedano**, **Juan Ángel Del Cid**, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

## INTRODUCCIÓN

Honduras, al igual que el resto de países Centroamericanos, se encuentra ubicado en una zona geográfica altamente vulnerable ante los fenómenos naturales que se presentan, y esto sumado a la falta de planificación territorial que existe en el país, conlleva a tener un desarrollo no sustentable en el territorio que impacta en malas condiciones de vida para la mayoría de sus habitantes; entre los problemas que se presenta por la inadecuada planificación del territorio tenemos los siguientes:

- Desequilibrio territorial generando ciertas regiones que concentran gran parte de la actividad socio-económica del país mientras otras permanecen con un bajísimo nivel de desarrollo; es decir que se están potencializando las zonas aledañas a las principales arterias de comunicación del país, (eje central, carretera norte y carretera panamericana) y se están sub-desarrollando las regiones periféricas del país, en especial la oriental y occidental.
- Existe también un desequilibrio ciudad-campo o espacio urbano y espacio rural e ignorancia de los riesgos en la localización de actividades y usos del suelo, mezclando inadecuadamente los usos del suelo, generándose conflictos entre actividades y sectores; es decir que en el territorio se traslapan los distintos usos: agrícolas, industriales, urbanísticos, comerciales, infraestructuras etc. sin ningún tipo de criterio de localización ni planificación, de esta manera coexisten industrias en áreas, generando contaminación, ruido, problemas de tráfico etc. o zonas comerciales en zonas no aptas, desarrollos turísticos en zonas urbanas de baja calidad, ciudades con condiciones de ruralidad, donde no se cubren los servicios mínimos: agua, luz, teléfono, calles asfaltadas, infraestructuras en lugares no adecuados con otros usos entremezclados como los urbanísticos, logísticos y comerciales etc., lo anterior genera un mosaico desordenado y caótico de usos y actividades, que estrangula el desarrollo de las ciudades y del país.
- Tenemos también problemas de regionalización y descentralización del país: y es que Honduras enfrenta una baja descentralización efectiva que existe en los niveles administrativos inferiores, es decir, departamento y municipio, así como la desintegración de los planes de desarrollo municipal, ya que la mayoría busca desarrollar todas las facetas socioeconómicas, obviando las ventajas comparativas que unos municipios tienen sobre otros, además tenemos dificultades territoriales para dotar de equipamientos y servicios públicos; y es que por las características de dispersión del sistema de asentamientos de Honduras se tiene una gran cantidad de pequeñas aldeas

(más de 2,400) y caseríos que inviabiliza la posibilidad de que el Estado pueda dotarlos y atenderlos con los equipamientos y servicios necesarios.

- Existe descoordinación de los organismos públicos, los organismos financieros y cooperantes; y en muchas ocasiones queda al descubierto que el Estado no tiene bien delimitadas las funciones y roles de las instituciones públicas, ya que muchos entes Estales tienen conflictos entre sus competencias; además existe una mezcla y superposición entre los organismos donantes, cooperantes y financieros; de tal manera que se repiten proyectos similares en una misma zona del territorio por distintos cooperantes, mientras otras áreas del país quedan sin intervención.
- El mal uso de los recursos naturales es otro de los graves problemas a solucionar entre los que destacan: ocupación indiscriminada del suelo, deforestación, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, incendios, acumulación de basuras de una manera espontánea y sin control, localización de cultivos de granos básicos en zonas montañosas de fuerte pendiente, y disminución de la flora y fauna autóctona, la destrucción de los manglares y arrecifes coralinos.;
- Otro problema es que no existe una política preventiva y correctora de riesgos naturales, ni un mapa de zonas de riesgos detallado, y otras cuestiones transversales: como pobreza, falta de acceso a la tierra etc., hace que parte de los desarrollos humanos espontáneos (infraviviendas y viviendas de escasos recursos principalmente) se ubiquen en zonas de riesgo, lo cual impacta que ante la aparición de una catástrofe natural, como ya se vio en el pasado ( Huracanes Fifi y Mitch etc.), ocurran pérdidas enormes al país (vidas humanas, infraestructuras, viviendas, etc.).

Toda esta problemática que enfrenta el país debe irse solventando con una adecuada planificación del territorio, una activa participación de los ciudadanos y sobre todo la voluntad política. Se requiere que tomemos acciones inmediatas para poder planificar a futuro ciudades que sean sostenibles y que permitan mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos.

Por otro lado, Visión Mundial tiene dentro de su área de intervención nueve barrios de la ciudad de Choluteca, y en su experiencia han podido identificar problemas de planificación territorial que están impactando negativamente en los pobladores de estos barrios. Se observó un crecimiento desordenado de la ciudad en zonas que no son aptas para ser habitadas, así como desigualdad en la distribución de los equipamientos sociales y servicios básicos.

Por lo cual solicitaron a personal docente de la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH que realizaran un estudio de diagnóstico de la situación actual de Choluteca y que se elaborará un escenario futuro para el año 2034 que permita tener una ciudad ordenada, con planificación territorial, donde existan condiciones dignas para todos sus habitantes y con un desarrollo sostenible.

## METODOLOGÍA

Es importante definir el término de Prospectiva apoyándonos en las definiciones de distintos autores: *“La afirmación fundamental de la prospectiva es que hay varios futuros posibles. Comprender su significado y alcance resulta indispensable para visualizar el eje central de esta disciplina que construye escenarios futuros de largo plazo de la sociedad, las regiones y las organizaciones (Ramírez, 2004). La Prospectiva parte del principio lógico e indispensable que el futuro aún no existe y “se puede concebir como un realizar múltiple” (Jouvenel, 1968) que “depende solamente de la acción del hombre” (Godet, 2000). Por esa razón, la persona puede construir el mejor futuro posible, tomando las decisiones correctas en el momento apropiado. Existen muchos futuros posibles, aunque en el momento unos pocos tienen las mayores probabilidades de ocurrencia. La prospectiva nació y se ha desarrollado en permanente batalla con posiciones escépticas, deterministas o fatalistas acerca del futuro. Es un campo de investigación interdisciplinario que surge a finales de los 50<sup>1</sup> del siglo pasado, como respuesta a una sensación muy generalizada de aceleración del tiempo histórico y de percepción del futuro como riesgo. Se le concibe como herramienta de planeación con el propósito de incrementar la capacidad del ser humano de prever y modelar el desarrollo futuro de las sociedades.*

*No hay consenso respecto de sí la prospectiva es una ciencia (Serra, 2004). ¿Cómo puede existir una ciencia que no tiene objeto? Para muchos la respuesta es simple: no puede, el futuro no existe, y por definición no puede existir, ya que en el momento en que se concreta deja de serlo. El futuro es un concepto mental, un constructo social, por tanto, la prospectiva puede aspirar a ser una disciplina humanística, como la filosofía, por ejemplo, pero no una ciencia. Siendo ello cierto, hay matices, pues parte de la crítica se puede extender también a la mayoría de las ciencias sociales. A modo de ejemplo la historia acepta que su objeto, es el pasado, el que ya no existe, pero no impide que la historia analice documentos, restos y registros que han llegado hasta hoy. Por lo tanto, el criterio del objeto no puede ser determinante. En segundo lugar, la pretensión de cientificidad de la prospectiva se*

*relaciona más con su empeño en estudiar el futuro mediante el método científico que con el estricto cumplimiento de los criterios para merecer el calificativo de ciencia. Ciertamente el futuro no existe, pero se tiene alguna información sobre él. Se sabe el carácter cíclico de muchos fenómenos. Se puede proyectar informaciones pasadas y/o presentes en el futuro (extrapolación de tendencias), cuyo caso más obvio son las previsiones demográficas. Por último, están los propios proyectos, esperanzas y temores, que guían la actividad presente; son nuestras imágenes de futuro, todos las tenemos y la prospectiva las estudia, clasifica y procesa. Son el verdadero objeto de estudio de la prospectiva de forma análoga a lo que son los vestigios históricos para la historia. Para zanjar el asunto de la científicidad se puede decir que, si bien la prospectiva carece de objeto real, dispone de objetos que le permiten emprender el estudio de los futuros posibles con el rigor y la sistemática que se suponen en la ciencia Serra, 2004).*

La Prospectiva trata de atraer y concentrar la atención sobre el futuro, imaginándolo a partir de éste y no del presente. Para Miklos y Tello (2000), en la prospectiva la visión del porvenir hacia el presente, rebasa la proyección exclusiva de tendencias, para diseñar y construir alternativas que permitan un acercamiento progresivo al futuro deseado. La Prospectiva no es literalmente una utopía, al respecto De Venanzi (2000), señala que: *“Así pues, el futuro no se percibe ya como un guion escrito que hay que representar, no sólo porque la selección personal dentro de la complejidad puede variar radicalmente, sino porque la necesidad histórica no es de tipo mecánico”*. Ciertamente, como primer paso lógico la Prospectiva usa los recursos de la utopía en cuanto *“remontar el vuelo imaginativo”*, pero en el proceso creativo *“articula esfuerzos concretos para transformar la realidad”*.

En planificación territorial se habla de la prospectiva estratégica como herramienta para promover la competitividad y el desarrollo integral de los habitantes. Sirve para articular el territorio con las dinámicas globales a través de estrategias nacionales, planes de desarrollo local y regional y los planes de ordenamiento territorial. La aplicación de la prospectiva estratégica a la planificación territorial de municipios, ciudades y naciones es la respuesta a la necesidad de solucionar y enfrentar los desafíos que los habitantes y sociedades en conjunto tienen cotidianamente en sus continuas transformaciones. La prospectiva permite visualizar el modelo territorial del futuro, mediante la construcción de escenarios, con la participación de los principales actores de la comunidad, implementando los talleres y utilizando técnicas especialmente diseñadas para tal fin. La Prospectiva es clave en la Planificación Territorial y se inserta en la etapa de modelación de los escenarios, para establecer el modelo de Territorio buscado por los actores. Es decir que a

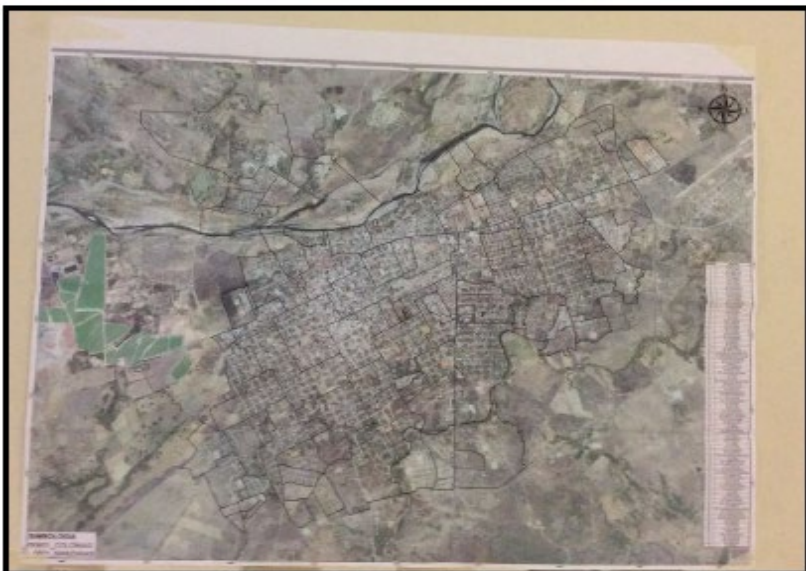
través de la Prospectiva se construyen los siguientes escenarios: tendencial, que marca la tendencia que puede seguir el territorio; óptimo que será aquella visión ideal que se podría lograr con el territorio si se tomarán todas las acciones políticas, económicas, sociales, ambientales, etc. que permitieran un verdadero desarrollo sostenible, aunque este escenario se vuelve utópico; y por último con la prospectiva se construye un escenario intermedio, es decir una visión más realista de lo que puede llegar a ser el territorio en un futuro, este escenario es determinante para lograr un mejor funcionamiento del territorio en el futuro, y por eso se construye con la participación de los actores claves, para que la población y las autoridades se adueñen de él y puedan contribuir a desarrollarlo en un futuro siguiendo planes de acción necesarios para su ejecución.

La fase de Diagnóstico Integral Multidimensional de la ciudad de Choluteca se centró en la investigación de fuentes secundarias de información, así como otros datos productos de la gira de reconocimiento territorial y entrevistas con actores claves, funcionarios de la administración local, actores de la sociedad civil y recolección de información secundaria, orientada hacia fuentes documentales y cartográficas.

Dentro de esta fase se realizaron dos talleres participativos, el primer taller fue realizado el 15 de julio del año 2015 y participaron veinte actores claves representados así: un representante de la Alcaldía de Choluteca, tres de Caritas, ocho representantes de los Comités de Emergencia Locales - CODELES de los barrios en donde está interviniendo Visión Mundial, un representante de Desarrollo Integral del Niño Adolescente y Familia - DINAF, un representante de la Cruz Verde, un representante del Instituto Nacional Agrario - INA, un representante de los Bomberos, dos representantes de la Mesa Nacional de Incidencia para la Gestión del Riesgo y dos representantes de Visión Mundial asignados a Choluteca; además de asistir los tres representantes de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras - UNAH - que estaban desarrollando el estudio de Diagnóstico (al que llamaremos equipo investigativo). Y el segundo taller se realizó el 18 de agosto y se contó con la participación de veintiún actores claves: tres representantes de la Alcaldía de Choluteca, diez representantes de los Comités de Emergencia Locales - CODELES de los barrios en donde está interviniendo Visión Mundial, un representante del Instituto Nacional Agrario - INA, un representante de la Cruz Roja, un representante de los Bomberos, dos representantes de la Mesa Nacional de Incidencia para la Gestión del Riesgo, un representante del Centro Regional del Litoral Pacífico - CURLP y dos representantes de Visión Mundial asignados a Choluteca; además de asistir el equipo investigativo de la UNAH.



**Figura 1.** Mesa de trabajo Sector Ambiente



**Figura 2.** Ortofotografía utilizada para la identificación de problemas en la ciudad de Choluteca

El objetivo de estos dos talleres fue abordar, desde tres mesas grupales de trabajo, la situación que enfrenta la ciudad desde el punto de vista ambiental, de urbanismo e infraestructura y el punto de vista socioeconómico. Fue así como a través de encuestas se detectaron los problemas, potencialidades y se evaluaron las magnitudes de cada uno de ellos, realizando las siguientes actividades:

- Se identificó, caracterizó y jerarquizó los problemas, haciendo un ejercicio de semaforización.



Figura 3. Diagrama multidimensional de problemas identificados en la ciudad de Choluteca a través del ejercicio de semaforización

- Se elaboraron fichas de los problemas urbanos encontrados por cada sector con el objeto de determinar las causas generales de estos problemas que permiten comprender la disfuncionalidad detectada, demostrando los efectos que generan estas falencias.
- Se localizaron los problemas dentro de la ciudad.
- Se identificaron potencialidades de la ciudad, las cuales fueron jerarquizadas haciendo uso del ejercicio de semaforización y se elaboraron las fichas para cada una de ellas.



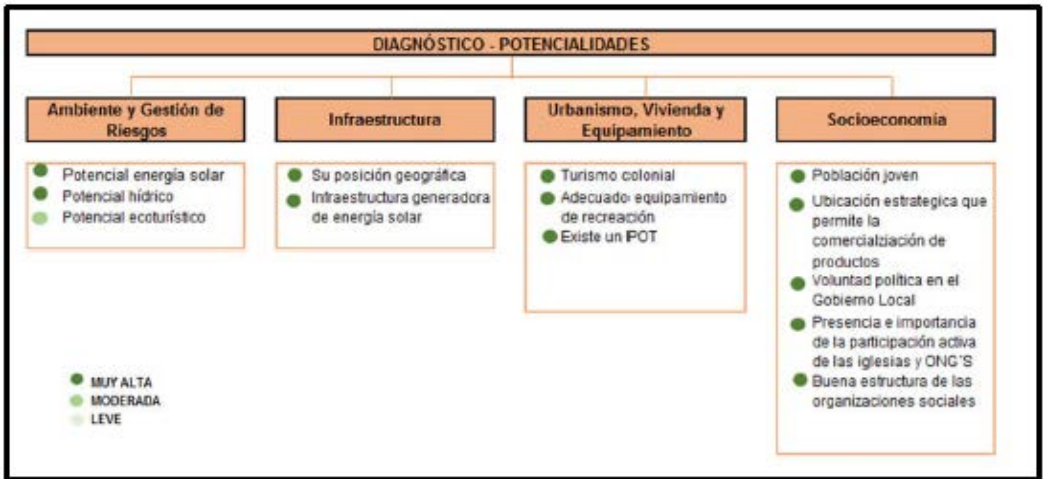


Figura 4. Diagrama multidimensional de potencialidades identificadas en la ciudad de Cholulteca

Seguidamente el equipo investigativo realizó el análisis de todos los sectores estudiados y se procedió a elaborar la síntesis para cada uno de los problemas y las potencialidades considerando que en suma conforman el sistema urbano de la ciudad de Cholulteca. Seguidamente se establecieron cuáles son las causas y los efectos de los problemas que enfrenta la ciudad, valorando cada uno de ellos, con el fin de establecer cuáles son los más críticos; así mismo se evaluaron los recursos con que cuenta la ciudad y como se pueden aprovechar de mejor forma sus potencialidades. Posteriormente se realizó una síntesis de los problemas y las potencialidades, para ello se estableció una matriz de problemas relacionados que junto a una serie de indicadores que se determinaron, que permitieron conocer la situación actual que enfrenta la ciudad, generando con toda esta información el Modelo Urbano Actual de la ciudad de Cholulteca.

La segunda parte de la investigación consistió en validar a través de un taller participativo con los actores claves mediante la aplicación de encuestas cualitativamente la matriz con las potencialidades y debilidades de la ciudad como resultado del análisis de los indicadores evaluados cuantitativamente en la primera fase. Y se aplicó la prospectiva para construir los escenarios tendencial y óptimo; realizando finalmente un taller participativo donde se construyó el escenario de prospectiva intermedio para la ciudad de Cholulteca al año 2034.



Figura 5. Taller de validación de Fase de Prospectiva



Figura 6. Colaboradores de UNAH, World Vision, Alcaldía de Choluteca, y participantes de la sociedad civil

Esta fase consiste, en visualizar el territorio hacia el futuro (20 años) desde tres escenarios: -**Tendencial**, visualizando el crecimiento del territorio, sin ninguna intervención o acciones para cambiarlo, dejar que crezca con las condiciones de desarrollo con que cuenta en la actualidad. - **Óptimo**, es el que debería tener el territorio con las mejores condiciones del desarrollo, a través de una planificación adecuada a la realidad del territorio, y con una buena gestión de los recursos para alcanzar los objetivos propuestos para un crecimiento y desarrollo sostenible y ordenado. - **Intermedio**, es el escenario concertado por todos los actores implicados de forma directa e indirecta en el territorio, a través de un consenso en mesas de participación ciudadana, para la planificación y gestión consiente de las condiciones del territorio y su población actuales. Para este escenario, se requiere la integración o concertación de los escenarios anteriores, por lo que se decidió utilizar un 60% de lo propuesto en el escenario óptimo, y un 40% del escenario tendencial.

- Las actividades desarrolladas en esta fase fueron:
- Definición de condicionantes al desarrollo urbano
- Desarrollo de los escenarios alternativos o variantes
- Desarrollo de la alternativa de consenso
- Modelo Urbano Futuro o imagen deseada

## RESULTADOS

Para obtener el Modelo Urbano Actual se analizaron los resultados obtenidos en la síntesis de problemas y potencialidades partiendo del diagnóstico de los diferentes sectores: ambiente, urbanismo e infraestructura y socio economía.

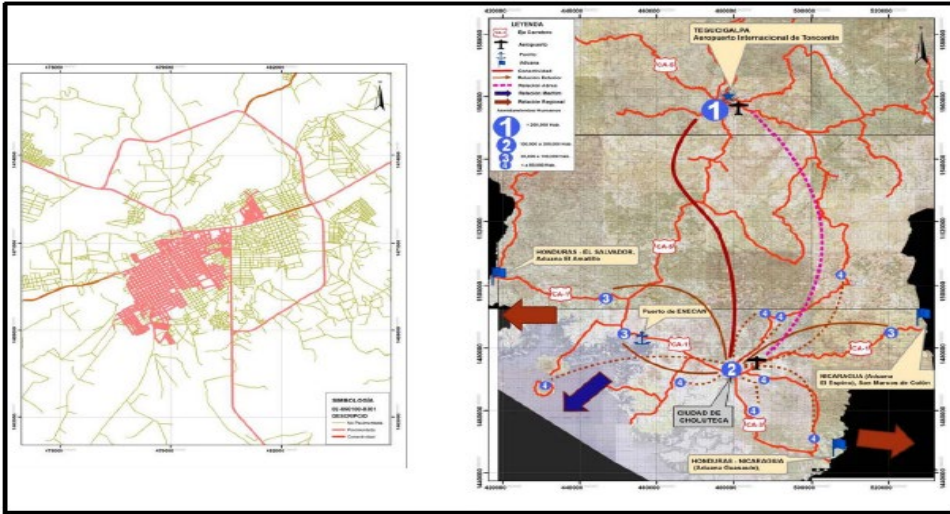


Figura 7. Análisis de conectividad de la ciudad

Luego se determinaron cuáles son las condicionantes al desarrollo urbano en la ciudad de Choluteca, entre las que podemos mencionar las siguientes:

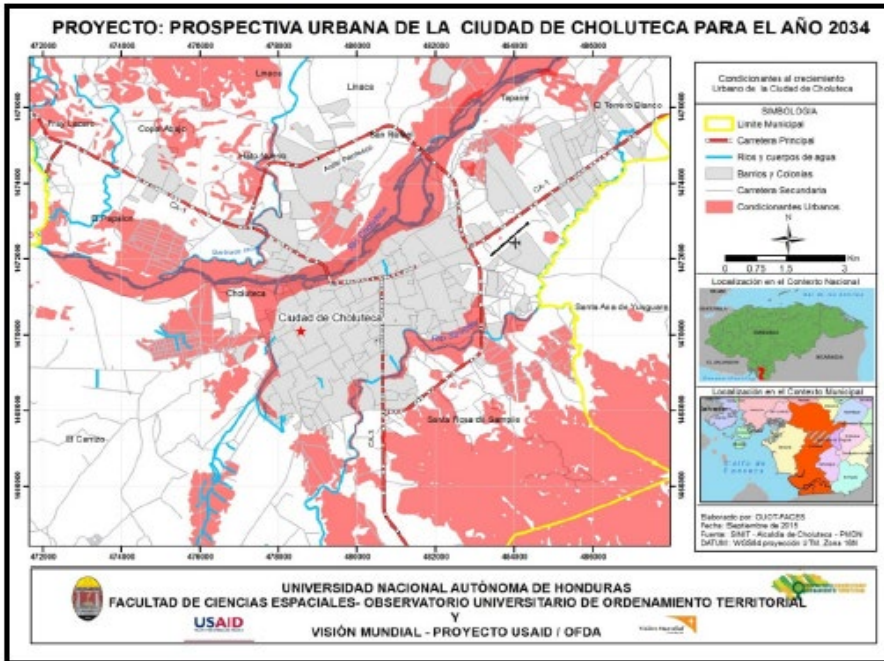


Figura 8. Condicionantes al crecimiento en la ciudad de Choluteca

- Al norte de la ciudad de Choluteca se encuentra el río Choluteca, con un flujo de agua en dirección Noreste, Suroeste produciendo una amenaza latente de inundación en los Barrios Las arenas, Brisas del Río, Morazán, parte baja de Los Mangos, Corbeta, La Cruz, Gualiqueme y Playas de Iztoca.
- La quebrada Iztoca atraviesa de norte a sur el barrio del mismo nombre, produciendo un alto riesgo de inundación en dicho barrio.
- Al sur de la ciudad se localiza el río Sampire, el cual tiene un flujo de agua en dirección Noreste, Sur, generando una amenaza en los siguientes barrios, Santa Rosa de Sampire, Bo. Gracias a Dios, Bo. Sagrado corazón, Bo.21 de octubre, y Las Vegas.

### *Amenaza de deslizamiento o pendientes mayores a 30%*

La ciudad de Choluteca se encuentra dentro de la planicie costera del pacífico por lo que las pendientes en la mayoría de su territorio son inferiores a 20%, sin embargo, cuando las pendientes sobrepasan el 30% sumado a las condiciones climatológicas de lluvias intensas, y la alta sismicidad de la zona se pueden producir deslizamientos, ocasionando daños a la infraestructura que ahí se construya.

- Se han identificado zonas de alta pendiente al norte de la colonia Unidas, Arias Lagos, entre el anillo periférico y la Col. Villa de Jerez, al norte de la Col. Nuevo Limón de La Cerca.
- Al norte, en las montañas que bordean la ciudad de Choluteca.
- Al sur de la ciudad en dirección a Santa Rosa de Sampire, se encuentra una cadena de cerros que constituyen un importante condicionante desde el punto de vista de deslizamiento de laderas.

### *Zonas agroindustriales*

- Al norte de la ciudad entre el anillo periférico y la col. Villa de Gualiqueme existen 2 zonas agroindustriales o de cultivos semi-tecnificadas.
- Al Noreste del área urbana en dirección a San Marcos de Colon, hay 2 zonas agroindustriales, la primera al norte de la col. La Felicidad y Col. Villa de Jerez y la segunda al norte de la col. Junior y Col. El establo.
- Al Noroeste de la ciudad, hay 1 zona agroindustrial importante ubicada al sur de la carretera panamericana y la Col Unidas.

- Al este de la ciudad y tomando la calle que conduce hacia el municipio de Marcovia, existe una zona agroindustrial significativa.
- Al sur de la ciudad específicamente al oeste de la carretera hacia la aduana Guasaule, se sitúa una zona agroindustrial importante.
- Al Sur-Este de la ciudad de Choluteca y del río Sampile se halla otra zona agroindustrial.

Otra zona de restricción importante podría ser alrededor del aeródromo de Choluteca, ya que en un futuro podría representar un medio de infraestructura de transporte muy importante en el desarrollo de la ciudad y de la región.

En la fase de Prospectiva se establecieron los tres escenarios en el horizonte del año 2034: Tendencial, Optimo e intermedio; para ello se determinó la proyección de la población y su densidad poblacional por área de ocupación, es decir, el área donde se asentará la población proyectada. A continuación, se muestra como se realizó el cálculo de la población proyectada para el año 2034; para ello se tomó como base los datos censales históricos del Instituto Nacional de Estadísticas.

**Tabla 1.** Datos Censales INE 2013.

<b>AÑO CENSAL</b>	<b>POBLACIÓN</b>
1988	56,573
2001	76,135
2013	107,462

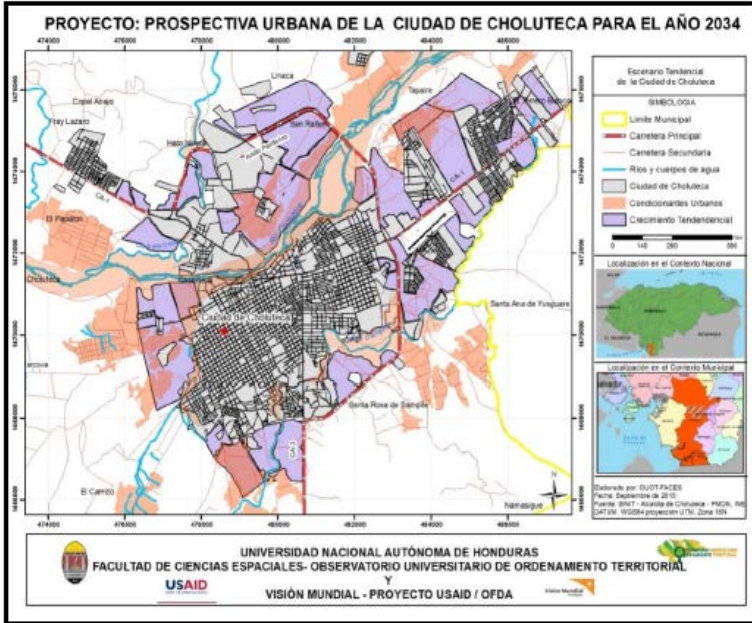


Figura 9. Escenario de crecimiento Tendencial

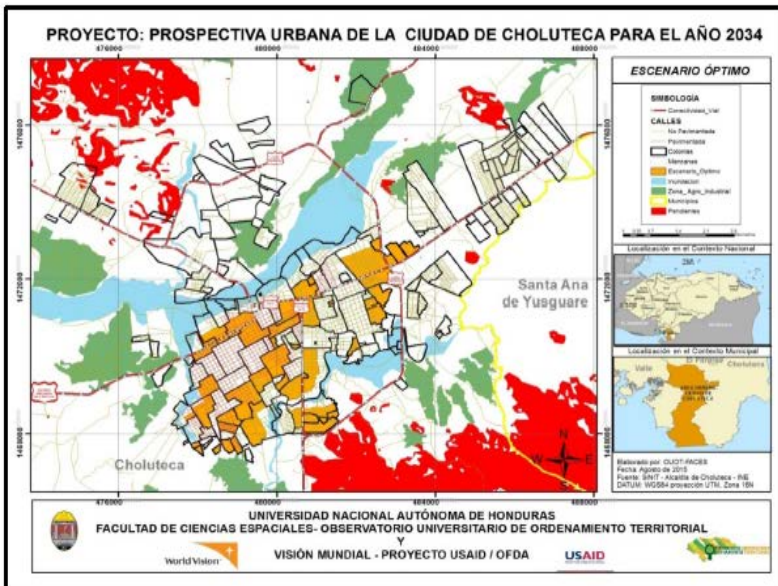


Figura 10. Escenario de crecimiento Optimo

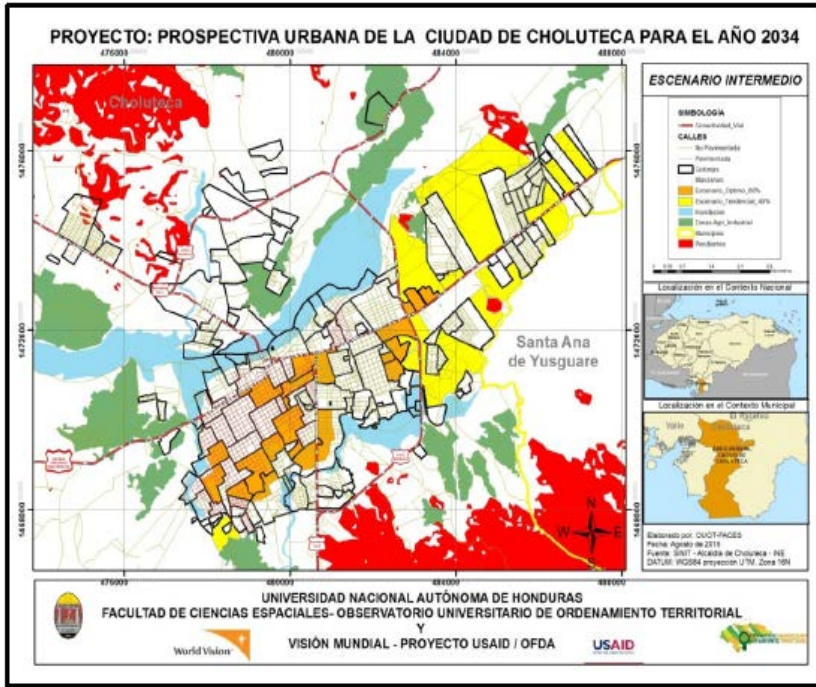


Figura 11. Escenario de crecimiento Intermedio

## DISCUSIÓN

### Escenario Tendencial Ciudad de Choluteca

El escenario tendencial es únicamente teórico, permitirá observar el desarrollo futuro de la ciudad de Choluteca, siguiendo los patrones que actualmente se dan y respetando al mínimo las normativas de ordenamiento territorial, la tendencia será seguir el patrón que actualmente se manifiesta en la ciudad, en donde las zonas más desfavorecidas incrementarán su mala situación, mientras que las zonas favorables seguirán mejorando levemente. Este escenario servirá como límite mínimo no deseado en la prospectiva de crecimiento de la ciudad al año 2034.

La población estimada para la ciudad de Choluteca al año 2034, es de 184,350 habitantes (datos censales, INE, 2013), actualmente la densidad poblacional de la ciudad es de 34 habitantes por hectárea, se estima que la tendencia seguiría igual, por lo que la densidad de población al año 2034 sería de 34 hab/ha, debido a esta baja densidad y al crecimiento desordenado en forma dispersa y lineal, la ciudad



aumentara un total de 2,271 hectáreas para tener la capacidad de acogida a esta nueva población y con una densidad baja.

- En la parte norte de la ciudad, los barrios nuevos se encajarían dentro del áreas de inundación aumentando la vulnerabilidad de la ciudad, también sería difícil dotarlos de equipamiento básico y social
- En la parte oeste los patrones de progresión de los asentamientos son acrecer en zonas inundables e invadir zonas agroindustriales reflejando una densificación de estos asentamientos hacia la carretera salida a Marcovia.
- En la zona sur de la ciudad, el crecimiento sería hacia al lado derecho de la carretera que conduce a Guasaule, invadiendo áreas de inundación del rio Sampire y zonas agroindustriales.
- Mientras que hacia la parte este, salida a San Marcos de Colon la densificación seguirá el patrón de dirección de dicha carretera
- Mientras no se aplique las medidas correctivas y normativas de uso del suelo, y se les de alternativas de habitabilidad digna, será imposible reasentar los habitantes que actualmente viven a orillas del rio Choluteca.

### Componente ambiental y gestión de Riesgos

Debido a los patrones de crecimiento inadecuados, la ciudad se expandirá desordenadamente, hacia la periferia y a orillas de los principales ejes carreteros, prevaleciendo los asentamientos humanos con equipamiento básico mínimo, donde la falta de alcantarillado sanitario y la disposición final de las aguas residuales serán un foco de contaminación de los efluentes como ser el Rio Choluteca, Rio Sampire y quebrada Iztoca, en tanto el deficiente sistema de agua potable de calidad incrementara los casos de enfermedad dentro de la población, adicionalmente la ausencia de mecanismos de recolección de desechos sólidos obligara a sus pobladores a seguir con las practicas poco amigables con el ambiente que contaminan tanto el suelo aldeaño como las fuentes de aguas subterráneas y superficiales como el río Choluteca Rio Sampire.

- En la zona norte de la ciudad entre el anillo periférico y el Rio Choluteca se ubicarán nuevos asentamientos en zonas de inundación.

- En tanto los barrios y colonias ubicados en zonas susceptibles a inundación tanto a orillas del Río Choluteca y Río Sampile, seguirán ahí sin ningún cambio y con pocas medidas de prevención y mitigación de desastres.
- Datos de la organización Meteorológica Mundial, que afirman que los fenómenos atmosféricos que afectan Honduras, que limitan la cantidad de agua y que son producto del cambio climático global, como por ejemplo el fenómeno de la sequía que afecta grandemente a la nación y la ciudad de Choluteca, los problemas de agua potable se agudizarán, debido a la falta de previsión en la construcción de fuentes de captación y potabilización del agua para consumo humano.
- El crecimiento urbano será hacia las zonas periféricas de la ciudad y que antiguamente fueron zonas agroindustriales, aumentando el riesgo de contaminación debido a agroquímicos remanentes en el subsuelo, ya que al momento de perforar pozos de agua potable el agua no será apta para uso humano, provocando incidencias en la salud de sus beneficiarios.
- La deforestación a la orilla del río Choluteca y río Sampile seguirá, en consecuencia y producto de la erosión la reducción de la vegetación afectará considerablemente provocando la pérdida de biodiversidad ambiental de la zona, también aumentará el azolvamiento del río aumentando la vulnerabilidad de la ciudad de Choluteca.

### Componente de Infraestructuras

- En los principales ejes carreteros CA1 y CA3, se continuará con el mantenimiento de la red vial pavimentada, pero sin presentar mejoras significativas principalmente en el eje carretero CA3 que conduce a la aduana Guasaule, sin importar que estas vías representan un importante flujo de mercancías a nivel regional y centroamericano, además muchos tramos están totalmente dañados y es necesario su reconstrucción total.
- La red vial pavimentada dentro de la ciudad crecerá levemente y el mantenimiento en sus principales avenidas y bulevares seguirá, sin embargo, la red vial interna principalmente en los barrios periféricos no mejorara sus calzadas continuarán siendo de terracería.

- El aeródromo pudo representar una importante infraestructura de transporte que facilitaría las actividades comerciales y de exportación de la zona, sin embargo, el crecimiento desordenado absorbió las posibles áreas de expansión de la terminal aérea limitando la pista solo para labores de aviones pequeños.
- La infraestructura de alcantarillado sanitario crecerá poco, limitándose dentro del centro de la ciudad, será imposible dotar de infraestructura de servicios básico a las zonas que crezcan alejado del área consolidada de la ciudad.
- Del mismo modo la infraestructura de agua potable en cuanto a captación almacenamiento y distribución, no suplirá la demanda de la población, dado el crecimiento poblacional seguido de la incorporación de nuevas viviendas al sistema, a esto se le sumará el deterioro de la red la cual estará al final de su vida útil.
- Con la adquisición de más unidades y la incorporación de estas a la red de recolección de desechos sólidos, la cobertura dentro del centro de la ciudad aumentara, en tanto los barrios y colonias periféricos seguirán sin el servicio, el botadero municipal estará llegando al final de su periodo de servicio.

### Componente Urbanismo Vivienda y Equipamiento

- La falta de cumplimiento de normativas de ordenamiento territorial y la descoordinación interinstitucional, serán una de las causas de que la estructura urbana se deteriore con la aparición y consolidación de asentamiento en zonas desfavorables (áreas inundables), se pronostica un crecimiento acelerado en las principales vías de comunicación terrestres, CA1, carretera hacia Tegucigalpa y salida a San Marcos de Colon, Carretera CA3 rumbo a la Aduana Guasaule, y Carretera que conduce a Marcovia.
- La aparición y consolidación de asentamientos a la orilla de las principales vías de comunicación terrestre vendrá a aumentar los problemas de invasión en el derecho de vía limitando el tránsito de los vehículos, restringiendo las posibles ampliaciones y mejoras en los trazos geométricos de las carreteras, del mismo modo aumentando la posibilidad de accidentes vehiculares en ella.
- Debido a que la mayoría de terrenos en la ciudad de Choluteca son de carácter privado, no existe una política clara de vivienda básica para poder satisfacer la demanda cuantitativa y cualitativa de los asentamientos informales que

seguirán creciendo, con los servicios básicos mínimos creando problemas ambientales sociales y de mala imagen urbana. El crecimiento de la vivienda social será limitado y poco.

- Los vendedores informales aumentaran debido a la falta de empleo e infraestructura de mercado la cual es muy antigua y no reúne los requisitos para albergar el creciente número de vendedores como ser el mercado San Antonio e Inmaculada Concepción, creando una mala imagen a la ciudad.
- El cementerio municipal será insuficiente, actualmente está casi lleno por lo cual si se sigue la tendencia en pocos años colapsará.
- En la ciudad seguirán creciendo las áreas verdes, pero sin crear un cinturón verde alrededor de ella, en especial a orillas del Río Choluteca y Sampire lo que mejoraría la imagen de la ciudad.
- El equipamiento recreativo dentro del centro de la ciudad seguirá igual, en las zonas periféricas de la ciudad este equipamiento mostrará un deterioro debido a la falta de mantenimiento.
- La planificación territorial seguirá igual, impidiendo desarrollar adecuadamente la ciudad, la falta de datos del territorio en todas sus dimensiones será grande generando pérdidas cuantiosas en concepto de impuestos todo esto consecuencia de la falta de un catastro multifinanciado.

### Componente Socioeconómico

- La ciudad de Choluteca seguirá siendo una ciudad de prestación de servicios, sin embargo, la falta de dinamismo y gestión en cuanto a planes y propuestas adecuados de crecimiento económico limitar el atractivo de las pequeñas, medianas y grandes empresas, tanto nacionales como extranjeras, reduciendo grandemente la generación de empleos en la zona.
- Como consecuencia del crecimiento de los asentamientos informales, y la falta de empleo, aumentara el número de conflictos sociales debido a la tenencia de la tierra y aumento de delitos comunes.
- La falta de una política de incentivos y promoción hacia el atractivo turístico mantendrá el rubro en los niveles actuales los cuales son muy bajos comparados con el potencial turístico que tiene la ciudad especialmente su turismo colonial,

la industria hotelera crecerá levemente pero no necesariamente debido al turismo si no a que Choluteca es un punto de convergencia estratégico entre dos fronteras internacionales.

- Debido a la construcción prevista de un hospital de especialidades la mejora en este sector será grande, sin embargo, el hospital regional pese a ser un importante centro asistencial y consecuencia de la falta de mantenimiento se encontrará en malas condiciones en cuanto a infraestructura básica, lo cual limitará la asistencia de hospitalizaciones generales.
- El sistema de educación pública y privada tanto a nivel básico, secundario y universitario seguirá creciendo en cantidad, pero existirán deficiencias en cuanto a infraestructura de calidad, infraestructura tecnológica y oferta de carreras técnicas afines a la productividad de la región.
- La organización, gestión y participación social de la población civil, no será la adecuada para poder formular propuestas acertadas en cuanto a propuestas de proyectos de inversión social, generando vacíos y zonas donde no llegan dichas inversiones por parte del estado y municipalidad.

### **Escenario Óptimo, Ciudad de Choluteca**

Este es el escenario deseado, la imagen del territorio deseable por todos, donde se establecen los criterios necesarios para alcanzar los objetivos planeados.

Para la construcción de este escenario, se parte de la idea de tener a la disposición todos los recursos del territorio y la voluntad política, como ser: acciones inmediatas por parte de la autoridad y responsables en decisiones trascendentales para el territorio, recursos humanos, económicos, tecnológicos, de infraestructura, etc., todos ellos, orientados en solventar los problemas identificados, y aprovechar eficientemente las potencialidades, también previamente identificados, además de la implementación adecuada de las condiciones de desarrollo en cuanto a usos y políticas del territorio en el futuro.

### Componente Ambiental y Gestión de Riesgos

En este componente, el escenario óptimo establece el uso del suelo según su vocación propia, la cual deberá tener la ciudad y sus alrededores, con el fin de preservar las áreas con alto grado de conservación y condicionar aquellas áreas donde no se puede desarrollar la ciudad, ya sea por condiciones de protección ambiental, o por riesgo a desastres naturales.

En la ciudad se destacan cuatro usos del suelo de vocación urbano: Residencial (barrios y colonias con potencial a incentivar), Industrial (alrededores del área urbana desarrollada, y dentro del perímetro de control urbano), comercial (centro de la ciudad, mercados y en los ejes carreteros principales), áreas verdes (parques, centros deportivos, de recreación, etc.) y solares baldíos o desocupados (terrenos particulares sin ningún uso urbano).

Con la puesta en marcha y las acciones pertinentes al ordenamiento territorial de la ciudad, en relación a los usos del suelo urbano antes mencionados, sumado la concientización, participación de la población y el involucramiento institucional, se obtendrán los resultados ambientales siguientes:

- En cuanto al manejo de los desechos sólidos, aguas servidas, y la infraestructura adecuada para el tratamiento de estos, se logrará reducir al mínimo, la contaminación del suelo, de las aguas superficiales y subterráneas, así como también, la contaminación del aire, mediante la regulación de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes.
- Protección y conservación de las principales fuentes de abastecimiento de agua potables, proporcionándole a la población un suministro de calidad, mediante los mecanismos y tratamientos estrictos de potabilización de las aguas superficiales y subterráneas.
- Implementación de un plan de protección y conservación de las riveras de los ríos Choluteca, Sampile, y quebrada Iztoca, proporcionándole a la ciudad, prevención y buena imagen urbana.
- Establecimiento ordenado de expansión y equipamientos adecuados de las áreas de desarrollo agroindustrial e industria manufacturera, haciendo uso sostenible de los recursos naturales con que cuenta la ciudad (agua, suelo, aire, biodiversidad, flora y fauna etc.).

### Componente de Asentamientos Humanos

La ciudad de Choluteca por ser la cabecera departamental, y la principal ciudad de la región sur del país, representa un principal polo de desarrollo en cuanto a actividades de comercio y prestación de servicios, por lo que la calidad de vida para sus habitantes, debe ser la más favorable en relación a equipamientos necesarios, con capacidad de demanda y respuesta, mediante una planificación urbana moderna, infraestructuras de calidad que sean funcionales, etc., por lo que, la distribución de su población asentada en barrios y colonias, debe ser la más óptima posible, para el buen aprovechamientos de sus espacios urbanos, fortaleciendo los asentamientos humanos a incentivar, desfavoreciendo los asentamientos humanos a desincentivar.

La población estimada para la ciudad de Choluteca en el escenario del año 2034, es de 184,543 habitantes (proyección de crecimiento de 2% según INE 2013), con una densidad de 100 habitantes por hectárea, la cual se ha densificado en las áreas de menor densidad poblacional y las concerniente a solares sin habitar, correspondientes al área urbana consolidada para el año 2015, así como también, la población asentada en los principales ejes carreteros de la ciudad, de la forma siguiente:

- CA-1, de Choluteca hacia Tegucigalpa, sector noreste;
- CA-1, de Choluteca hacia San Marcos de Colon, ambos lados de la carretera, este como principal área de desarrollo residencial y comercial;
- CA-3, de Choluteca hacia El Triunfo, ambos lados de la carretera, en menor intensidad;
- Carretera de Choluteca hacia Marcovia, sector sur, representando un importante sector de desarrollo residencial, con ciertas limitaciones por las zonas de expansión agroindustrial y de inversión privada;
- Por último, el Anillo periférico, en sus alrededores, con restricción a las zonas industriales del sector noreste y sureste de la ciudad.
- Reubicación de los asentamientos ubicados en las aéreas propensas a desastres naturales, como ser: área de inundación de los ríos Choluteca y Sampire, y las áreas propensas a deslizamiento, en las zonas de altas pendientes, en la periferia de la ciudad.

- Limitantes al desarrollo y crecimiento urbano residencial y comercial, en las áreas destinadas a la producción agroindustrial.

### Componente de Urbanismo, Vivienda y Equipamiento

La ciudad crece de forma planificada, ordenada, estructuralmente eficiente, presentando un escenario urbanístico compacto en la distribución de los barrios y colonias, con una utilización adecuada de sus espacios urbanos, de acorde a la política del uso del suelo urbano implementado en la ciudad, solventando así los problemas inherentes, a la planificación, regularización, tenencia y uso del suelo, mediante un eficiente catastro multifinlatario, y un moderno sistema de recaudación fiscal.

Las necesidades de vivienda son solventadas mediante proyectos de inversión público-privado, con el incentivo fiscal, reglamentación de los solares desocupados, no construidos, de carácter edificable, generando un crecimiento y desarrollo ordenado de infraestructura social, satisfaciendo la demanda cuantitativa y cualitativa en la adquisición de una vivienda. Para este crecimiento urbanístico de vivienda, se estima la construcción de viviendas verticales, con el fin de brindarle a la ciudad, una mejor imagen urbanística y parasatisfacer a la población de todos los servicios y equipamientos básicos.

El equipamiento de la ciudad se desarrolla de forma satisfactoria para la población, con un reordenamiento en cuanto a ubicación, capacidad de servicio, y con el establecimiento de una normativa basada en las necesidades que presentan los barrios y colonias de la ciudad. Entre los principales equipamientos de la ciudad, tenemos los siguientes.

- Nuevas instalaciones del Hospital Regional del Sur, centros de salud, clíperes, clínicas y hospitales de atención privada distribuidos en toda la ciudad.
- Reubicación y construcción del nuevo cementerio general.
- Reordenamiento de las zonas comerciales, de servicios y financiera de la ciudad.
- Reordenamiento del sector comercial, formal e informal, en una nueva terminal de abastos.
- Preservación y ampliación de las áreas verdes y recreativas.



### Componente de Infraestructuras

El escenario óptimo para este componente, abarca las áreas en desarrollo y crecimiento, tanto comercial, industrial, residencial, logístico, entre otros, en cuanto al suministro de las infraestructuras de servicios básicos, de mitigación de desastres naturales, de accesibilidad y conectividad de la ciudad.

Para el sistema de conectividad, accesibilidad y transporte, en el año 2034, deberá funcionar de la siguiente forma:

- Implementación de los proyectos de mejoras y ampliación de los ejes carreteros CA-1, CA-3, Carretera hacia Marcovia, y Anillo Periférico. Esto implica toda la estructura vial, capa de rodadura, cunetas, señalización, calzada, alcantarillado, entre otras.
- Espaciamiento adecuado del derecho de vía con sus respectivas restricciones en las construcciones varias.
- Construcción de un nuevo tramo carretero en el sector oeste de la ciudad, en complementariedad con el anillo periférico, que servirá de alivio al tráfico pesado de transporte que se dirige hacia la frontera con Nicaragua.
- Implementación de una clasificación de calles y avenidas, con las condiciones requeridas de funcionalidad, en cuanto a medidas, señalización, drenaje, accesos y pavimentación.
- Ejecución de los proyectos de mantenimiento, tratamiento de calles no pavimentadas, accesibilidad, limpieza de cunetas, drenajes y derechos de vía.
- Implementación de proyectos de terminales del transporte público urbano e interurbano, con ampliación y distribución ordenada de nuevas rutas del servicio de transporte.
- Proyectos de construcción de alivios de tráfico en los tramos que conectan a los ejes carreteros CA-1, CA-3, carretera a Marcovia, sector centro y de los mercados.
- Proyectos de infraestructuras de mitigación de riesgos naturales, en las áreas de inundación de los ríos Choluteca y Sampile, y de posibles deslizamientos y deslaves en ríos, quebradas y zonas de alta pendiente, en los alrededores de la ciudad.

- Restauración de la infraestructura pluvial, en cunetas y quebradas embauladas, alcantarillado y drenaje de calles.

En relación a la infraestructura de servicios básicos se contempla lo siguiente:

- Nuevas infraestructuras de los servicios sanitarios de la ciudad (agua potable, alcantarillado sanitario y recolección de desechos sólidos) proporcionando la cobertura total de los barrios y colonias, y su eficiente prestación de servicios de calidad.
- Se contará con la operación de un nuevo relleno sanitario, con las normas de calidad y los estándares de funcionalidad óptima, haciendo un uso adecuado de la disposición final de los desechos sólidos.
- Infraestructuras modernas en el servicio de energía eléctrica y telecomunicaciones, con una amplia cobertura y capacidad del suministro.

### Componente Socioeconómico

La actividad económica de la ciudad radicara en la prestación de servicios, generación de nuevos empleos con la instalación de pequeñas, medianas y grandes empresas, de capital local, nacional y extranjero.

El rubro del turismo generara oportunidades de desarrollo local, posicionando a la ciudad entre las principales ciudades con un importante turismo colonial, así como también, en la prestación competitiva de los servicios hoteleros de la región.

La prestación de servicios públicos de salud será el mejor de la región, contando con un hospital regional con las capacidades de atención e infraestructura necesarias para satisfacer las demandas de la población urbana y rural, contando además con nuevas especialidades ,con personal técnico, administrativo y profesional, debidamente capacitados que estén comprometidos en ofrecer el mejor servicio de calidad. Se contará con una amplia red hospitalaria y de clínicas de índole privado, esto para generar una asistencia médica de calidad y competitiva, en cuanto a precios, atención y servicios, donde la población pueda acceder por comodidad y disponibilidad de recursos.

El sistema de educación pública ofrecerá una cartera amplia de ofertas formativas de calidad, la infraestructura e insumos necesarios para albergar a la población

estudiantil, y el compromiso social de egresar a profesionales con capacidades de desempeño y conocimiento, de gran potencial laboral y profesional.

La organización y participación social de la población ha sido el determinante en las principales decisiones y acciones por parte de las autoridades locales, para la ejecución y fiscalización de los proyectos de inversión social, así como también en el acompañamiento de los organismos cooperantes y organizaciones no gubernamentales, con incidencia en el desarrollo sostenible de la ciudad, sumado a esto, la concientización social, en los temas de recaudación fiscal, cuidado de los recursos naturales y del capital físico con que cuenta la ciudad.

### **Escenario Intermedio Ciudad de Choluteca**

Escenario Intermedio o concertado, en el que se integran los elementos de desarrollo y condiciones para el mismo, por medio del consenso de los actores claves, mediante los talleres de socialización y participación ciudadana realizados en la ciudad. En este escenario se pretende establecer una imagen futura consensuada de la ciudad, con el involucramiento de las autoridades locales, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, población organizada, empresa privada, entre otros, con el fin de establecer una prospectiva clara del desarrollo y crecimiento sostenible de la ciudad, siendo este el resultado, del Modelo Territorial Futuro deseado para el año 2034 de la ciudad de Choluteca, considerando a los otros dos escenarios, en un 60% de las metas y alcances del escenario optimo, y un 40% correspondiente al escenario tendencial.

#### *Componente Ambiental*

Partiendo de una combinación de los elementos establecidos por los dos escenarios anteriores, y los consensos establecidos en las mesas del taller de prospectiva, en relación a las áreas a desarrollar y de crecimiento urbano de la ciudad, se describen a continuación:

#### *Componente Ambiental y gestión de Riesgos*

- Se considerarán como áreas de conservación ambiental los corredores de inundación del Río Choluteca y Río Sampile, se reforestarán dichas zonas generando un cinturón verde de la ciudad optimizando la imagen urbana, así como las condiciones de calidad del aire de la ciudad.

- Los asentamientos con servicios básicos mínimos se reducirán, aumentando la cobertura de alcantarillado sanitario cerca del 40% en la ciudad, y así reduciendo la contaminación por aguas residuales en los Ríos Choluteca y Sample.
- La calidad y continuidad del agua potable a través de tubería aumentara cerca de 60% de cobertura dentro de la ciudad, reduciendo las enfermedades producto de consumo de agua contaminada, especialmente por coliformes fecales.
- Los asentamientos en zonas de inundación se deberán desincentivar reduciendo al mínimo los servicios básicos en ellos.
- Se respetará el uso del suelo en los alrededores de la ciudad, las futuras urbanizaciones que se construyan en antiguas zonas agroindustriales, deberán de evitar construir pozos de extracción de agua potable en dichas zonas o considerar los mecanismos para la potabilización del agua, y así brindar agua óptima para consumo humano.
- El aumento de la cobertura en el sistema de recolección de desechos sólidos en la ciudad de Choluteca, mejorara las condiciones ambientales de la urbe especialmente dentro del centro de la ciudad, permaneciendo aún pendiente la recolección en las zonas periféricas, sin embargo esto reducirá grandemente la practicas poco amigables con el medio ambiente que se han dado hasta la actualidad, además aumentara la concientización de la población en tener una adecuada disposición final de los desechos sólidos.
- Se considerará la construcción de un sistema de clasificación de desechos sólidos, de este modo se pretenderá optimizar la disposición final de los desechos sólidos y aumentar la vida útil del relleno sanitario.

### Componente Urbanismo Vivienda y Equipamiento

- La buena voluntad política en aplicar las normativas de ordenamiento territorial vigente, así como una correcta coordinación intergubernamental y regulación del uso del suelo, evitara la consolidación y el surgimiento de nuevos asentamientos en zonas desfavorables o de inundación.

- Los asentamientos establecidos en áreas no aptas para uso habitacional, como ser zonas inundables, deberán de desincentivarse en cuanto a su crecimiento, reduciendo al mínimo los servicios básicos, y evitando en lo posible la creación de nuevos proyectos, de no lograrse la reducción de la población en estas zonas vulnerables, habrá que realizar las medidas de mitigación y prevención de desastres correspondientes en cuanto a obras civiles para reducir el impacto de posibles eventos meteorológicos extremos.
- Será necesario incentivar la densificación de la población dentro de la ciudad, especialmente en solares baldíos y zonas de baja densidad poblacional, tomando el 60% del área del escenario óptimo, y que corresponderá a 462 hectáreas, mientras que el 40% restante será tomada del área perteneciente al escenario tendencial, la cual representará un área de 908 hectáreas.
- Se respetará al máximo el derecho de vía de los ejes carreteros pensando en una ampliación futura de la calzada de la carretera, esto mejorará la visibilidad de los conductores reduciendo el peligro de accidentes viales.
- La mayoría de terrenos en la ciudad de Choluteca son de carácter privado, por ello los planes de vivienda social estará limitados a que el solicitante tenga su predio, pero podría existir una gestión por parte de la alcaldía para adquirir terrenos a bajo costo que impulsen la construcción de vivienda de tipo básico, de este modo se disminuirá considerablemente los problemas de déficit cuantitativo y cualitativo que actualmente proliferan en la ciudad.
- Se tomarán las acciones respectivas a fin de mejorar las condiciones de los mercados San Antonio, Inmaculada Concepción, El Rápido y Terminal de buses, del mismo modo se gestionará por parte de la alcaldía la construcción de un nuevo mercado que brinde las condiciones óptimas tanto para los vendedores como para los consumidores, en este nuevo mercado se deberá reubicar la gran cantidad de vendedores ambulantes que obstaculizan el libre tránsito tanto peatonal como vehicular.
- Se deberá gestionar la construcción de un nuevo cementerio público que brinde las necesidades de la población.
- Al equipamiento recreativo y deportivo se le deberá de añadir un toque ambiental, aumentando el área verde en ellos, reduciendo así las denominadas islas de calor en la ciudad y mejorando la imagen urbana, también se deberá brindar

un mantenimiento rutinario al equipamiento recreativo que se encuentran en la periferia de la ciudad.

- La alcaldía tendrá que dar el paso para crear un catastro multifinalitario que realmente brinde las condiciones de planificación territorial que impulse el desarrollo adecuado de la ciudad, permitiendo la mejora en la recaudación fiscal y que a su vez servirá para impulsar nuevos proyectos sociales.

### Componente de Infraestructuras

Considerando los dos escenarios anteriores, más el consenso de los diferentes actores en el taller de prospectiva de la ciudad de Choluteca para el año 2034, se establecen los siguientes objetivos para construir un Modelo Territorial Futuro deseado, en el sector de las infraestructuras, las cuales deberán funcionar de la siguiente forma:

- Gestionar por parte de las autoridades locales y departamentales al gobierno central, el mantenimiento, ampliación y cuidado de los derechos de vías de los principales ejes carreteros que conectan a la ciudad (CA-1 y CA-3), dado la importancia que tienen para el país y la región centroamericana.
- La red vial principal pavimentada de la ciudad, mejorara de manera considerable, gracias a la inversión público-privado, en primer lugar, por parte de la municipal, con un eficiente sistema de recaudación fiscal y plan de inversión en infraestructura vial, en conjunto, con el aporte económico y logístico de la empresa privada, para la implementación de estas acciones. En cuanto el mantenimiento en sus principales avenidas y bulevares seguirá, de manera preventiva y periódica, para ofrecerle a la población y los visitantes, las mejores condiciones de accesibilidad y comodidad al transitar.
- La red de calles de los barrios y colonias aun no pavimentados, se irán construyendo con la participación activa de los pobladores y municipalidad, en cuanto a recursos propios, a la gestión financiera y de cooperación externa, mejorando las condiciones de vida de los pobladores y dándole a la ciudad, un desarrollo urbanístico y de crecimiento económico importante en la región.
- Restauración de las infraestructuras pluvial, en cunetas y quebradas embauladas, alcantarillado y drenaje de calles, esto como medidas de mitigación a los problemas de inundación por las lluvias torrenciales que

afectan a la ciudad en las épocas de invierno, sumado la concientización y participación de la población, en el cuidado y mantenimiento de limpieza y no obstruir estas infraestructuras de desagües.

- Ejecución de proyectos de construcción de alivios de tráfico en los tramos que conectan a los ejes carreteros CA-1, CA-3, carretera a Marcovia, sector centro y de los mercados.
- Señalamiento vial y semaforización de las principales calles y avenidas de la ciudad.
- Reubicación del aeropuerto de la ciudad, dado que la actual instalación, ha sido absorbida por los proyectos residenciales, limitando su ampliación y condiciones de funcionalidad requeridos, además de encontrarse, en la zona de expansión y desarrollo urbano, por lo será destinando dicha instalación, a una terminal de transporte y abasto, que satisfagan a la población albergada en ese sector de la ciudad para el año 2034.
- Implementación de medidas en la construcción de infraestructuras de mitigación de riesgos, por inundación (rio Choluteca y Sampile), deslizamientos, sequias, entre otros de carácter eventual.

#### Infraestructura de servicios básicos:

- Con la implementación de las acciones e intervención oportuna por parte de las autoridades locales y el marco legal institucional nacional y local, en relación a una densificación y ordenamiento urbano proyectado de los asentamientos humanos, se lograran hacer esfuerzos en solventar a los barrios y colonias, que adolecen de los servicios públicos, disminuyendo considerablemente, los déficit de cobertura y dotación diaria de agua potable, acceso a la red de aguas negras, energía eléctrica, telecomunicaciones y servicio de recolección de desechos sólidos, esto con proyectos de restauración, mantenimiento y construcción de las infraestructuras necesarias para suplir las demandas de la población proyectada.
- Mejora en el suministro y tratamiento del agua potable, en cuanto a la calidad de potabilización, captación, distribución y conexión, así como también, con el

cumplimiento de las medidas sanitarias de consumo de las aguas subterráneas, en los sectores que se abastece por sistemas de pozos.

- Ampliación y mejoras de las condiciones del sistema de saneamiento, en relación a la captación, deposición y tratamiento de las aguas servidas, así como también, los sectores que cuentan con sistemas individuales de letrinas y pozos sépticos, minimizando los riesgos de contaminación de los suelos, aguas superficiales y subterráneas.
- Ampliación y reestructuración del relleno sanitario, en cuanto a captación, deposición y tratamiento de los desechos sólidos y líquidos, cumpliendo con todas las especificaciones técnicas, operativas y ambientales requeridas para una ciudad.

### Componente Socioeconómico

La actividad económica principal de la ciudad, será la prestación de servicios, creando las condiciones adecuadas para la inversión privada, mediante políticas estratégicas de incentivos fiscales y promoción del sector turismo del casco histórico, parques, museos, cultura y tradición de la ciudad, con la incorporación de un comité de turismo, integraos por todos los actores claves y de interés.

Los esfuerzos en el sector salud pública, se coordinarán con el involucramiento activo de la sociedad civil organizada y autoridades locales, mediante programas de cobertura asistencial en barrios y colonias, prevención y concientización de la población, además de la gestión de proyectos de reconstrucción, mantenimiento y equipamiento del hospital regional del sur, y del resto de los centros de asistencia inmediata de la ciudad.

En cuanto al sistema educativo, se requiere de la participación activa de los padres de familia, así como de las organizaciones sociales, para fortalecer los procesos de reestructuración del sistema educativo, desde los niveles primarios hasta el nivel superior, donde se requiere una diversificación de carreras técnicas profesionales, en las aéreas productivas, de servicio y científicas, que requiere la ciudad, a fin de volverla más competitiva, y en donde su población joven en su mayoría, impulsen el desarrollo socioeconómico de la ciudad.



Si bien es cierto, que las infraestructuras generan progreso para las ciudades, el desarrollo sostenible, depende de su población, de cómo está se encuentra estructurada, equipada, y lo más importante, como está organizada. El hecho que la ciudad cuente con cualquier tipo de organización social, ya sea, legal, institucional o religiosa, bastara para generar los cambios positivos y de desarrollo deseado por cada ciudadano, y esto es uno de los potenciales con que cuenta actualmente la ciudad, por lo que la construcción del Modelo Territorial Futuro, concertado, dependerá en su mayoría, de este factor.

## CONCLUSIONES

1. Se detectaron 48 problemas en la ciudad de Choluteca, de los cuales 14 corresponden al sector ambiente, 9 al sector de infraestructura, 14 al sector de urbanismo, vivienda y equipamiento y 11 al sector de socio economía.
2. Se encontraron 23 potencialidades en la ciudad de Choluteca, de las cuales 3 corresponden al sector ambiente, 6 al sector de infraestructura, 6 al sector de urbanismo, vivienda y equipamiento y 8 al sector de socio economía.
3. Con los problemas y potencialidades encontradas se elaboró el Modelo Urbano Actual de la ciudad de Choluteca.
4. Se construyeron los tres escenarios futuros para la ciudad de Choluteca al año 2034 estimando que para ese año habrá una población de 184,350 habitantes.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de la Corporación Municipal de Choluteca, a Visión Mundial y a todos los asistentes a los talleres que se realizaron en la ciudad de Choluteca, ya que sin ellos no hubiera sido posible realizar este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (Julio de 2014). Guía Metodológica de Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles., *Segunda Edición*. Recuperado el Abril de 2015, de [www.iadb.org](http://www.iadb.org)
- Cauas, D. (s.f.). Definición de las variables, enfoque y tipo de Investigación.
- *Glosario de Términos de la propuesta del Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica*. (s.f.). Obtenido de <http://www.iiap.org.pe/avances/poa/GLOSARIO-Reglamento.pdf>
- Godet, M. (DIR.), Bassaler (Nathalie), Monti (Régine), Richou (Saphia) (COLL.), 2005, Entreprises et territoires, trames des ateliers de prospective stratégique, CNAM, Lipsor
- Jouvenel H. (1993) « Sur la méthode prospective : un bref guide méthodologique », *Futuribles*, n°179
- Reques Valeasco, P., & Rodríguez Rodríguez, V. (s.f.). *Prospectivas Demográficas y Territoriales. Treballs de la Societat Catalana de Geografia, XI*.
- Soms, E., & otros. (Enero de 2005). *PROSPECTIVA Y CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS PARA EL DESARROLLO TERRITORIAL*. (G. F. S.A., Ed.) Santiago, Chile.

# *Una mirada al Ordenamiento Territorial en Venezuela en el Marco del Ecosocialismo*

Rosa Corina García

## **Resumen**

El presente documento tiene por finalidad hacer referencia al proceso de ordenación del territorio en Venezuela, su vinculación con la nueva visión planteada que confiere el Plan Patria 2013-2019 y los patrones de desarrollo que exige actualmente el país. En tal sentido, primeramente se hace referencia al marco legal que rige la ordenación del territorio en Venezuela, el proceso de ordenación territorial, los instrumentos de ordenación del territorio que se han construido para su gestión en el extinto Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB), (hoy Ministerio del Ecosocialismo y Aguas-(MINEA), los ámbitos que abarca la ordenación del territorio, tanto en espacios denominados áreas ordinarias, como en los espacios protegidos; los enfoques metodológicos seguidos en dicho proceso y su relación con los paradigmas del Ecosocialismo y Ecodesarrollo, lo que justifica su divulgación en el marco de los esquemas de ordenación territorial. La investigación es de carácter ontológico, ya que se encuentra subyacente la experiencia habida como funcionaria en las actividades de ordenación territorial a nivel técnico y gerencial en el extinto MINAMB; también es de carácter descriptivo y documental lo que permitió realizar un análisis situacional que condujeron a unas conclusiones sobre la materia presentada, en las cuales se destaca, que la metodología de ordenamiento territorial integral y participativa seguida en el MINAMB, derivó en un espiral de aprendizaje colectivo e implicó un replanteamiento epistemológico, político y metodológico, con instrumentos de planificación elaborados desde una óptica holística con y para la comunidad, en concordancia con el entorno ambiental.

**Palabras clave:** Ordenación del territorio, Ecosocialismo, Participación Comunitaria, Instrumentos de gestión territorial.

## Abstract

This document is intended to refer to the process of land use planning in Venezuela, its link with the new raised vision that gives the homeland Plan 2013-2019 and patterns of development that currently requires the country. In this sense, first reference is made to the legal framework governing the management of territory in Venezuela, the spatial planning process, the instruments of regional planning which have been constructed for its management in the extinct Ministry of the Popular power for the environment (MINAMB), (today Ministry of Ecosocialism and waters-(MINEA), areas encompassing the planning) , both in areas called areas ordinary, as in those spaces protected; them approaches methodological followed in said process and its relationship with them paradigms of the Ecosocialism and Ecodevelopment, what justifies its disclosure in the frame of the schemes of management territorial. Research is ontological in nature, as is underlying the experience because as an officer in the activities of regional planning to technical and managerial levels in the extinct MINAMB; It is also descriptive and documentary character which allowed to conduct a situational analysis that led to conclusions on the matter presented, in which stands out the methodology of comprehensive land management and participatory followed in MINAMB, led to a spiral of collective learning and involved a rethinking epistemological, political and methodological, with planning tools developed from a holistic optics with and for the community , in concordance with the environment environmental.

**Key words:** management of the territory, Ecosocialism, community participation, territorial management instruments.

---

**Rosa Corina García.** (garciarosa815@gmail.com), Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada Nacional (UNEFA)-Chuao, Caracas-Venezuela. Programa de Maestría en Gerencia Ambiental

## INTRODUCCIÓN

El estilo de desarrollo conlleva a un modelo territorial que es la proyección en el espacio geográfico, de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de una sociedad. El concepto de ordenación del territorio que refiere la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOPOT), (1983), en su artículo N° 2, seguido conceptualmente en el presente documento, está referido a la regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, actividades económicas y sociales de la población, y el desarrollo físico espacial para lograr una armonía entre el mayor bienestar de las comunidades, la organización y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del ambiente, enfocado desde el punto de vista del desarrollo integral.

Es una política de Estado, que se articula a instrumentos de orden administrativo, legal y político institucional. Siendo un proceso planificado, se vincula a varias etapas de planificación; su naturaleza técnica y sociopolítica requiere del manejo de fundamentos teóricos, procedimientos y técnicas y concierne a toda la sociedad. Posee asimismo un carácter económico, pues interviene en la estructura de la base productiva asignando usos al territorio y orientando la localización de las actividades; tiene el apoyo de una base financiera, y evidentemente, posee una naturaleza cultural que responde al conjunto de valores que conforman la base de la cultura nacional que expresa las aspiraciones de las comunidades.

Dado el mandato legal y la importancia del ordenamiento territorial, se presenta este documento, referido al proceso de ordenación del territorio en Venezuela y su vinculación con la visión de país, conferida mediante el Plan Patria 2013-2019. Para ello se considera el marco jurídico y ambiental que rige la ordenación territorial en Venezuela, las metodologías aplicadas recientemente por el Ministerio del Poder Popular Para el Ambiente (MINAMB) como autoridad ambiental, y su relación con nuevos paradigmas de desarrollo, tales como el Ecosocialismo y el Ecodesarrollo, lo que justifica su divulgación en el marco de nuevas estrategias de planificación territorial; todo ello, desde una mirada ontológica, así como documental y descriptiva, para finalmente presentar las conclusiones derivadas del proceso de análisis realizado.

## OBJETIVOS

### *Objetivo General*

Evaluar el proceso de ordenación del territorio en Venezuela y su vinculación con la visión planteada en el Plan Patria 2013-2019, en el marco del Ecosocialismo.

### *Objetivos Específicos*

- Describir el proceso de ordenación del territorio en Venezuela en función del marco legal ambiental.
- Evaluar el proceso de ordenación del territorio en Venezuela, en función de la visión planteada en el Plan Patria 2013-2019.
- Considerar las metodologías para la ordenación del territorio utilizadas en la elaboración de los instrumentos de planificación y gestión territorial.

## **Marco jurídico ambiental que rige la ordenación del territorio en Venezuela**

La planificación del ordenamiento territorial de Venezuela está fundamentado en el marco legal del país, el cual parte de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV), la cual establece en sus artículos 120, 127 y 128, del aprovechamiento de los recursos naturales, protección del ambiente y procesos ecológicos, y en especial, la política de ordenación del territorio atendiendo a realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas y políticas, de acuerdo al desarrollo sustentable.

El marco jurídico de la planificación territorial en Venezuela, ha tomado en cuenta aspectos ambientales, demográficos y peculiaridades en cuanto a los bienes naturales presentes, y se han elaborado un conjunto de instrumentos de planificación que obedecen al mandato legal, concebidos de forma jerarquizada y fundamentados en la Ley Orgánica Para la Ordenación del Territorio LOPOT (1983), donde están contenidas las disposiciones que rigen el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la Estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo plazo de la Nación.

Asimismo, son considerados en el proceso de ordenamiento territorial, instrumentos legales vinculados directamente con la ordenación del territorio, la elaboración de la cartografía, la atención al riesgo y al ambiente, así como aquellos vinculados con la participación ciudadana, entre otros.

Por otra parte, la Ley del Plan de la Patria 2013-2019, (2013), en su Objetivo Histórico N° 5 señala: «*Contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana*», la cual debe realizarse mediante una adecuada ordenación territorial que garantice el buen uso de los bienes naturales para el beneficio del colectivo, asimismo, la Ley Orgánica del Ambiente LOA,(2006) establece las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente en el marco del desarrollo sustentable, como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y sostenimiento del planeta en interés de la humanidad, y finalmente, el Plan Nacional de Ordenación del Territorio (1998) instrumento de gestión territorial a nivel nacional, del cual se conoce una actualización para el año 2011.

### **Una mirada a la ordenación territorial en Venezuela**

Los ámbitos de ordenación del territorio en Venezuela, están englobados en las llamadas áreas de régimen ordinario y las áreas protegidas. Las áreas de régimen ordinario la conforman todas aquellas zonas del país que no están bajo figuras jurídicas de protección; mientras que las áreas protegidas gozan de esta condición. En relación a estas áreas de régimen ordinario, el país ha aunado esfuerzos importantes en la elaboración de planes de ordenación para las entidades federales, así como también, planes de manejo para recursos tales como los forestales y aguas.

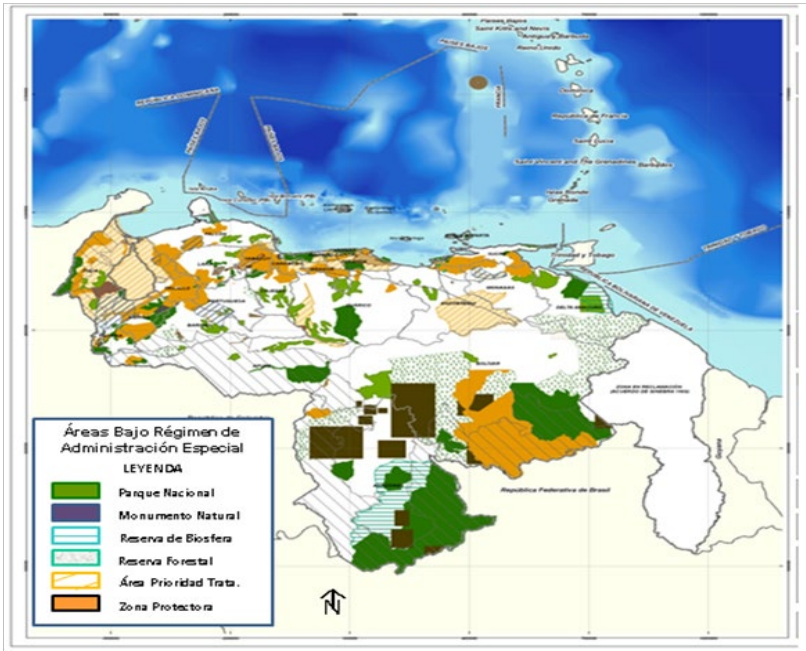
Respecto a las áreas protegidas, en Venezuela éstas se encuentran reguladas a través de diferentes leyes y reconocidas desde la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Según la legislación venezolana se denominan Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE). Su importancia radica en hacer un uso racional de los recursos ambientales, frenar conflictos sociales y detener la degradación de los ecosistemas. En este sentido, se plantea como prioridad proponer un mejor ordenamiento del espacio que abarcan las ABRAE dentro del marco socioeconómico y ecológico, que tome en cuenta las características y distribución de la población, el proceso de análisis y la organización de los ecosistemas en estas áreas protegidas.

En el caso del ordenamiento territorial de otro tipo de ABRAE, se han tenido presentes premisas cónsonas con el tipo de figura a ordenar y su objetivo de creación, para la propuesta de zonas de protección y conservación, de esta manera también se relaciona con el art. 12 de la Ley Orgánica de Seguridad de la Nación LOSN (GOE-

6156-E, 2014). Así, Venezuela tiene un conjunto de ABRAE, tales como parques nacionales, monumentos naturales, reservas de biosfera, entre otras, (ver Figura N°1), las cuales coadyuvan con la defensa de la soberanía nacional a través de la protección y conservación de los bienes naturales que albergan. La planificación de la ordenación del territorio, se realiza tomando en consideración las aptitudes de los diferentes espacios para el establecimiento de usos y actividades los cuales se engloban en un sistema de planes de los cuales forman parte el Plan Nacional de Ordenación del Territorio (PNOT); los planes estatales de ordenación del territorio, los planes regionales y los planes de ordenamiento territorial de ABRAE, entre otros.

Debido a que una de las directrices principales del PNOT es la mejor localización de las actividades económicas, implica el establecimiento de normas claras, precisas y estables en lo que se refiere a las posibilidades de uso del territorio nacional, estrategia que también es considerada en los planes estatales de ordenación del territorio, planes urbanos y planes de sitio. Igualmente, para la gestión de las ABRAE, los planes de ordenamiento de las mismas, conforman los instrumentos técnico-legales de planificación espacial fundamentales para su conservación o protección, y donde se establecen las directrices para la gestión, de estas áreas, en armonía con los tres grandes objetivos generales del desarrollo integral, con especial énfasis a la participación ciudadana, activa, protagónica y corresponsable, donde el trabajo a realizar, sea una responsabilidad compartida entre los ciudadanos y el Estado.





**Figura 1.** Áreas Bajo Régimen de Administración Especial en Venezuela

Fuente: (MINAMB, 2011)

### Procedimientos metodológicos aplicados en la ordenación territorial

Existen diversos planteamientos metodológicos para el abordaje de la elaboración de proyectos de ordenamiento territorial con planificación participativa, pero es común a ellos, la construcción conjunta del producto, mediante procesos dinámicos entre la relación de la comunidad y las instituciones; de esta manera se establece una comunicación bidireccional, dinámica y constante en la búsqueda del enriquecimiento de saberes, y la elaboración de instrumentos de planificación producto de la unificación de criterios y con sentido de pertenencia. En Venezuela, dentro de estas metodologías utilizadas recientemente por el MINAMB, se puede hacer referencia a la *Metodología de Análisis Integral de Ecosistemas* (Berroterán, 2004), (ver Figura N° 2), la cual fue aplicada en el ejercicio del ordenamiento territorial de la Reserva Forestal El Caura y de la Reserva Forestal Imataca, con resultados considerados positivos, por su carácter integrador entre los ámbitos físico natural, con el socioeconómico y cultural producto las relaciones entre las fases que la conforman.

La experiencia habida en el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB) hoy (Ministerio de Ecosocialismo y Aguas-MINEA), en cuanto a la aplicación de este proceso metodológico integrador y autormatizado, ha generado que recientemente se hayan realizado planes de ordenación territorial estatal y de ABRAE, en las cuales se ha vinculado la comunidad en todas sus fases, tales como en los casos de los planes de ordenamiento territorial de las reservas forestales Imataca y Caura, así como a espacios de régimen ordinario: Plan de Ordenación del Territorio del Estado Monagas (POTEM) y del Plan de Ordenación del Territorio del Estado Bolívar (POTEB), por citar algunos. En estos casos, la comunidad tuvo alta participación, efectuó su propia zonificación (caso del territorio indígena) y colaboró en la zonificación y asignación de usos del resto de las áreas bajo planificación territorial. Asimismo, tradujo a su propia lengua originaria, el contenido del instrumento (Caso Reserva Forestal El Caura del estado Bolívar), lo que permite mayor vinculación y apropiamiento del Plan.

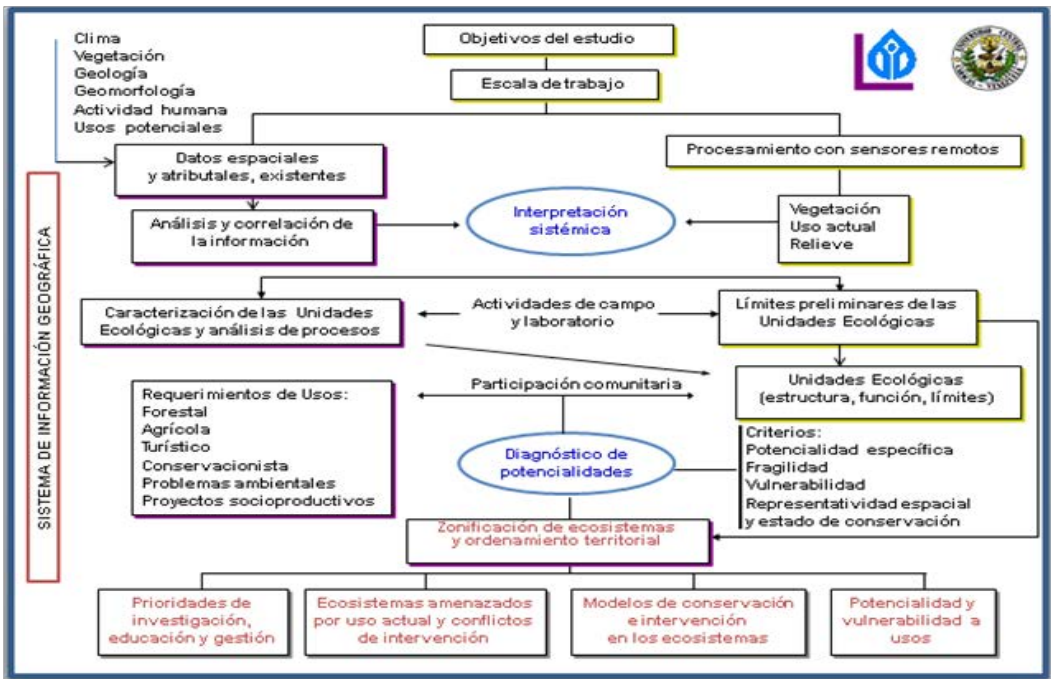


Figura 2. Metodología de Análisis Integral de Ecosistemas. (MINAMB, 2008)

Las fases genéricas que enmarcan la implementación del proceso metodológico que permite elaborar los planes de ordenación, son de acuerdo al MINAMB (2008):

- a) Sensibilización a las comunidades con relación al tipo de plan por ejecutar e invitación a participar en el proceso de ordenamiento territorial: esta fase es el primer contacto con las comunidades en función de las actividades que van a realizarse;
- b) Inserción de la comunidad en el proceso de planificación, mediante variados mecanismos de participación;
- c) Elaboración del diagnóstico participativo. Este se realiza mediante el aporte institucional y comunitario en el proceso de identificación y propuestas de resolución de problemas, de desarrollo socioproductivo y en la directa construcción de los productos;
- d) Elaboración del Plan, el cual se construye desde la zonificación territorial, con base a las potencialidades y restricciones del área, y fundamentándose en el marco legal vigente. Asimismo Implica la recopilación de propuestas de usos y de actividades socioproductivas permitidas, los mecanismos de financiamiento y la responsabilidad de acción de cada ente con la comunidad;
- e) Revisión del Plan elaborado. Este se realiza en asamblea de ciudadanas y ciudadanos;
- f) Consulta Pública del Plan;
- g) Implementación del Plan, donde debe especificarse la responsabilidad que cada actor tiene dentro del mismo, y
- h) Control, revisión y actualización del Plan, en el tiempo en el cual se especifique. De esta manera la comunidad participa en el la elaboración del documento técnico, en la formulación de la zonificación territorial, en el abordaje de los problemas ambientales y su solución, y en la elaboración del proyecto de decreto que contiene la propuesta de ordenación del territorio.

## Resultados

La mayoría de las entidades federales en Venezuela, cuenta a la fecha, con su respectivo plan de ordenación estatal; sin embargo, algunos se encuentran desactualizados, encontrándose situaciones donde los procesos de ocupación y

uso del territorio se han producido de manera anárquica, originándose problemas ambientales, que tienen expresión en problemas sociales e inclusive de salud. Esto ocurre, porque en ciertos casos, los planes que se han formulado han producido efectos opuestos a los objetivos para los cuales fueron elaborados, González (1983), y se han adoptado técnicas e instrumentos provenientes de otras realidades geográficas, con otro contexto social, económico y administrativo. En tal sentido, la actualidad exige que los planteamientos y objetivos del modelo territorial deban definirse y adoptarse con amplia participación y consenso de todos los actores involucrados. Del mismo modo, la particularización y localización espacial de los problemas ambientales, así como las necesidades más urgentes de los ciudadanos, deben ser materia esencial de la planificación; por ende es menester elaborar dichos planes de ordenación territorial atendiendo no solo a las realidades geográficas, sino al empleo de procesos metodológicos que consideren a las características ecosistémicas de los bienes naturales propios de cada área; construir el plan de ordenación territorial con una metodología integradora, con carácter estratégico y concebido en un proceso vinculado a un programa de acción territorial. Se trata de un instrumento de visión prospectiva, de contenidos específicos y de acciones concretas que se desarrollen a través del tiempo, sujetos a una serie de principios ambientales, económicos y sociales, con la adopción del concepto de flexibilidad como fundamento de las innovaciones propuestas, tal y como refiere (CEPAL, 2001). Su esencia consiste en permitir la adecuación de las disposiciones del Plan a la realidad cambiante, y ser una guía orientadora de las actuaciones públicas y privadas.

## Discusión

El desarrollo, como hasta ahora ha sido concebido hay que reconsiderarlo y convertirlo en un elemento que combine eficazmente la naturaleza y las comunidades, así como también que garantice los bienes naturales. El Ecosocialismo, según (Lowvy, 2004) es considerado como un enfoque de desarrollo emergente, basado en el repensar la relación humanidad-naturaleza, cuya lógica debe construirse desde la comunidad, para la preservación de la vida en el planeta. Esto en Venezuela justifica el Quinto Objetivo Histórico del Plan de la Patria: "Contribuir con la Preservación de la vida en el Planeta y la Salvación de la Especie Humana". Es pues pertinente, de la manera más prospectiva, avanzar en la confección de un modelo de escalamiento productivo de transición, insistir junto a las comunidades, en darle las debidas coherencias a las políticas de forma más organizada, para avanzar en las distintas dimensiones que encierra el Quinto Objetivo Histórico.

Ello implica un modelo de desarrollo humanista, que coloque al ciudadano y ciudadana en el centro de su atención, conciliando su relación con el ambiente, impulsando un nuevo modelo de producción y consumo, garantizados mediante un compromiso establecido a través de la participación popular; por tanto, se impone una nueva planificación, ajustada a cada medio, de acuerdo a las aptitudes territoriales presentes expresadas en la zonificación territorial, que permita asumir la pluralidad de actores, los cambios y también admitir tendencias establecidas que deban ser replanteadas por otras nuevas, incorporado un componente de flexibilidad y una visión endógena, lo cual puede ajustarse también al esquema del llamado Ecodesarrollo, adaptado a cada medio, según sus aptitudes territoriales, pues este último alberga ideas que según PNUMA, (1978) lo define así:

*El ecodesarrollo es un estilo o modelo para el desarrollo de cada ecosistema, que además de los aspectos económicos, considera de manera particular los datos económicos y culturales del propio ecosistema para optimizar un aprovechamiento, evitando la degradación del medio ambiente y las acciones depredadoras.*

En este sentido se traduce en un proceso de transición mediante una planificación que busca la articulación de dos metas: por un lado, la meta de desarrollo, dirigida a mejorar la calidad de vida, mediante el incremento de productividad, y por otro, la de mantener en balance o equilibrio el ecosistema donde se desarrollan estas actividades. Esta transición no sólo conduciría a un nuevo modo de producción sino a un modo de vida alternativo, a una nueva civilización; asimismo, y basado en el Objetivo N° 5, plantea líneas de acción de importancia en la gestión ambiental, incluyendo a las ABRAE, las cuales desempeñan un importante rol en los aspectos de geopolítica, conservación de bienes naturales y como estrategia ante el cambio climático.

A partir del Primer Plan Nacional de la Patria Simón Bolívar (2006-2013) promulgado en el año 2006, en la República Bolivariana de Venezuela y puesta en marcha de sus directrices, se impulsó un nuevo modelo productivo nacional y una nueva geopolítica, tanto nacional como internacional, derivándose de allí la creación de nuevas unidades de producción para la satisfacción de las necesidades humanas en contraposición a la mera producción de riqueza.

Posteriormente, en el Plan Patria 2013-2019, se presentan los grandes objetivos históricos de la Revolución Bolivariana: La Independencia Nacional, El Socialismo Bolivariano, Venezuela País Potencia, El Mundo Pluricéntrico y Pluripolar y la

Preservación de la Vida en el Planeta, donde se plasma la participación protagónica en la gestión corresponsable de gobierno y su integración a los planes de desarrollo con la visualización del Ecosocialismo, como elemento transversal a los cinco objetivos históricos.

En la esencia filosófica del Ecosocialismo, se articulan entre sí elementos importantes como lo son el territorio, el ambiente y los procesos productivos. A través de esta visión se aspira transformar el modelo territorial y ambiental; de allí que el desarrollo es concebido como la puesta en marcha de unidades de producción donde se realice un impulso a la participación de los actores sociales en la construcción de las redes socioproductivas, partiendo de los bienes naturales disponibles, del territorio y de la racionalizada capacidad para asimilar los desechos generados, respetando las capacidades de los ecosistemas, y logrando una articulación que permita la construcción de procesos socioproductivos encadenados con las comunidades del territorio para elevar su calidad de vida, pero a la vez evitando y previniendo prácticas degradantes del ambiente. Por ello, la propuesta es una planificación participativa integral para elaborar los planes y proyectos en concordancia con los objetivos del plan de la Patria 2013-2019.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la experiencia habida y a los nuevos lineamientos a seguir, se impone para la ordenación del territorio, una estrategia metodológica integradora de los aspectos naturales, físicos, socioeconómicos y culturales, donde se siga una línea de trabajo en la cual se considere cada espacio a ordenar, como parte de un sistema en constante reestructuración; donde los elementos naturales y sociales están en interacción, estableciéndose entre ellos relaciones simultáneas de dependencia y reciprocidad (MINAMB, 2007); establecer y mantener vínculos comunicacionales y de trabajo entre los actores sociales (individuos e instituciones) que interactúen dentro de cada área haciéndolos copartícipes en los instrumentos de gestión.

La metodología seguida en el MINAMB (hoy Ministerio de Ecosocialismo y Aguas), en los más recientes planes de ordenamiento territorial, por ser integradora, permitió formar un espiral de aprendizaje colectivo, de reconstrucción de la realidad y de sinergia y empatía por parte de los actores e implicó un replanteamiento epistemológico, político y metodológico; desde una óptica holística, con y para la comunidad, en concordancia con el entorno ambiental induciendo a tomar de él, solo lo necesario y a respetar los ciclos de producción de los ecosistemas.

En general, la planificación participativa vinculada al ordenamiento territorial busca, desechar modelos y visiones que ya no resuelven los problemas de la gente, sino ubicarse en las tendencias que apuntan al desarrollo, armonizar los esfuerzos públicos y privados, darle viabilidad abriendo cauces a los emprendimientos en concordancia con el ambiente; realizándolo de forma interactuada con las comunidades en todas sus fases e implica reducir la brecha entre el marco legal preexistente y los nuevos instrumentos jurídicos, para conseguir la consonancia requerida entre lo que dice la ley en Venezuela, y lo que se aspira en el marco del Ecosocialismo.

### **AGRADECIMIENTOS:**

Al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (MINEA), Dirección de Gestión Territorial por suministro de material de apoyo.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Berroterán, José L. (2004). Reserva Forestal Imataca. Ecología y Bases Técnicas para el Ordenamiento Territorial. Fundación U.C.V. Caracas, Venezuela.
- CEPAL, (2001). El Ordenamiento Territorial como Opción de Políticas Urbanas y Regionales en América Latina y el Caribe. Documento presentado por Pedro Felipe Montes Lira. Serie: Medio Ambiente y Desarrollo; División de Medio Ambiente y Desarrollos Humanos. Santiago de Chile, Chile.
- García, R., (2014). Plan de Ordenación Urbano Local: Lineamientos para su elaboración. Informe Técnico. Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, Dirección de Catastro. Caracas, Venezuela.
- González E., Roque, (1983). Planeación y Reglamentación del Desarrollo Urbano. Gaceta Mexicana de Administración Pública Estatal y Municipal. Ponencia presentada durante el Seminario para la Formación de Capacitadores Municipales, Guadalajara, Jalisco. 1983. México.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L., (2010). Metodología de la Investigación. 5ta. Edición. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Lowy, M., (2004). Que es el Ecosocialismo. México, México.

- Méndez M., (2013). Diario El Impulso. Artículo publicado en prensa e17.10.2013
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, (2013). Dibujando nuestro Ecosocialismo. Resúmenes de Ponencias. IV Congreso Venezolano de Diversidad Biológica. Estado Falcón, Venezuela.
- Ministerio del Poder Popular Para el Ambiente, (2007). Experiencias de planificación participativa en la elaboración de los planes de ordenamiento y reglamento de uso años 2005-2007. (Estudio de casos). Documento Interno. Dirección General de Planificación y Ordenación Ambiental. Documento interno. Caracas Venezuela.
- Ministerio del Poder Popular para el Transporte y las Comunicaciones, (2011). Inventario de Instrumentos de Planificación Vigentes – Publicados. Dirección General de Ordenación del Territorio Urbanístico. Caracas, Venezuela.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2008). Análisis Ecológico Social y Ordenamiento Territorial de la Región del Río Caura. Documento Técnico. DGPOA. Caracas, Venezuela.
- República Bolivariana de Venezuela, (2000). Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial Extraordinaria No 5.453. 24 de marzo de 2000. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela, (2000). Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional. Gaceta Oficial Extraordinaria No 37.002. 28 de julio de 2000. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela (2014). Ley Orgánica de Seguridad de la Nación. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 6.156, de fecha 19 de noviembre de 2014.
- República Bolivariana de Venezuela (2005). Ley Orgánica de Pueblos y Comunidades Indígenas LOPCI. Gaceta Oficial N° 38.344, de fecha 27 de diciembre de 2005.
- República Bolivariana de Venezuela, (2006). Ley Orgánica del Ambiente. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.833, de fecha 22 de diciembre de 2006.
- República Bolivariana de Venezuela. (2009). Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 39.095 del 9 de enero de 2009



- República Bolivariana de Venezuela, (2008). Ley de Gestión de la Diversidad Biológica (2008). Gaceta Oficial 30.060 Fecha 01 de diciembre de 2008.
- República Bolivariana de Venezuela, (2009). Ley Orgánica de los Consejos Comunales (2009). Gaceta Oficial N° 39.335. Fecha 28 de diciembre de 2009.
- República Bolivariana de Venezuela (2020). Ley de Planificación Pública y Popular. Gaceta Oficial–E. N° 6-001. Fecha 21 de diciembre de 2010.
- República Bolivariana de Venezuela (2013). Ley del Plan de la Patria. Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019. Gaceta Oficial–E. N° 6.118. Fecha 04 de diciembre de 2013.
- República Bolivariana de Venezuela (2014). Ley Orgánica de las Comunas y Movimientos Sociales. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 409.327, de fecha 07 de febrero de 2014.
- República de Venezuela, (1936). Ley de Tierras Baldías y Ejidos. Gaceta Oficial de Fecha 30 de septiembre de 1936.
- República de Venezuela, (1983). Ley Orgánica de Ordenación del Territorio. Gaceta Oficial N° 3.238-Extraordinario, del 11 de agosto de 1983.

## Enlaces Web

- <http://www.monografias.com/trabajos14/segurid-nacion/segurid-nacion.shtml#ixzz3aXblyvuu>. (Consultado el 7/07/15)
- <https://es.scribd.com/.../Michael-Lowy-Ecosocialismo-La-alternativa-radical>. Consultado el 03/08/15
- [http://www.hic-al.org/glosario\\_definicion.cfm?id\\_entrada=22](http://www.hic-al.org/glosario_definicion.cfm?id_entrada=22)
- SHOP/CEPAL/PNUMA, *Ecotécnicas para los asentamientos humanos en el trópico húmedo de México*, marzo de 1978. Consultado el 26/07/15)
- <http://madalbo.com/2011/08/tesis-ecologica-y-lucha-politica-la.html>.
- Crisis ecológica y lucha política: la alternativa ecosocialista.
- Michael Lowy y Samuel González. Consultado el 03/08/15

# ARQUEOASTRONOMÍA Y ASTRONOMÍA CULTURAL

# *Astronomía y arquitectura en el norte de la península de Yucatán: Análisis comparativo entre Chichén Itzá y Dzibilchaltún*

Orlando J. Casares Contreras

## Resumen

El urbanismo de la sociedad maya es un reflejo adaptativo y del aprovechamiento de los recursos naturales a su alcance para satisfacer sus necesidades, pero también pudo representar a través de los arreglos arquitectónicos al interior del asentamiento, una conmemoración simbólica de su cosmovisión en las que la propia naturaleza representó un elemento sagrado al cual se le vinculó con estructuras en las que, los eventos astronómicos que contienen son pieza clave del arreglo arquitectónico, urbanístico y religioso. En Dzibilchaltún y Chichén Itzá, los conceptos del inframundo, los elementos acuáticos y la astronomía son piezas fundamentales que se ven representadas en un período de traslape temporal a través de su arquitectura, vinculado con las ceremonias agrícolas y la fertilidad.

**Palabras clave:** Arqueoastronomía, Agricultura, Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Urbanismo

## Abstract

Urbanism of Maya society is an adaptive use of natural resources to their needs, but also, represent through architectural arrangements within the settlement, a symbolic commemoration of their worldview in which the nature represented is a sacred element to which it is linked to structures in which, containing astronomical events are key piece of architectural, urban and religious settlement. In Dzibilchaltún and Chichén Itzá, concepts like the underworld, water elements and astronomy are fundamental pieces that are represented in a temporary period of overlap through its architecture, linked with agricultural ceremonies and fertility

**Keywords:** Archaeoastronomy, Agriculture, Chichen Itza, Dzibilchaltun, Urbanism

---

**Orlando J. Casares Contreras**, Centro INAH Yucatán. INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia), Sección Museografía, Oficina Centro INAH Yucatán, en Mérida, Yucatán, México.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre urbanismo en Mesoamérica han tenido diferentes momentos y tendencias que nos muestran la complejidad del tejido social y las dinámicas de sus habitantes, así como el conocimiento que tuvieron sobre el aprovechamiento de los recursos naturales a su alcance a partir del establecimiento de sus ciudades. Este argumento ha sido empleado en los trabajos sobre el patrón de asentamiento de sitios arqueológicos, especialmente en aquellos pertenecientes al área maya.

En dichas investigaciones sobre el patrón de asentamiento de sitios mayas, el aspecto astronómico no ha sido suficientemente abordado, salvo algunas investigaciones en torno a las alineaciones entre estructuras de conjuntos arquitectónicos, como aquellas entre las distancias de una estela con respecto a otra de más de un kilómetro o entre alineaciones en posiciones extremas con astros visibles como Venus hacia asentamientos prehispánicos cercanos sin que ello represente hasta el momento, algún patrón común a una época, región o se le vincule con otros aspectos propios de la cosmovisión maya.

Y es que, aquellos modelos que inicialmente planteaban que las construcciones de los mayas estaban alineadas a los cuatro puntos cardinales no tuvieron mayor sustento y con el avance de la arqueología en el área maya, se ha visto que la distribución urbanística entre los espacios ceremoniales, civiles y habitacionales es mucho más compleja, no siempre respondiendo a éste principio, incluso en la propia alineación de una estructura vista de forma aislada, tampoco se ha visto un patrón que responda al mismo argumento.

Pero ello no quiere decir que dentro de los principios de la distribución arquitectónica de algunos sitios, no existiera una relación entre los elementos de la cosmovisión maya con alineaciones astronómicas y como muestra de ello, en el presente documento se expondrá una comparativa de dos asentamientos, que aunque temporalmente presentan sus diferencias, en algún momento se traslapan y justamente en ese espacio también parecen compartir un patrón urbanístico similar, en donde el conocimiento astronómico presente en las mismas junto con sus principios religiosos presentan concordancias apoyadas en los elementos naturales que ambas ciudades contienen.

Estamos hablando de los asentamientos prehispánicos de Dzibilchaltún y Chichén Itzá, específicamente de los arreglos arquitectónicos del conjunto de las Siete Muñecas con el resto del sitio y con la Gran Nivelación de Chichén Itzá, la cual se repite en el conjunto del Osario. Estas tres composiciones urbanísticas tienen

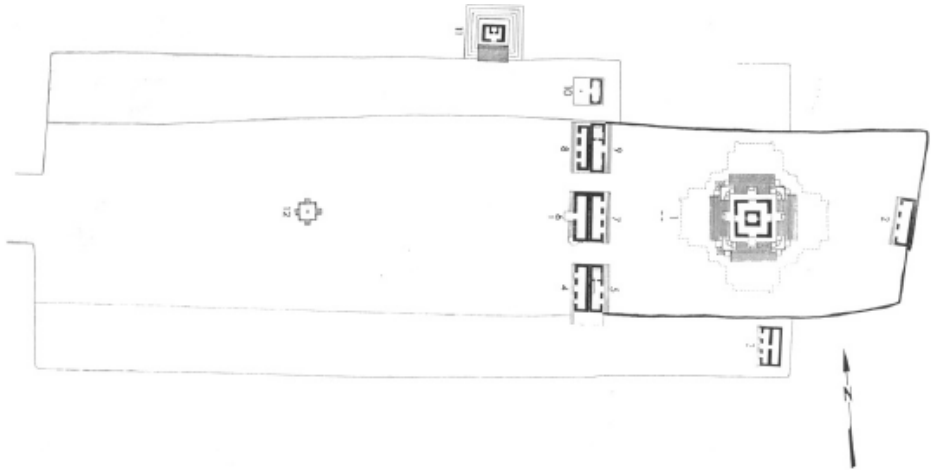
similitudes ya que constan de una estructura piramidal con cuerpos escalonados en sus cuatro lados, que a su vez contienen una subestructura y en dichos casos, la estructura y/o la subestructura posee una alineación o arreglo con el cuál es posible registrar eventos astronómicos relacionados con el calendario y pasos del Sol por el Cenit.

De igual manera, éste arreglo espacial de la estructura está ligada con el resto del asentamiento a través de una calzada que lo conecta con la fuente de agua más importante del propio asentamiento, como lo son los cenotes. En las siguientes páginas, exploraremos con mayor detenimiento los detalles arquitectónicos y arqueoastronómicos de cada sitio y de sus estructuras involucradas para un posterior análisis de cómo es que en una época que va del Clásico Tardío al Terminal, podría representar parte de algún culto que involucró eventos astronómicos relacionados con la agricultura y la llegada de las lluvias, con el inframundo y sus elementos acuáticos.

## **LA ESTRUCTURA 1-SUB O LAS SIETE MUÑECAS DE DZIBILCHALTÚN.**

La Subestructura 1 de Dzibilchaltún o también denominada como “El Templo de las Siete Muñecas” pertenece al sitio arqueológico del mismo nombre, ubicado al norte de Mérida, la capital del estado mexicano de Yucatán. Su ubicación geográfica en coordenadas es 21°05' latitud norte y 89°35' longitud oeste (las cuales fueron determinadas por GPS desde la escalinata poniente de la subestructura y rectificadas por la aplicación Google earth). El sitio tiene diferentes períodos ocupacionales pero para fines del presente artículo, nos enfocaremos a las características de la estructura anteriormente mencionada.

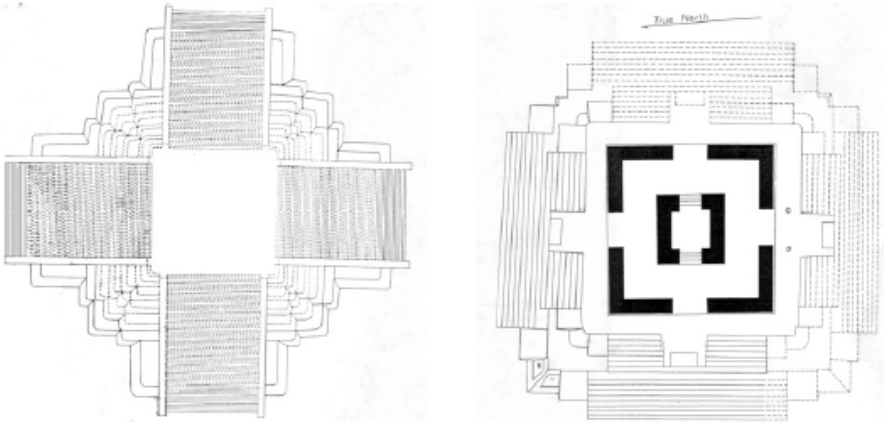
Se ubica en un grupo de estructuras llamado el “Grupo de las Siete Muñecas” (Figura 1) e inicialmente fue excavado por un equipo de arqueólogos norteamericanos, encabezados por Wyllys Andrews IV a mediados del siglo pasado (1980: 4 y 5). Este grupo arquitectónico data de inicios del período temprano II, equivalente al clásico tardío (600 al 800 d.C.) hasta su última fase de ocupación que fue en el floreciente puro, que coincide con el clásico terminal (800 al 950/1000 d.C.), según se pudo fechar por cerámica y algunas muestras de carbono 14 en la estructura (Andrews IV 1980: 273).



**Figura 1.** Grupo de las Siete Mueñacas (Tomado Andrews IV: 1980: 83).

En cuanto a la estructura principal, los arqueólogos encontraron restos de una etapa constructiva posterior, la cual fue denominada como la Estructura 1, pero por su estado de conservación, el equipo de arqueólogos norteamericanos decidió retirar la mayor parte para restaurar la subestructura, la cual por las mismas razones denominaron subestructura 1 y es visible hoy en día, la cual data del período clásico tardío (Andrews 1980: 85). La misma se encuentra representada en la figura 1 con el contorno delineado y es presentado para su comparación de una reconstrucción hipotética hecha por Andrews IV en la figura 2.

Arquitectónicamente, consta de elementos como el Talud Tablero con nicho remetido, que se ha sugerido como un marcador de influencia teotihuacano para Mesoamérica pero también con elementos propios de las tierras mayas, especialmente en sitios con desarrollos del clásico temprano (o anteriores) como Uaxactún, Kohunlich, Piedras Negras, Tikal, Lamanai o Cerros, los cuales tienen la regularidad de encontrarse con mascarones de estuco como parte de la decoración de los mismos (Andrews 1987: 20 y Maldonado 2003: 487).



**Figura 2.** Dibujos de las plantas de la Estructura 1 (izquierda) hoy desaparecida y su Subestructura (derecha), la cual está restaurada (Andrews IV 1980).

De los trabajos derivados de las temporadas arqueológicas de la Tulane, la subestructura 1 ha mostrado un particular interés, no sólo por los arreglos arquitectónicos sino por las ofrendas, grafitis e inscripciones en su interior. Una de ellas y quizá la más destacada, son unas siete figurillas halladas en la cámara interior del templo (Figura 3) las cuales fueron burdamente elaboradas de barro, pero resaltan sus atributos fálicos y sexuales por encima de las proporciones de la pieza (Andrews IV 1980: 113), razón por la cual lleva el nombre de Templo de las Siete Muñecas.





**Figura 3.** Ofrendas halladas en la cámara interior de la Subestructura 1 de Dzibilchaltún (fotografía propia). Actualmente se encuentran en el museo de sitio del lugar.

Otro de los elementos simbólicos más destacados, son las representaciones registradas en los estucos de las fachas al momento de la liberación de la subestructura, donde originalmente se había propuesto que ello respondía a una influencia de las culturas del Golfo de México, ya que entre los elementos iconográficos que se registraron según los investigadores norteamericanos, habían peces, mantarrayas y una probable ave acuática (Andrews IV 1980 y Andrews V 1978). Dichos elementos serán revalorados en el análisis del presente artículo.

En términos astronómicos, los trabajos arqueoastronómicos de Víctor Segovia (Casares 2001: 5), demostraron que es posible hacer una observación desde fachada oriente de la Estructura 7, en la que se registra el paso del Sol durante los equinoccios<sup>1</sup> como el referido en la Figura 4. En trabajos posteriores realizados por Clemency Coggins (1988) y Jesús Galindo (1994), las observaciones hacia lo que se denominó equinoccio astronómico no coincidieron con los primeros planteamientos hechos por Segovia, ya que dicha observación tenía su plenitud de 3 a 4 días antes o después de los equinoccios astronómicos. Posteriormente, Casares rectificó las mediciones, dando un promedio de 2 a 3 días antes y después del equinoccio astronómico (Casares 2001: 10).

<sup>1</sup> Aunque el término de observación equinoccial se ha puesto en debate por Ivan Sprajc, se menciona en éste apartado tal cual fue propuesto por Víctor Segovia, es decir, como observación de los equinoccios de primavera y otoño.



**Figura 4.** El Sol saliendo por la Subestructura 1 el 19 de marzo de 2001  
(fotografía de Orlando Casares).

En dicha intervención, también se propuso que las funciones astronómicas de la Subestructura 1 podían ir más allá de la observación denominada equinoccial y de las solsticiales propuestas inicialmente por Víctor Segovia, sino que debido a los criterios de restauración y que no se respetaron in situ muchos de los elementos arquitectónicos intervenidos por los arqueólogos norteamericanos, es que la llamada Chimenea que retama la parte superior de la subestructura, la cual pudo funcionar como un observatorio cenital para los días 25 de mayo y 17 de junio (Casares 2001: 16). Lamentablemente, sólo puede comprobarse teóricamente, porque dicho elemento ajeno forma parte de la restauración actual.

En el contexto urbano del grupo arquitectónico de las Siete Muñecas, cabe agregar que éste se conecta con el resto del sitio a través de una calzada que lleva a la plaza central del sitio, que no sólo se encuentra rodeada de estructuras de tipo administrativas sino que a su costado suroeste se ubica un cenote abierto, cuya importancia natural y ritual se ha hecho patente a través de las ofrendas encontradas en su interior (Andrews IV 1980).

## **EL CASTILLO DE CHICHÉN ITZÁ Y SUS ALREDEDORES.**

El sitio arqueológico de Chichén Itzá, se ubica al centro del Estado de Yucatán y las coordenadas del sitio corresponden a 20°40' latitud norte y 88°34' longitud oeste (al igual que en Dzibilchaltún, fueron hechas por GPS desde la escalinata norte de la estructura "El Castillo" y rectificadas por la aplicación Google earth). Éste ha sido una de las zonas más estudiadas y cuyo interés académico ha generado una constante variedad en interpretaciones sobre cada una de sus estructuras, sus significados y simbolismos.

El sitio presenta diferentes períodos ocupacionales, tradicionalmente se había considerado que iniciaron con el Clásico Terminal (900 al 1,000 d.C.) y alcanzan su mayor apogeo durante el Posclásico Temprano (1,000 al 1,200 d.C.) donde se consolida como una de las grandes capitales regionales, pero se ha propuesto que éste asentamiento tuvo un colapso a finales del último período mencionado según las investigaciones arqueológicas entre 1930 a 1960 y la consulta de fuentes etnohistóricas (Cobos 1997: , Gallareta 1989: 330 y Schmidt 1994: 24 y 25).

Otra de las propuestas más recientes, apoyadas en la epigrafía y nuevos hallazgos arqueológicos, han sostenido que éste momento de apogeo comenzó desde finales del Clásico Tardío (700 – 800 d.C.) y durante el Clásico Terminal (800 – 1000 d.C.) en dicha región, por lo que su colapso ha sido retrasado hacia principios del Posclásico Terminal (1050 d.C.) y no a finales de éste. También dicha propuesta, argumenta que Chichén Itzá ya funcionaba como capital regional e interactuaba con distintos sitios contemporáneos del norte de la Península de Yucatán, así como de sus relaciones con otros sitios lejanos, que van desde la Costa del Golfo de México hasta Centroamérica (Cobos 1998: 915). Para los fines de nuestra propuesta, éste es la versión en temporalidad que adoptaremos para Chichén Itzá.

En nuestro caso, nos enfocaremos a un conjunto urbanístico conocido como La Gran Nivelación, en la que se encuentra la Estructura 2D5 conocida como El Castillo, también llamada Templo de Kukulcan, la cual ha sido usada como uno de los principales íconos arqueológicos y turísticos del mundo maya. La estructura

cuenta con una subestructura que por ser anterior, se había fechado para el Clásico Terminal (Kubler 1961:47), pero ante la nueva evidencia, es posible que su construcción se ubicara a finales del Clásico Tardío y la estructura que hoy vemos, al ser posterior se ubique en el Clásico Terminal. En plano del núcleo principal del asentamiento (Figura 5) se puede apreciar las estructuras de la Gran Nivelación y de ellas, una réplica de la misma disposición en el Grupo del Osario.

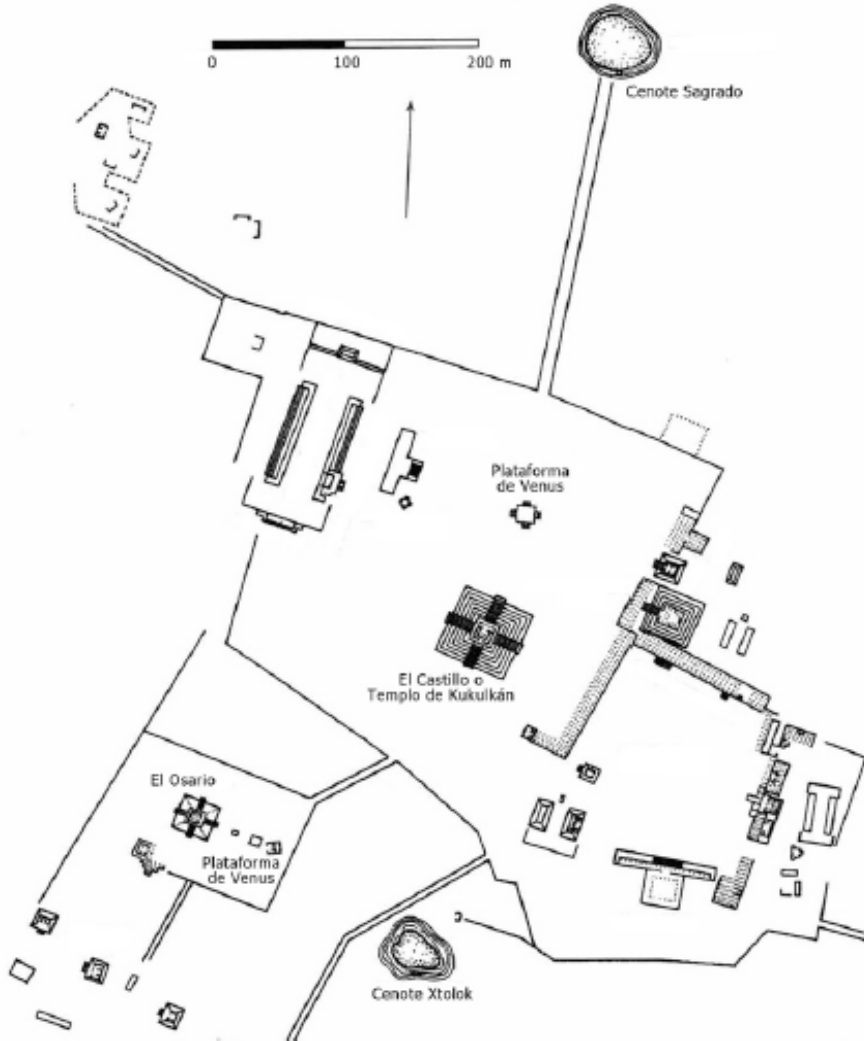
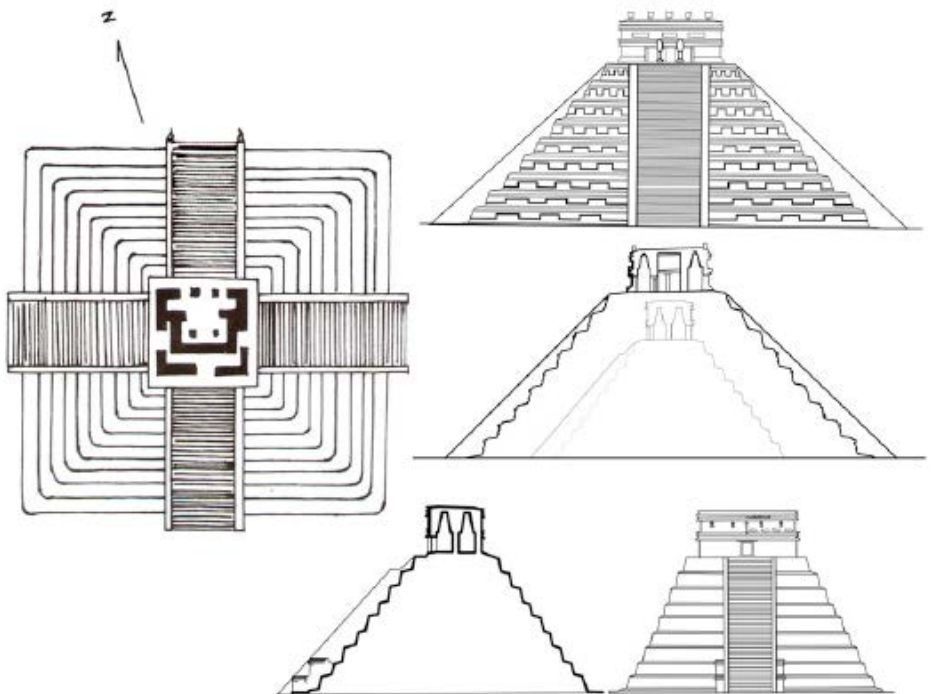


Figura 5. Mapa de la zona central de Chichén Itzá.

La subestructura del Castillo cuenta con una sola escalinata de acceso al templo superior, ubicada hacia el norte y correspondiente con la escalinata norte de la estructura que la contiene por encima así como elementos zoomorfos que la decoran en su templo superior. En ambas estructuras de tipo piramidal se pueden apreciar en los basamentos que las conforman, elementos del llamado Talud – Tablero en cada uno de sus costados. La estructura principal, está conformada por cuatro escalinatas y un templo en su parte superior, en la misma, se destaca el lado norte por encima del resto, ya que contiene elementos zoomorfos (serpientes) que descienden al nivel más bajo y señalan hacia la calzada norte que lleva al principal cenote del asentamiento, como lo refiere el comparativo de la Figura 6.



**Figura 6.** Elevaciones, cortes y planta de la estructura “El Castillo” así como de su subestructura.

A un costado, justamente en la misma dirección de la escalinata norte de El Castillo, antes de llegar a la calzada que dirige hacia el Cenote Sagrado se localiza un basamento de pequeñas dimensiones, con escalinatas en cada uno de sus lados la cual es llamada La Plataforma de Venus. En ella, se destacan elementos de serpientes emplumadas y representaciones repetidas del glifo de estrella (Figura 8), por lo cual, adquirió el nombre y la asociación con el planeta Venus. Esta misma disposición urbanística arquitectónica ubicada entre los edificios de la Gran Nivelación se repite en el Grupo del Osario, conformado por una pirámide con basamentos en talud tablero, cuatro escalinatas en sus costados y un templo en la parte superior pero que señala al oriente junto con las cabezas de serpientes en los costados de su escalinata, señalando la calzada 15 que da al Cenote Xtolok (Fernández 1999: 264).

En términos astronómicos, la Estructura 2D5 o El Castillo ha sido una de las más estudiadas y quizá sea el evento arqueoastronómico más destacado de Mesoamérica, siendo éste una hierofanía en la que en fechas cercanas<sup>2</sup> al equinoccio de primavera y otoño, por lo que se aprecia un juego de sombras en las que se forman triángulos de luz que van señalando la cabeza de una serpiente emplumada encontrada en la alfarda norte de la estructura (Figura 7). Este evento astronómico también atrae a turistas de todas las nacionalidades, especialmente durante el 21 de marzo, además de que en México es una fecha festiva importante.



**Figura 7.** Hierfanía formada por triángulos de luz el día 20 de septiembre de 2005 (fotografía de Orlando Casares).

---

<sup>2</sup> Existe una controversia en torno a si las fechas señalan con precisión el equinoccio astronómico o si son una aproximación al mismo. Por el momento omitiremos dicha discusión en éste apartado, para retomarla y proponer algunas consideraciones en los apartados finales del presente documento.

Otro de los aspectos en los que se han enfocado muchas de las investigaciones arqueoastrónomicas son en sus simbolismos solares y calendáricos. Uno de los primeros trabajos al respecto fue presentado por Luis Arochi en 1974 y publicados en un libro en 1984 (el mismo reconociendo que anteriormente este evento ya había sido reportado por trabajadores del sitio) en el cual no sólo lo describe y hace una comparación con estructuras similares dentro del mismo sitio (El Osario) sino con otras de sitios mayas cercanos (El Castillo de Mayapán) sino que también lo relaciona con el calendario maya, especialmente el Haab de 365 días a través de aspectos de su geometría como el número de escalones, basamentos, etc. (Arochi 1998: 61–74). Posteriormente se hablaron de distintas versiones interpretativas al mismo evento pero sin mayores cambios a los anteriormente descritos.



**Figura 8.** Detalles de la iconografía Plataforma de Venus, la oriente, en la Gran Nivelación (Fotografía de Orlando Casares).

Uno de los trabajos que han dado nuevas revelaciones en materia astronómica hacia ésta estructura, con elementos novedosos ha sido el realizado por Arturo Montero y Guillermo de Anda en 2011, en la cual propone la observación de los pasos del Sol por cenit del lugar como parte de la orientación que tiene la estructura, especialmente durante el ocaso en los días que ocurre ese evento (23 de mayo y 19 de julio), especialmente en dirección hacia el Cenote de Holtún a unos 291°

azimut en un horizonte plano. Posteriormente, este dato fue corroborado por los investigadores Jesús Galindo y David Wood (Montero 2013: 149 y 2014: 81-83).

Este mismo patrón urbanístico – astronómico se repite en el mismo sitio pero con una menor escala, al sur de la gran nivelación y es conocido como el Grupo del Osario. En éste, se ubica una estructura piramidal escalonada (Estructura 3C1) conocida como *El Osario o La Tumba del Gran Sacerdote* (Figura 9) con direcciones similares a *El Castillo*, una plataforma circular al oriente y una plataforma igualmente llamada Plataforma de Venus, las cuales conectan con una calzada (Sacbé 15) que dirige al cenote Xtolok (Fernández 1999: 265). Astronómicamente es posible vislumbrar un descenso en las alfardas decoradas con motivos crotálicos y rematan en su parte inferior con una cabeza de serpiente con efectos de luz y sombra, pero en fechas ligeramente distintas a las de *El Castillo*, siendo visible el 18 de marzo y 25 de septiembre.

En su interior hay una cavidad en forma de caverna cuyo interior con fue encontrado con siete tumbas con restos humanos (Thompson 1938: 43). Ésta misma entrada, pudo también ser usada para la proyección del Sol durante los pasos del mismo por el meridiano del lugar. Entre los relieves, se pueden observar figuras humanas en los pilares del templo superior con atavíos de influencia del centro mexicano (llamados Pahuatues por el Peter Schmidt) y en sus relieves, elementos zoomorfos de pájaros divinos, con posturas de enfrentamientos y ofrendas de frutas, semillas y ornamentos a los lados (Schmidt 2011: 1169 – 1171).



**Figura 9.** Estructura 3C1, llamada El Osario o la Tumba del Gran Sacerdote (Fotografía Orlando Casares).



## ASTRONOMÍA, ELEMENTOS ACUÁTICOS Y URBANISMO.

En términos astronómicos, en ambos asentamientos precolombinos ha sido difundido el uso de algunas de sus principales estructuras para la observación diurna y/o nocturna. Pero las similitudes van más allá de ese dato. Las principales estructuras que figuran en ambos sitios, están relacionadas con dos eventos solares como son los denominados equinoccios y los pasos del Sol por el cenit. Urbanísticamente hablando, las estructuras mencionadas se ubican en un grupo arquitectónico que directamente las conecta con un cenote y la fachada principal de la estructura tiene la misma dirección hacia la calzada que conecta la fuente de agua con el grupo mencionado.

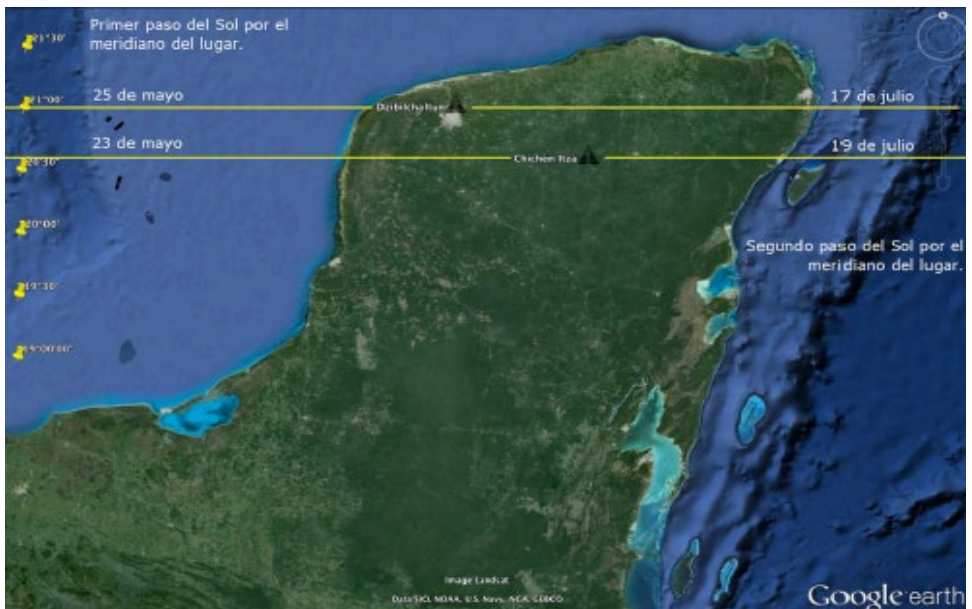
Otro de los aspectos que comparten similitudes, son las ofrendas encontradas en su interior, que en el Templo de las Siete Muñecas consta como su nombre lo indica, de siete figuras burdamente elaboradas de barro y depositadas en el altar central, mismo que se ha propuesto como parte de un observatorio cenital pero que las excavaciones de su época no permitieron su reconstrucción y no respetaron algunos elementos in situ. Cabe señalar, que en El Castillo de Chichén Itzá las ofrendas interiores se ubican en su subestructura pero que para el caso de El Osario, la correspondencia es mayor, debido a que en su interior se ubica una caverna artificial que pudo ser usada como observatorio cenital, tal como lo señala Ruben Morante (2014) y tiene una ofrenda con siete humanos, número que igual que la ofrenda depositada en la Subestructura 1 de Dzibilchaltún.

Con relación a los eventos astronómicos que hoy conocemos como equinoccios, los arqueólogos Ivan Sprajc y Pedro Sánchez ha propuesto la inexistencia de los mismos o su falta de relación el evento en su sentido puramente astronómico, indicando que no siempre puede apreciarse en la fecha astronómica e incluso que en otras fechas (cercanas) se aprecia mejor (Sprajc 2015: 67 - 70). Esta hipótesis parece contradecir aquellos trabajos que anteponen al equinoccio como uno de los principales eventos astronómicos registrados por los mayas, pero las estadísticas de muchos estudios recientes han revelado que en su mayoría, las estructuras con alineamientos astronómicos corresponden a eventos solsticiales, a fechas de importancia calendárica y con relación a las salidas y puestas de Venus como la Luna (Sprajc 2012: 954 – 956).

El cálculo astronómico del equinoccio difícilmente existió en la manera que actualmente es realizado, pero eso no implica que desconocieran el principio a partir de un cálculo entre las distancias de dos eventos solares extremos como los solsticios, en los que se indican los cambios más importantes en el clima por

venir (primavera y otoño) por lo que éste conocimiento –y como ya se ha recalcado en otras publicaciones anteriores- era necesario para una sociedad agrícola. Así que, siendo cuartos de año o equinoccios, su denominación la tomaremos como equivalente y parte de una referencia astronómica al cambio de estación.

Sin entrar a fondo a un debate sobre la existencia o no de los equinoccios en su sentido astronómico, asumiremos su existencia como una fecha calculada a partir de dos criterios, como un punto intermedio entre las distancias existentes en días de un solsticio a otro y para el caso concreto de los dos sitios mencionados, para indicar la proximidad a las fechas del paso del Sol por el cenit del lugar según la latitud de cada uno (figura 10), considerándolas como parte de un culto religioso asociado a la entrada a la temporada de lluvias.



**Figura 10.** Mapa que señala la diferencia en fechas según las latitudes Dzibilchaltún y Chichén Itzá con las fechas del primer y segundo paso del Sol por el Cenit.

Dicha propuesta se respalda usando información etnográfica, en la que se ha registrado que diferentes grupos mayas de la península celebran sus festividades agrícolas y peticiones de lluvia en fechas cercanas al evento astronómico del paso del Sol por el cenit (Casares 2014), razón por la cual, no es descabellado pensar que sea éste y no los equinoccios quienes tuvieran mayor importancia en términos religiosos.

De igual forma, la disposición arquitectónica del espacio en la que un sacbé conecta a las estructuras con una de las principales fuentes de agua, en éste caso de los cenotes encontrados en ambos sitios, siendo que en Chichén Itzá se repite el patrón dos veces con el conjunto de El Osario con su escalinata principal viendo al oriente y señalando hacia el cenote Xlakah y posteriormente al norte con la Gran Nivelación en la que la escalinata norte (la principal) de la estructura conocida como El Castillo apuntando hacia el Cenote Sagrado. Este rasgo vincula espacialmente a las estructuras con las fuentes de agua, que simbólicamente representan una entrada al inframundo.

## CONSIDERACIONES FINALES

La peculiaridad de éste patrón urbanístico entre éstos dos sitios nos plantea nuevas interrogantes acerca de lo que conocemos previamente sobre el patrón de asentamiento en las ciudades mayas, ¿fue un arreglo arquitectónico propio de una temporalidad? ¿Era parte de algún culto religioso que involucraba elementos acuáticos o relacionados con a agricultura y/o la fertilidad?

Aunque sólo la comparativa entre éstas dos urbes no es suficiente, siendo Dzibilchaltún de una temporalidad más temprana a la de Chichén Itzá, ambas se traslapan a partir del 800 d.C. durante el clásico terminal, siendo que Chichén Itzá deja influencias en diferentes sitios arqueológicos, uno de ellos Dzibilchaltún, visible en la construcción de la Estructura 36 del Dzibilchaltún por sus estilos arquitectónicos (Góngora 2015).

Habrá que seguir haciendo análisis de las disposiciones arquitectónicas de diferentes sitios arqueológicos no sólo del norte del área maya sino de otras ciudades para ir delimitando variantes y poder responder de mejor forma a éstas y otras interrogantes que irán surgiendo, pero éste acercamiento, nos plantea una visión más compleja de las formas en las que el conocimiento astronómico de los mayas pudo haberse empleado dentro de los entramados religiosos que conformaron a su sociedad.

## AGRADECIMIENTOS:

Al Dr. Jesús Galindo Trejo, por sus comentarios, correcciones y constante apoyo en temas de arqueoastronomía. De igual forma al Dr. Stanislaw Iwaniszewski por la invitación a participar en ésta destacada revista de investigación. Por último, al arqueólogo y epigrafista Guillermo Kantún Rivera, quien a través de sus observaciones en torno a los elementos arquitectónicos, fue posible plantearse esta comparativa que seguramente creará un nuevo punto de partida para pensar el urbanismo y la astronomía a través de los cultos a la agricultura y otros personajes religiosos mayas.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Andrews IV, Wyllys; Andrews V, Wyllys (1980) *Excavations at Dzibilchaltun, Yucatán, México*. Middle American Research Institute. Tulane University, New Orleans.
- Andrews V, Wyllys (1978) *Dzibilchaltún*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.
- Andrews, George (1987) *Maya Cities. Placemaking and Urbanization*. Norman, University of Oklahoma Press. Arochi Flores, Luis E. (1998) La Pirámide de Kukulcán: Su simbolismo solar. Editorial Panorama. México.
- Casares Contreras, Orlando (2001) "Una revisión arqueoastronómica en la estructura 1-Sub de Dzibilchaltún, Yucatán. *Temas Antropológicos*. Universidad Autónoma de Yucatán. 23: 5–15.
- Casares Contreras, Orlando (2014) *Bix u náatik maya wíinik le ka'ano*. Un estudio antropológico sobre la visión del cielo de los mayas. PUBLICIA. Saarbrücken, Alemania.
- Cobos Palma, Rafael (1997) Katún y Ahau: Fechando el fin de Chichén Itzá. *Identidades sociales en Yucatán*, C. Lara (comp.) pp ¿?. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Cobos Palma, Rafael (1998) Chichen Itza y el Clásico Terminal en las Tierras Bajas Mayas. *XI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*. J. Laporte y H. Escobedo (editores), pp. 915 – 930. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

- Coggins Clemency, Drucker, David (1988) The observatory at Dzibilchaltún. *New Directions in American Archaeoastronomy* (Aveni ed.). BAR International Series. 454: 17–56.
- Fernández Souza, Lilia (1999) Un contexto funerario en la Plaza del Osario de Chichén Itzá. *Temas Antropológicos*. UADY. Vol 2: 264–279.
- Gallareta Negrón, Tomás; A. P. Andrews y otros. (1989) Isla Cerritos: Un puerto maya prehispánico de la costa norte de Yucatán, México. II *Coloquio Internacional de Mayistas*, (Tomo II) pp. 311–332. UNAM, México.
- Galindo Trejo, Jesús (1994) *Arqueoastronomía en América Antigua*. CONACYT – Sirius. España.
- Góngora Salas, Ángel (2015) El Reino de Joo ¿Era la antigua Ichkaantijo Dzibilchaltún?. Uniprent. Mérida, México.
- Kubler, George (1961) Chichén Itzá y Tula. *Estudios de Cultura Maya*. UNAM. Vol. 1: 47 – 80.
- Montero García, Arturo (2013) *El Sello del sol en Chichén Itzá*. Fundación Cultural Armella Spitalier. México, D.F.
- Montero G., Arturo; Galindo T., Jesús; Wood C., David (2014) El Castillo de Chichén Itzá. Un monumento al tiempo. *Arqueología Mexicana*. Vol. 21, 127: 80–83.
- Morante López, Rubén (2014) El Osario de Chichén Itzá: ¿tumba del gran sacerdote u observatorio subterráneo?. *La interpretación en la Astronomía Cultural. Memorias de la Segunda Jornada de Astronomía Cultural y la Tercera Escuela Interamericana de Astronomía Cultural*, pp. 28 – 31. México, DF.
- Schmidt, Peter (1994) Chichén Itzá.1 *Mexicana*. II ,10: 20 – 25.
- Schmidt, Peter (2011) Los oficiantes de la pirámide del Osario en Chichén Itzá, Yucatán. *XXIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, pp. 1163 – 1179. B. Arroyo y otros (editores). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

- Sprajc, Ivan; Sánchez Nava, Pedro (2012) “Orientaciones astronómicas en la arquitectura Maya de las Tierras Bajas: Nuevos datos e interpretaciones”. En XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala”, pp. 952–972. B. Arroyo y otros (editores). Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia y Asociación Tikal.
- Sprajc, Ivan; Sánchez Nava, Pedro(2015) *Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las Tierras Bajas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México, México.
- Thompson, Eric S.; Thompson, Edward (1938) *The High Priest’s Grave, Chichen Itza, Yucatan, Mexico*. Anthtropy Series Vol. XXVII. Field Museum of Natural History, Chicago.

# *Primeros pasos para la obtención de un software arqueoastronómico: Aplicación al sitio arqueológico de El Puente*

Eduardo Rodas  
Javier Mejuto

## **Resumen**

El estudio arqueoastronómico del sitio arqueológico de El Puente comenzó por el interés en ampliar el conocimiento de este sitio, pobremente estudiado dentro de la zona cultural Maya. Sin embargo, al realizar el estudio cobró importancia la posibilidad de implementar un software arqueoastronómico que reprodujera las características del paisaje tanto geográfico como celeste y de esta manera poder extender el estudio a un número mayor de sitios arqueológicos sin incrementar los costes de una larga campaña de campo esperando poder observar fenómenos astronómicos in situ. Por otro lado, este trabajo muestra las conclusiones del comienzo de la aplicación de este método al sitio arqueológico de El Puente, así como las técnicas que son necesarias implementar para la consecución del mismo.

**Palabras clave:** Arqueoastronomía, SIG, Software, El Puente

## **Abstract**

Archaeoastronomical research in El Puente archaeological site, located in western Honduras, has been developed by the authors with the purpose of increasing knowledge of this poorly known archaeological site. In the course of this research, it became important the possibility of designing and implementing an archaeological software that could reproduce the characteristics of both local geographical landscape and skyscape, so that work could be extended to a larger number of archaeological sites, without increasing the costs of long field campaigns in order to wait for astronomical phenomena to happen. The present work shows the conclusions obtained in the initial application of this computational approach to research of El Puente archaeological site, as well as the methods and procedures that are needed for the successful implementation of the proposed software.

**Keywords:** Archaeoastronomy, GIS, Software, El Puente.

---

**Eduardo Rodas**, (eduardo.rodas@unah.edu.hn). **Javier Mejuto**, (javier.mejuto@unah.edu.hn), Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.



## INTRODUCCIÓN

En estudios realizados en la mayoría de las ciudades de la Mesoamérica prehispánica, se han identificado estructuras cuyo diseño arquitectónico se basó en consideraciones astronómicas (Šprajc, 2003). En el caso de Honduras, en el Parque Arqueológico de Copán se han encontrado alineaciones de este tipo, donde se ha visto la relación existente en las orientaciones y posiciones de estelas y templos con el objetivo de señalar fenómenos y eventos del Sol y del planeta Venus sobre el horizonte local con fines rituales y/o míticos, lo que está ampliamente descrito en varias referencias (Pineda de Carias, Véliz&Agurcia, 2009) (Zablah, 2009). Otro sitio de interés arqueológico en Honduras es el sitio El Puente, parte importante del patrimonio cultural / histórico / turístico de Honduras, tanto por su cercanía y relación con Copán Ruinas como por su importancia específica (Nakamura& Torres, 1994). Sin embargo, el sitio ha recibido muy poca atención desde la investigación que aporte nueva información relevante para las instituciones del estado encargadas de su cuidado y promoción como destino turístico. Es por eso que un estudio equivalente aportaría nuevos datos a la discusión.

Este estudio es solo una parte del trabajo de investigación realizado en el año 2014 en el sitio arqueológico de El Puente por uno de los autores, el que hasta esa fecha solo había sido estudiado por arqueólogos japoneses que llegaron a Honduras por medio de la Cooperación Japonesa en el país (JICA), pero en el que la UNAH ha empezado a incursionar también a través del Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural (DAQAC) de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES). Otro aspecto relevante es la inclusión de la orografía de forma cuantitativa a través del uso de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs), ya que en el estudio del año 2014 solamente se tuvo en cuenta cualitativamente.

Es bien sabida la relevancia que posee el horizonte local en los estudios arqueoastronómicos (Krupp, 1994), este aspecto requiere técnicas informáticas especializadas para adaptar dichas panorámicas a un software de simulación de movimientos de cuerpos celestes, con el objetivo de recrear fenómenos que pudieron haber sido visibles en tiempos antiguos. Todo esto convierte el estudio de estos aspectos topográficos y topoastronómicos en trabajos laboriosos y en muchas ocasiones económicamente costosos, tornándolos en impracticables en algunos casos. Por tanto, sería sumamente útil contar con una herramienta que pudiera recrear estos panoramas – totalmente dependientes del sitio de observación y que permita estudiar varios sitios de forma rápida y eficaz. Por lo tanto, se propone reproducir de una manera fiel el horizonte local utilizando software libre, a partir de datos obtenidos mediante detección remota -que esté fácilmente accesible a

través del Internet- para el estudio de sitios arqueológicos desde el punto de vista arqueoastronómico y que sea el punto de partida para un software integrador que sea de utilidad para la investigación en el campo.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada para la recolección de los datos de este trabajo se basa en la utilizada típicamente en trabajos geodésicos y en la que también se hace uso de la instrumentación que aparece en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Equipo utilizado para la toma de datos de acimut de diferentes estructuras

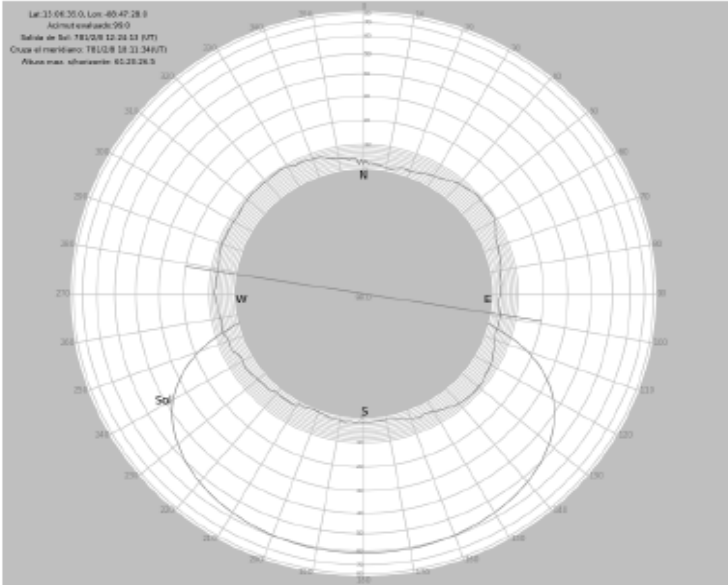
No.	Descripción	Marca	Modelo	Unidades de medición	Precisión
1	Teodolito	Sokkia	Leitz DT6	Ángulos horizontales y verticales: Grados, minutos y segundos de arco	± 10 segundos de arco
2	Estación Total	Nikon	Top Gun D50	Ángulos horizontales y verticales: Grados, minutos y segundos de arco Distancia: pies	± 10 segundos de arco ± 0.005 pies

En el trabajo de campo se midieron distancias desde el punto de observación hasta puntos específicos de las estructuras estudiadas, con el objetivo de localizarlas espacialmente y así obtener representaciones gráficas de dichas estructuras. Asimismo se obtuvieron datos de acimut, el cual expresa numéricamente tanto la orientación de paredes (lienzos), ejes principales de estructuras, edificios o monumentos con respecto al punto cardinal Norte, así como las posiciones en el horizonte donde ocurren los ortos u ocasos de los cuerpos celestes. Se ilustran algunos ejemplos de esto utilizando al Sol, cuerpo celeste de mucha importancia para la cultura maya.

Para la etapa de medición del acimut y las distancias de/entre las estructuras del Sitio Arqueológico se planeó la utilización como mínimo, de un teodolito, el cual es un instrumento esencial por su precisión y exactitud a la hora de medir la variable planteada. También se contó con la disponibilidad de una Estación Total, que no es más que un teodolito que tiene la capacidad adicional de medir distancias desde el punto de observación hasta el punto de la estructura cuyas orientaciones se están determinando. Los detalles técnicos de dichos instrumentos se presentan en la Tabla 1.

Para la calibración de estos equipos, es necesario ubicar primero el Norte de forma precisa y exacta y a partir de allí realizar las mediciones de acimut, para lo que se utilizó el método propuesto en (Mejuto, 2013). Posteriormente, el equipo estuvo listo para la referenciación geográfica de las diversas estructuras del sitio.

Con los datos así obtenidos se evaluó en primer lugar qué alineamientos de lienzos, estructuras o edificios eran más plausibles respecto a fenómenos solares antes de proceder a un análisis detallado de los mismos. Para esto se desarrolló un software especial para crear proyecciones del horizonte local así como de las rutas que siguen diversos astros en la esfera celeste en gráficos circulares (es decir, una proyección en coordenadas polares) que representen fácilmente la orientación de edificios y estructuras respecto a las posiciones de astros en el cielo así como con sus ortos y ocasos en el horizonte, como se detalla en la referencia (Zotti&Gröller, 2005). En dichos gráficos, el observador está ubicado en el centro de un círculo. El perímetro de este círculo representa el horizonte ideal del observador, es decir, un horizonte de altura cero. Otros círculos concéntricos de mayor diámetro representan las alturas sobre el horizonte, los más cercanos al horizonte ideal representan incrementos en altura equivalente a un grado por sobre éste y a partir de los 10 grados de altura, se utilizan círculos que representan incrementos de 10 grados, hasta llegar al más externo que equivale a los 90 grados de altura, es decir, el cenit del observador. En estos círculos concéntricos externos al horizonte ideal se dibuja el horizonte local verdadero, con su altura sobre el horizonte ideal, así como la trayectoria del Sol para efectos del presente estudio, (ver figura 1).



**Figura 1:** Gráfico circular sobre el que se proyectan orientaciones de lienzos de muros, estructuras y edificios en relación a los movimientos de cuerpos celestes, en este caso, una estructura con orientación hacia los 99 grados de acimut, en relación a la ruta del Sol por la esfera celeste en el 8 de Febrero de 1781 d.C. La figura irregular alrededor del círculo central muestra el horizonte local.

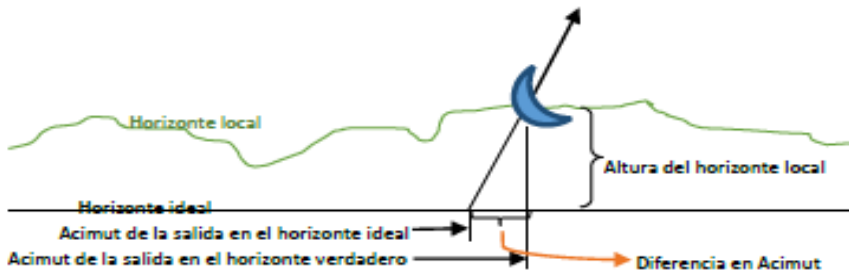
Como en todo estudio que involucra la observación astronómica, es necesario contar con las coordenadas del sitio de observación, así como con la fecha y hora de la observación. Además, el software tiene la capacidad de generar una línea que represente el acimut del componente del resto arqueológico se desea estudiar. En el software desarrollado, se ingresan estos datos en las ventanas correspondientes (ver figura 2).

The figure shows three separate software windows for data entry. The first window, titled 'Ingreso de fecha / hora', contains a text field with the value '781/2/8 12:24:13' and two buttons: 'Confirmar datos' and 'Cancelar'. The second window, titled 'Ingreso de Coordenadas del sitio', has three text fields: 'Latitud' with '15:06:35.0', 'Longitud' with '-88:47:28.0', and 'Altura' with '478.0', along with 'Confirmar datos' and 'Cancelar' buttons. The third window, titled 'Ingreso de Acimut de trabajo', has a single text field with '99.0' and 'Confirmar datos' and 'Cancelar' buttons.

**Figura 2:** Ventanas que genera el software para el ingreso de los datos requeridos de fecha, hora, lugar y acimut que se desea evaluar en el gráfico circular de análisis de orientaciones

Se considera que existe un probable alineamiento astronómico en el sitio si el orto u ocaso del Sol coincide en un rango de más o menos 2 grados sexagesimales con la línea de orientación de un lienzo o la de la línea que subtienden dos puntos importantes entre dos edificios, proyectado en el horizonte. En los gráficos circulares que el software elabora, la orientación de un lienzo o estructura bajo estudio se representa como una línea que va desde una altura de 10 grados de un lado del horizonte, hasta que cruza nuevamente el horizonte por el lado opuesto, extendiéndose hasta los 10 grados de altura de dicho lado opuesto. Si proyectamos la ruta que sobre el cielo sigue el Sol, es fácil identificar cualquier punto de intersección entre la línea de orientación bajo estudio y la ruta del cuerpo astronómico de interés, indicando así posibles alineamientos entre la(s) estructura(s) y dicho cuerpo astronómico en puntos cercanos al horizonte. El software que permitió este análisis fue codificado en el lenguaje Python, versión 2.7.6 y se incorporaron rutinas para determinar posiciones del Sol en forma gráfica, gracias al uso de la biblioteca PyEphem (en su versión 3.7.5.3), con la que se tiene la capacidad de calcular las posiciones de cuerpos en el Sistema Solar con la precisión y exactitud requeridas para aplicaciones de grado científico (disponible y explicado en el sitio web <http://rhodesmill.org/pyephem>). Con el software elaborado se pueden

identificar visualmente los alineamientos más interesantes desde el punto de vista arqueoastronómico, que tengan las estructuras bajo estudio con los fenómenos y cuerpos celestes y cuyo análisis en detalle se puede realizar posteriormente con datos de efemérides precisas. Es aquí donde cobra importancia la capacidad de reproducir fielmente el horizonte local de lugar, ya que el acimut de un cuerpo astronómico en el horizonte sufre variaciones dependiendo de la altura que éste tenga sobre el horizonte ideal (es decir, un horizonte sin ninguna obstrucción por montañas, árboles o edificios). Esto se puede visualizar en la figura 3.



**Figura 3:** Diferencias en el acimut debido al horizonte local (Diagrama elaborado por los autores)

Para lograr representar el horizonte local del sitio, se puede proceder de dos maneras. La primera es semi-empírica, ya que consiste en tomar una foto panorámica de todo el horizonte, referenciar la misma respecto a los puntos cardinales, utilizar un software de tratamiento de imágenes para remover lo que no se requiere del mismo, tales como el cielo y el suelo. Posteriormente se superpone la imagen sobre la gráfica de salidas y puestas de los astros bajo estudio y se determinan a partir de este montaje los acimutes de los diversos fenómenos astronómicos, para hacer las respectivas comparaciones con los datos de acimut de las estructuras bajo estudio. Una segunda forma de proceder es reproducir el horizonte local por medio de los datos de alturas de los diferentes obstáculos que están en los alrededores del sitio bajo estudio y representarlos en una gráfica, uniendo los diferentes puntos correspondientes a las alturas con una línea. De esta manera, se obtiene una representación cuantitativa y fiel del horizonte tal como se observa desde el sitio. Con este propósito, se obtuvo acceso a la base de datos de alturas que se generó en el proyecto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la NASA y con esta información se reconstruyó el horizonte local. A partir del mismo se pueden obtener de forma realista los datos de acimut correspondientes a salidas y puestas del Sol en el sitio arqueológico.

Para obtener de forma cuantitativa las diferencias entre alineaciones y fenómenos astronómicos sobre el horizonte, se procede, siempre con la ayuda del software desarrollado por los investigadores, a elaborar una tabla de posiciones extremas (es decir, más al Norte o más al Sur de los puntos cardinales Este y Oeste) de la Luna y de Venus, en el período comprendido entre los años 426 d.C. y 900 d.C. (período clásico en Mesoamérica) que es cuando se estima que este sitio arqueológico fue ocupado por los mayas y la cercana ciudad de Copán tuvo influencia sobre este asentamiento.

Posteriormente, se compararon dichos valores con las alineaciones de diversas estructuras, lienzos e inter-edificios, con los valores obtenidos en las tablas de posiciones extremas que el Sol alcanza en diferentes fechas del año.

## DISCUSIÓN

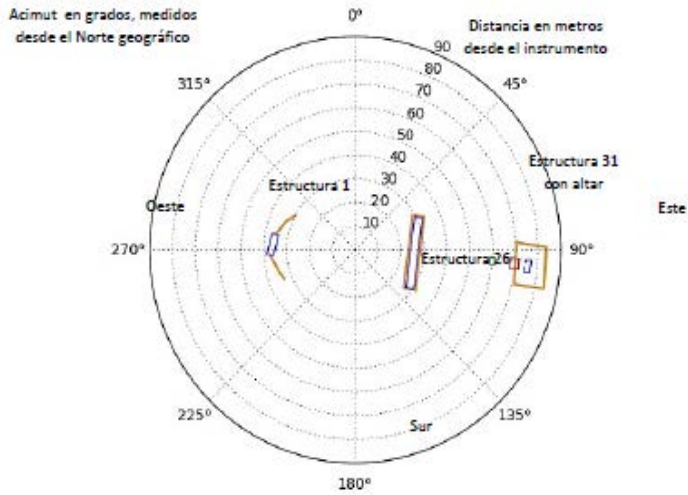
Con la metodología descrita anteriormente, se obtuvieron los datos para lienzos, esquinas, portales y escalinatas de las estructuras en mejor estado de conservación en el sitio arqueológico y que están ubicadas en la parte central del mismo. En la figura 4 se muestra una fotografía por satélite del sitio arqueológico, en el que se enmarca en un rectángulo el área estudiada, dentro de la cual se ubicó el teodolito y la estación total.



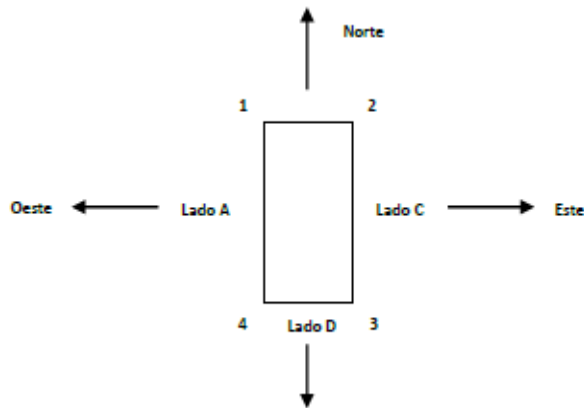
**Figura 4:** Fotografía satelital del Sitio Arqueológico El Puente, encuadrando el área de estudio  
(Fuente: Google Maps)

Los datos medidos se presentan de forma gráfica en proyecciones en coordenadas polares (diferentes de las proyecciones generadas con el software previamente descrito) en las figuras 5, 7 y 8, utilizando como referencia para distancia y acimut el punto en donde se ubicó el instrumento de medición. Las distancias están dadas en metros desde el instrumento y el Norte Geográfico marca el Acimut de 0 grados y está localizado en la parte superior de la figura. Los datos numéricos pueden verse en la Tabla 2, en los que se ha tenido en cuenta la codificación mostrada en la figura 6. Con ello, se pudo establecer la relación entreacimutesy los lados y esquinas de las estructuras.





**Figura 5:** Representación de las estructuras del Sitio Arqueológico El Puente a partir de los datos espaciales obtenidos con el método descrito.



**Figura 6:** Claves utilizadas para las esquinas medidas y de los lados de los lados de las estructuras así como su posición respecto a los puntos cardinales

Matemáticamente estas relaciones entre acimutes se expresan mediante la ecuación aplicable a pares de puntos, obtenida a partir de la aplicación de la geometría:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{D_2 \operatorname{sen}(z_2) - D_1 \operatorname{sen}(z_1)}{D_2 \operatorname{cos}(z_2) - D_1 \operatorname{cos}(z_1)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$\alpha$  = Acimut de la línea que une a los puntos 1 y 2

$D_1$  = Distancia del instrumento de medición al punto 1

$D_2$  = Distancia del instrumento de medición al punto 2

$z_1$  = Acimut del punto 1, en relación al instrumento de medición  $z_2$  = Acimut del punto 2, en relación al instrumento de medición

**Tabla 2:** Datos obtenidos de las diferentes estructuras estudiadas

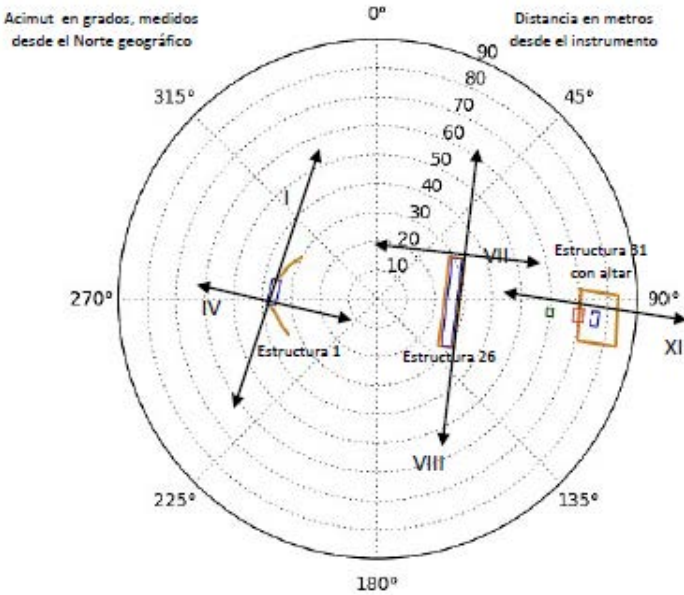
Estructura No.	Descripción	Punto	Az (°)	Distancia	Distancia (m)	
1	Templo superior	1	267.1	131.56	40.099	
		2	280.5	128.69	39.225	
		3	280.8	119.29	36.36	
		4	266.16	122.03	37.195	
	Escalinata Oeste	2	298.72	98.61	30.056	
		3	248.5	109.57	33.397	
26	Perímetro	1	59.92	95.08	29.98	
		2	65.22	109.26	33.302	
		3	122.68	102.67	33.302	
		4	127.32	87.61	26.704	
31	Templo superior	1	93.31	245.49	74.825	
		2	93.31	253.36	77.224	
		3	97.18	252.24	76.883	
		4	97.15	244.63	74.563	
		Escalinata	1	92.86	223.41	68.095
			2	92.86	235.47	71.771
	3		96.62	235.79	71.869	
	4		96.75	223.67	68.175	
	Perímetro	1	87.46	232.26	70.793	
		2	89.18	274.48	83.662	
		3	101.26	276.32	84.222	
		4	101.81	232.65	70.912	
	Altar	1	93.02	193.8	59.07	
		2	93.11	200.47	61.103	
		3	95.74	200.16	61.009	
		4	95.72	193.48	58.973	
	Portal de Entrada Templo Superior	-				
	Estela al lado Este		94.79	245.005	74.678	
		-	94.52	189.15	57.653	

Es importante resaltar que debe corregirse el ángulo  $\alpha$  obtenido según los signos del numerador y del denominador de la ecuación 1. Estos datos se presentan en la Tabla 3. A cada alineación se le designó con un número romano, que utilizaremos de ahora en adelante para referirnos a ellas y de las que se muestran algunas en forma gráfica en la figura 6, mientras que en la figura 6 se muestran los alineamientos entre estructuras.

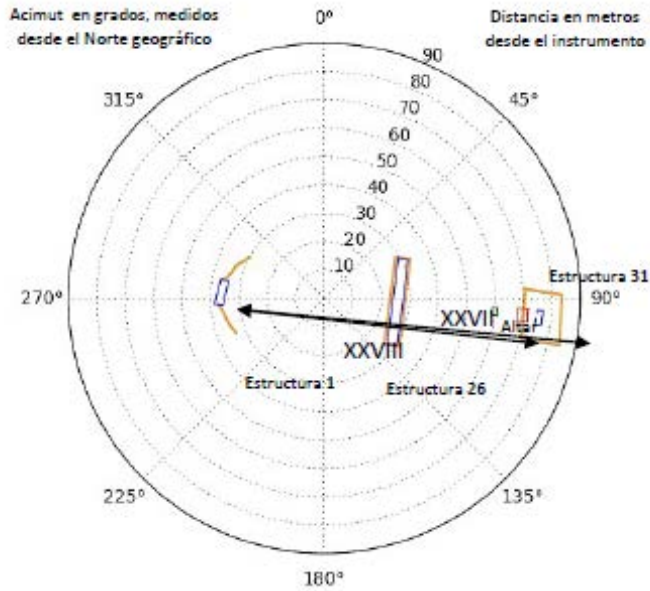
Se procedió a ingresar la información de cada uno de los acimutes en el software desarrollado para tal efecto. Dado que es sabido que los eventos solares fueron importantes para la cultura maya (Aveni, 2005), se comenzó haciendo hincapié en aquellas partes de estructuras que tuvieran una orientación cercana al orto y ocaso del sol teniendo en cuenta el horizonte local. Para ello se utilizó el año 781 d.C. como referencia temporal ya que éste abarca a la fecha en Cuenta Larga Maya 9.17.10.7.0 (correspondiente a la fecha exacta: 19 de Abril del 781 d.C., utilizando la correlación GMT), inscrita en una estela encontrada cerca del Sitio El Puente por el arqueólogo Sylvanus Morley. Se calcularon las diferencias entre los ortos locales del Sol en las fechas de los cinco eventos importantes del Sol (Solsticio de Verano, Solsticio de Invierno, Equinoccio de Primavera, Equinoccio de Otoño y día del paso del Sol por el cenit local), así como las diferencias entre las puestas del Sol y los alineamientos de las estructuras, también para las mismas fechas antes descritas. Los resultados se resumen en la Tabla 4, donde se muestran las diferencias entre el acimut de la alineación bajo estudio respecto al acimut del sol que sale o se pone en la fecha específica, identificando una alineación si esta diferencia es menor a 2 grados. Se provee como referencia el acimut del Sol en cada evento del año, según el horizonte local. Entre paréntesis aparece la altura, en grados sexagesimales, del horizonte local por sobre el horizonte ideal (es decir, sin ningún obstáculo visible en el paisaje) que es de 0 grados.

**Tabla 3:** Acimut de cada uno de los lados de las estructuras estudiadas y de otras alineaciones entre estructuras

Estructura No.	Descripción	Lado	Acimut (°)	Alineación
1	Templo superior	A	9.16/189.16	I
		B	96.70/276.7 0	II
		C	8.53/188.53	III
	Escalinata Oeste	D	98.93/278.9 3	IV
		C	10.02/190.0 2	V
26	Perímetro	A	7.13/187.13	VI
		B	96.30/276.3 0	VII
		C	7.20/187.20	VIII
		D	97.87/277.8 7	IX
31	Templo superior	A	8.23/188.23	X
		B	93.13/273.1 3	XI
		C	19.54/199.5 4	XII
		D	98.25/278.2 5	XIII
	Escalinata	A	3.83/183.83	XIV
		B	94.81/274.8 1	XV
		C	3.58/183.58	XVI
		D	94.27/274.2 7	XVII
	Perímetro	A	4.25/184.25	XVIII
		B	98.54/278.5 4	XIX
		C	3.41/183.41	XX
		D	98.30/278.3 0	XXI
		Altar	A	6.38/186.38
B			95.69/275.6 9	XXIII
C			6.36/186.36	XXIV
D			96.38/276.6 8	XXV
Estela-Portal de Entrada Templo Superior		-	95.68/275.6 8	XXVI
ene-31		Portal Templo Est.31-Centro Templo Est.1	-	94.52/274.5 2
	Estela frente altar Est.31-Centro Templo Est.1	-	94.31/274.3 1	XXVIII
	Centro de la base escalinata Est.31-Centro del templo Est.1	-	94.51/274.5 1	XXIX



**Figura 7:** Algunos de los alineamientos de paredes / secciones de estructuras, con las designaciones de cada una de ellas representadas en números romanos, como descrito en la Tabla 3.



**Figura 8:** Algunos de los alineamientos entre estructuras, con las designaciones de cada una de ellas representadas en números romanos, como descrito en la Tabla 3.

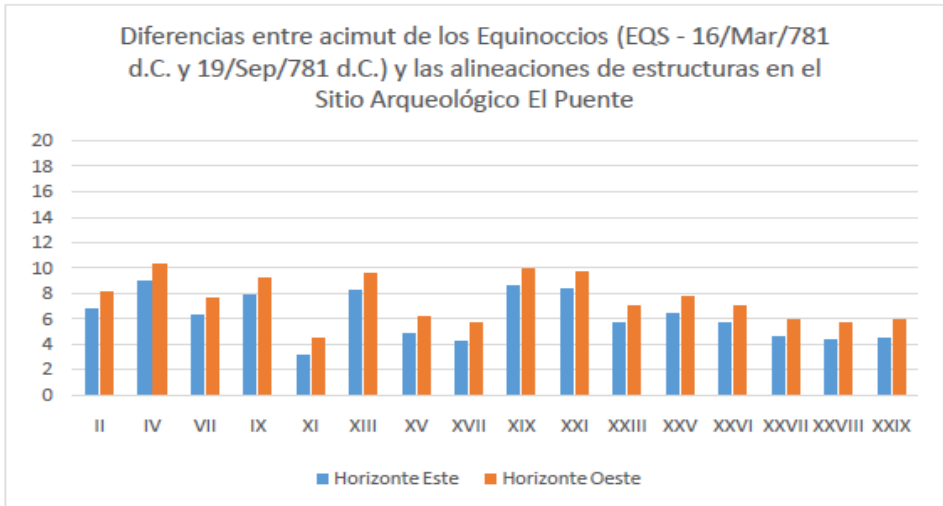
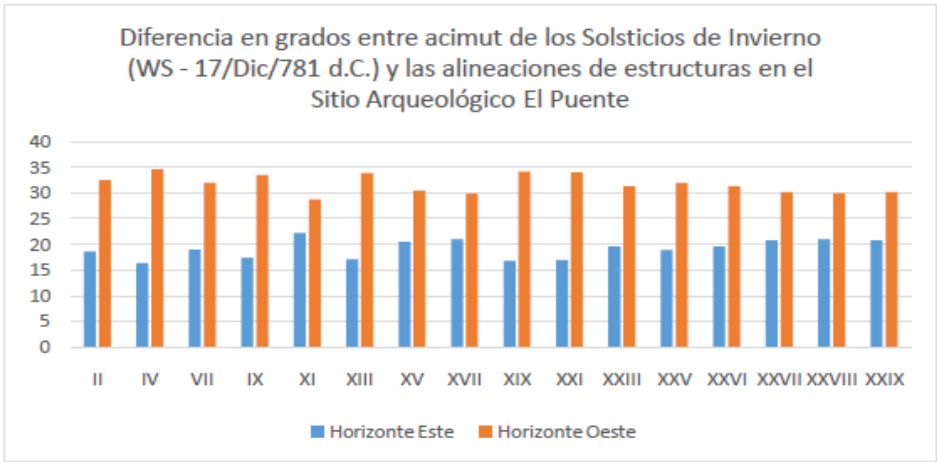
**Tabla 4.** Diferencias de acimut en grados entre las alineaciones y los ortos y ocasos del Sol en las fechas descritas en el sitio arqueológico de El Puente

Acimut del Orto solar	115.26° (2.5°)	90.0° (0°)	66.36° (3°)	74.50° (2°)
Acimut del Ocaso solar	244.42° (3.5°)	268.65° (5°)	292.73° (6.5°)	284.55° (6°)
Alineación (orto/ocaso) (°)	Solsticio de Invierno (WSS) 17/12/781	Equinoccios (EQS) 16/3/781 18/9/781	Solsticio de Verano (SSS) 17/6/781	Pasos del Sol por el cénit (F/S ZPS) 27/4/781 8/8/781
II	18.56/32.28	6.70/8.05	30.34/16.03	21.81/7.37
IV	16.33/34.51	8.93/10.28	32.57/13.80	24.04/5.10
VII	18.96/31.88	6.30/7.65	29.94/16.43	21.41/7.77
IX	17.39/33.45	7.87/9.22	31.51/14.86	22.98/6.20
XI	22.13/28.71	3.13/4.48	26.77/19.60	18.24/10.94
XIII	17.01/33.83	8.25/9.60	31.89/14.48	23.36/5.82
XV	20.45/30.39	4.81/6.16	28.45/17.92	19.92/9.26
XVII	20.99/29.85	4.27/5.62	27.91/18.46	19.38/9.80
XIX	16.72/34.12	8.54/9.89	32.18/14.19	23.65/5.53
XXI	16.96/33.88	8.30/9.65	31.94/14.43	23.41/5.77
XXIII	19.57/31.27	5.69/7.04	29.33/17.04	20.80/8.38
XXV	18.88/31.96	6.38/7.73	30.02/16.35	21.49/7.69
XXVI	19.58/31.26	5.68/7.03	29.32/17.05	20.79/8.39
XXVII	20.74/30.10	4.52/5.87	28.16/18.21	19.63/9.55
XXVIII	20.95/29.89	4.31/5.66	27.95/18.42	19.42/9.76
XXIX	20.75/30.09	4.51/5.86	28.15/18.22	19.62/9.56

Como puede verse en la tabla 4 las líneas equinociales y solsticiales distan una gran cantidad de grados de las direcciones que forman las estructuras del sitio arqueológico, se observa que la situación en El Puente es diferente del patrón de orientación de otros sitios arqueológicos ya comentados en la bibliografía. Es probable que esta diferencia se deba a la posible utilización del sitio arqueológico de El Puente, más de carácter comercial, frente a los otros sitios que se centran en un uso principalmente ceremonial.



Gráficamente esto lo podemos visualizar de la figura 9:



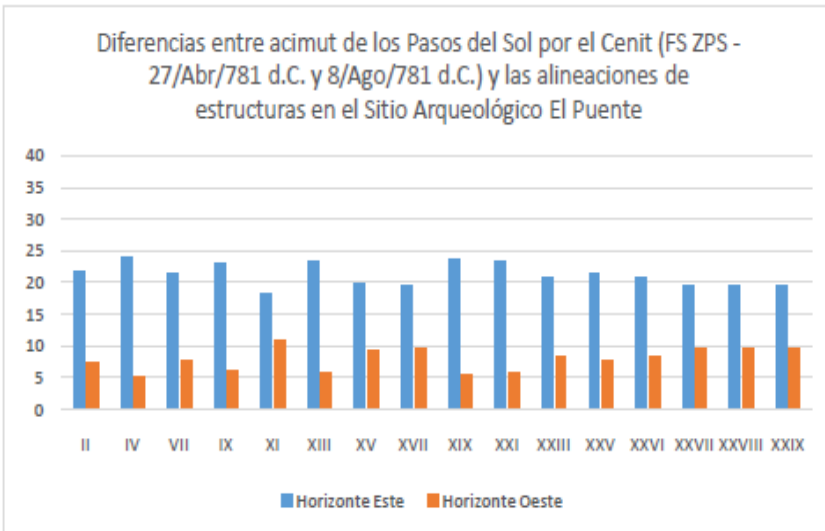
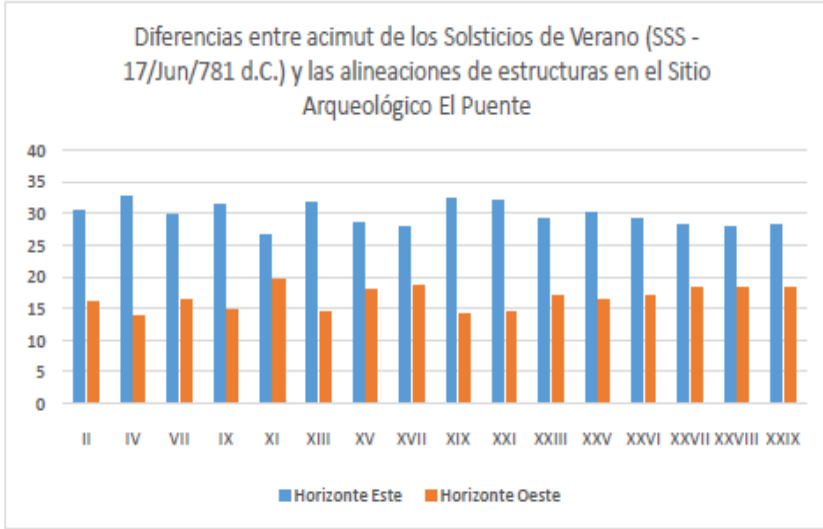


Figura 9: Representaciones gráficas de las diferencias de acimut entre las alineaciones identificadas en el Sitio Arqueológico y los ortos y ocasos del Sol en las fechas descritas

## CONCLUSIÓN

Desde un punto de vista astronómico no parece haber relación entre las direcciones que forman las estructuras con eventos solares, es por ello que en posteriores estudios se podría ampliar el análisis a eventos lunares y venusianos. Sin embargo, dada la importancia de la ubicación donde se encuentra un sitio arqueológico para el estudio arqueoastronómico se comprobó la necesidad de contar con una herramienta que permita reproducir fielmente el paisaje tanto celeste como geográfico. Ello debe poder realizarse de forma eficiente y eficaz permitiendo a los investigadores el estudio de múltiples casos en busca de patrones culturales.

El paso dado a través de este estudio será el inicial para la consecución de un conjunto de aplicaciones informáticas que faciliten el trabajo en el área de la Arqueoastronomía. Con esta finalidad se realizará un estudio más amplio del sitio y su aplicación a varios sitios arqueológicos del mismo contexto cultural.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aveni, A. (2005) La Astronomía y la Arquitectura en la América Antigua y la Cuenca del Mediterráneo (Ed.) *Observadores del Cielo en el México Antiguo* (15, 311) Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Krupp, E.C. (1994) The Temples WeAlign (Ed.) *Echoes of theAncientSkies – TheAstronomy of Lost Civilizations*(38, 82, 231, 250-251, 254-255) Dover Publications, Inc.
- Mejuto González, J (2013) Arqueoastronomía: *El espacio celeste en la interpretación arqueológica* (Tesis de doctorado) Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, (56-59), Disponible en: <http://eprints.ucm.es/23111/>
- Nakamura, S., Cruz Torres, D. (1993) *Investigaciones Arqueológicas y trabajos de restauración en el sitio arqueológico El Puente, Copán, Honduras. V Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Copán*, (518 – 526) Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Pineda de Carias, M.C., Véliz, V., AgurciaFasquelle, R. (2009) Estela D: Reloj Solar de la Plaza del Sol del Parque Arqueológico de Copan Ruinas, Honduras, *Yaxkin*, Año34, XXV (2), pp. 111-136.

- Šprajc, I. (2003) The South-of-East Skew of Mesoamerican architectural orientations: astronomy and directional symbolism. *Memorias del Simposio ARQ-13 del 51 Congreso de Americanistas*, (161 - 176). Santiago de Chile.
- Zablah Ávila, J.I. (2009) *Búsqueda a través de un Modelo por Ordenador de Alineamientos Astronómicos entre el Planeta Venus, Altares G y Estelas ubicados en la Gran Plaza del Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Honduras*, (Tesis inédita de Maestría), Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.
- Zotti G., Gröller M.E. (2005) A Sky Dome Visualisation for Identification of Astronomical Orientations (Ed.) *Proceedings IEEE Symposium on Information Visualization* (9-16) Institute of Electric and Electronics Engineers. Disponible en: <http://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2005/Zotti-2005-vis/>

# CIENCIAS AERONÁUTICAS

# *Acondicionamiento de un Túnel de Viento para pruebas aerodinámicas y prácticas de laboratorio en la UNAH*

Omri Alberto Amaya Carías  
Ivan Vladimir Betancourt Mendoza

## **Resumen**

La finalidad de este artículo es examinar las condiciones en que se encuentra el túnel de viento existente en el Laboratorio de Máquinas Herramientas de la Facultad de Ingeniería de la UNAH. Se presenta un inventario detallado de las partes existentes y se propone la lista de las partes faltantes y la cotización de cada una de ellas. El túnel habilitado permitirá examinar a escala la interacción entre las superficies alares propias de las aeronaves modernas y el flujo de aire. La metodología utilizada se desarrolló en tres momentos: primero se hizo una revisión bibliográfica para definir los conceptos básicos de aerodinámica aplicables al vuelo de aeronaves y susceptibles de ser demostrados en un laboratorio; en un segundo momento, se recolectó información exhaustiva sobre las condiciones en las que se encuentra actualmente el túnel existente en UNAH; en un tercer momento, se establecieron los productos y conclusiones de la investigación. Se concluye que un túnel de viento activado, constituiría un recurso pedagógico importante para explicar principios teóricos de aerodinámica de muchas de las asignaturas impartidas en la UNAH; además, se considera factible la adecuación del artefacto existente o la compra de uno nuevo; en el segundo caso se recomienda que se adquiera un túnel automatizado. El presente trabajo inaugura una nueva línea de investigación aeronáutica en Honduras, para cuya profundización queda pendiente el diseño de un manual de prácticas de laboratorio que guíe el uso del Túnel de Viento de la UNAH una vez que este se encuentre funcionando.

**Palabras clave:** educación aeronáutica, ciencias aeronáuticas, túnel de viento, aerodinámica, laboratorio.

## Abstract

The purpose of this article is to examine the conditions in which is the existing wind tunnel at the Laboratory for Machine Tools of the Faculty of Engineering of the UNAH. A detailed inventory of existing parts is provided and the list of the missing parts and the price of each one of them is proposed. The tunnel enabled allow scale examine the interaction between alar surfaces of modern aircraft and air flow. The methodology was developed in three phases: first a Bibliographic review to define the basic concepts of aerodynamics applicable to the flight of aircraft and capable of being demonstrated in a laboratory was made; in a second phase, comprehensive information on the conditions under which the existing tunnel currently in UNAH was collected; in a third phase, products and conclusions were established. It is concluded that an activated wind tunnel would be an important educational resource to explain theoretical principles of aerodynamics of many of the courses taught at the UNAH; moreover, the adequacy of the existing device or buying a new one is considered feasible; in the second case it is recommended that an automated tunnel is acquired. This work opens a new line of aeronautics research in Honduras, whose deepening is pending for the design of a manual laboratory practice to guide the use of Wind Tunnel UNAH, once it is operating.

**Keywords:** aviation education, aeronautical science, wind tunnel, aerodynamics, laboratory.

---

**Omri Alberto Amaya Carias** (omri.amaya@unah.edu.hn), Departamento de Ciencias Aeronáuticas, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras. **Ivan Vladimir Betancourt Mendoza** (ivan.betancourt@unah.edu.hn), Departamento de Ciencias Aeronáuticas, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

## INTRODUCCIÓN

Los túneles aerodinámicos, también llamados túneles de viento, dada su traducción literal de la expresión inglesa “wind tunnel”, es un sistema que genera una corriente de aire de manera que pueda ser utilizado como instrumento científico – tecnológico, cuya aplicación se basa en lograr condiciones especiales en el flujo y simular el movimiento de objetos con el fin de analizar fenómenos aerodinámicos, como fuerzas y líneas de corriente, entre otros. En el túnel también es posible analizar el rendimiento y funcionamiento de ventiladores generando sus curvas características.

El presente artículo se basa en un túnel de viento ya existente en el Laboratorio de Máquinas Herramientas, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, el que en su estado actual permite un reacondicionamiento para hacerlo operativo, lo que podría convertirlo en el único túnel de viento funcional para procesos de investigación y enseñanza en Honduras.

El reacondicionamiento del túnel de viento de la UNAH para realizar pruebas y estudios de superficies alares es necesario debido a que la UNAH no posee los equipos adecuados para realizar un estudio teórico-práctico de los efectos aerodinámicos sobre diferentes formas y superficies.

Con este proyecto se podrán ver beneficiados todos los alumnos interesados en realizar prácticas de laboratorios y visualizar los cálculos matemáticos vistos en la clase teórica, pero la directa beneficiada será la Universidad; porque se podrá mejorar algunas investigaciones así mismo relacionar estudios realizados en diversos programas de simulación y comparar resultados de rendimiento mediante una base de datos.

El proceso investigativo definió los antecedentes, presentando así la problemática a analizar, con sus objetivos y fases del proceso de investigación.

Posteriormente se presentan los Resultados de la Investigación, brindando a través de esta la descripción técnica del Túnel Aerodinámico de la UNAH, los proveedores de dicho modelo, así como de sus accesorios y su funcionalidad desde la perspectiva pedagógica.

En las Conclusiones, es donde los investigadores brindan las consecuencias producto del estudio y del análisis de una serie de datos.

El artículo de esta investigación finaliza con los apartados de Bibliografía, que enuncia los documentos o referencias consultadas.



## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La reciente creación del Departamento de Ciencias Aeronáuticas en la Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras ha generado la necesidad de carreras universitarias propias del campo, por lo que equipos, herramientas, simuladores o implementos didácticos para su enseñanza son necesario para la correcta educación en esta área.

Por lo que la problemática planteada fue:

La necesidad del acondicionamiento y el diseño de un túnel de viento acorde a las necesidades didácticas y pedagógicas para la enseñanza de materias de ciencias aeronáuticas propias de programas de estudio en la educación superior.

## DATOS Y METODOLOGÍA

### Los Datos

La presente investigación utilizo prevalentemente datos cualitativos, por esta razón se fundamentó en cualidades y características del túnel de viento de la UNAH, como objeto de estudio y, aunque no excluye el uso de datos cuantitativos, estos solo fueron utilizados para apoyar aspectos cualitativos.

Las variables utilizadas fueron:

- Variable dependiente: Características de diseño establecidas por el fabricante del túnel de viento que posee la UNAH.
- Variable independiente: Diseño y modificaciones propuestas por las tendencias de modernización aplicables al túnel de viento que posee la UNAH.

### Pruebas en Túneles de Viento (Ruíz, 2007)

Los túneles aerodinámicos, también llamados túneles de viento (traducción literal de la expresión inglesa *wind tunnel*), son instrumentos científico-tecnológicos cuya aplicación es la generación de una corriente fluida de propiedades conocidas para la medida de las acciones del flujo sobre obstáculos de muy diversa naturaleza, aeronáuticos o no, y más generalmente para el estudio de los fenómenos físicos en los que el aire en movimiento juega un papel dominante, estudio de estelas, dispersión de contaminantes, apantallamientos, y otros.

La finalidad de los ensayos en túnel aerodinámico es suministrar información sobre las particularidades del flujo en las proximidades del cuerpo en consideración, proveer información sobre la distribución de presiones y sobre las cargas globales producidas por la corriente en el obstáculo objeto de interés y, si el objeto del ensayo es flexible y susceptible de experimentar fenómenos aeroelásticos (la respuesta dinámica de las estructuras ante fuerzas aerodinámicas), así como proporcionar los datos necesarios sobre las vibraciones inducidas por el flujo.

El auge de la aeronáutica ha multiplicado extraordinariamente las necesidades de ensayos en túnel aerodinámico (véase la figura 1), habiéndose producido la misma situación en otros muchos campos de la ingeniería en los que también los túneles aerodinámicos constituyen una herramienta primaria para generar conocimiento y, aunque en mucha menor medida, en la biología.

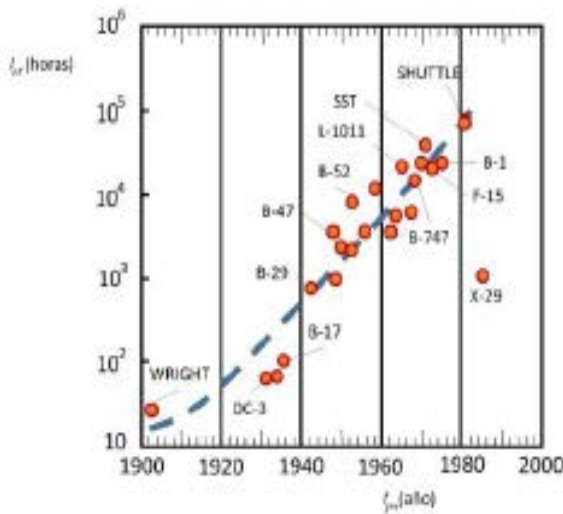


Figura 1. Tiempo de ensayos en túnel, empleado en el desarrollo de distintas aeronaves antes del Primer vuelo y la fecha del primer vuelo (Ruíz, 2007).

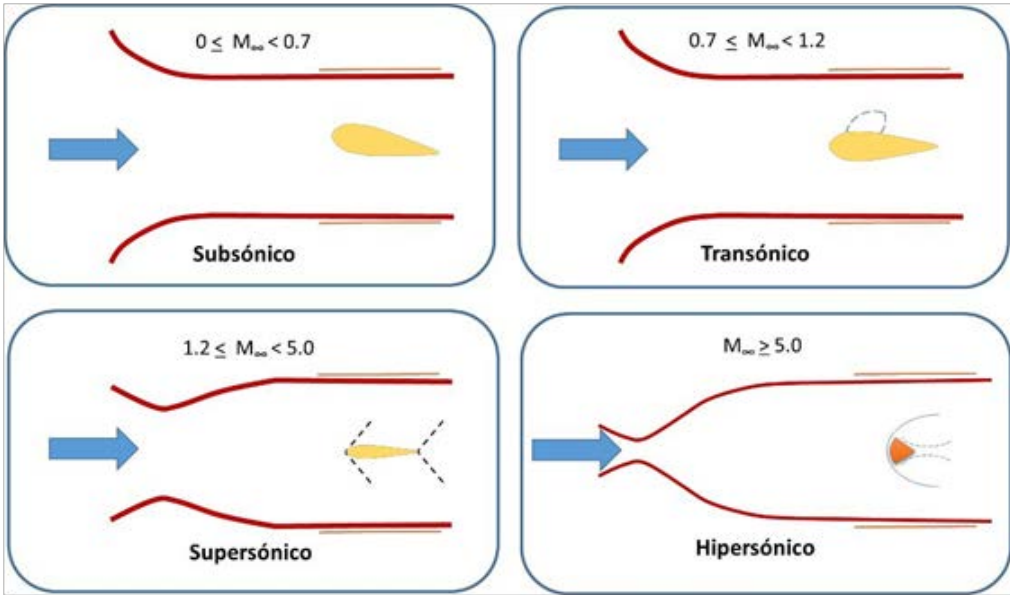
Cuando se ensayan modelos a escala, la validez de los resultados medidos requiere la existencia de semejanza geométrica, semejanza cinemática y dinámica entre el flujo alrededor del modelo y alrededor del obstáculo real, lo que en un amplísimo número de aplicaciones se traduce, aparte de que el modelo de ensayo sea una réplica geométrica del cuerpo real, en la igualdad de ciertos parámetros

adimensionales en ambos flujos, el real y el generado en el túnel. De entre estos parámetros, los más relevantes en aeronáutica son sin duda el número de Mach y el número de Reynolds. El número de Mach,  $M = V/V_s$  es el cociente entre la velocidad de la corriente incidente  $V$  y la velocidad del sonido  $V_s$  en el medio que se mueve esta corriente. Este parámetro es de gran importancia en los flujos de elevada velocidad, donde las variaciones de densidad debidas a la presión dinámica son significativas, pero es irrelevante a bajas velocidades, por debajo de 400 km/h, por fijar un número, donde los efectos de la compresibilidad del fluido son apenas perceptibles. El número de Reynolds ( $Re$ ) es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. En ingeniería aeronáutica el flujo sobre la capa límite de la corriente de aire es sumamente importante en donde la transición de flujo laminar a turbulento ocurre normalmente para valores de número de Reynolds entre medio millón y 10 millones.

### Tipos de túneles aerodinámicos

Es así que se tiene en cuenta las diversas aplicaciones de los túneles aerodinámicos, entendiéndose que la mayoría de los mismos estén construidos para un cierto uso específico, lo que suele condicionar muchos aspectos del diseño. Se comprende que un túnel para aplicaciones de aerodinámica no aeronáutica, orientado hacia ensayos de edificios, puentes y otras estructuras de la ingeniería civil, que funciona en régimen incompresible, ha de tener unos requisitos muy distintos a los de un túnel supersónico; o que las necesidades de un ensayo de calibración de anemómetros difieran notablemente de las de los ensayos de medidas de cargas aerodinámicas sobre obstáculos no fuselados. Todo ello hace que exista una amplia variedad de túneles aerodinámicos, pudiéndose encontrar una gran diversidad.

Los túneles pueden ser subsónicos, transónicos, supersónicos o hipersónicos, variando entre ellos la forma y el tamaño de la cámara de ensayos (Figura 2).



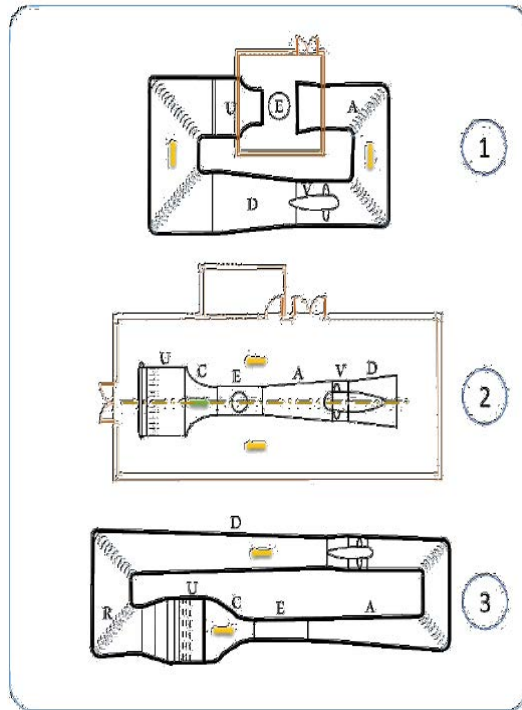
**Figura 2.** Variación de la forma de la cámara de ensayos de un túnel en función del número de Mach,  $M_\infty$  (Ruíz, 2007).

En relación con la geometría global del conducto, los túneles aerodinámicos pueden ser, según tengan o no conducto de retorno, de circuito fluido cerrado, con un circuito de retorno específico, o circuito fluido abierto, donde el aire se toma directamente de la atmósfera y se descarga posteriormente a esta o bien retorna a través del local donde está el túnel.

Respecto a la cámara de ensayos, en los túneles subsónicos esta puede ser de sección abierta, es decir, sin paredes laterales, o cerrada (con paredes laterales). Aunque esta pareja de alternativas parece conducir a únicamente tres tipos de túnel (si la corriente retorna a través del local no es recomendable emplear una cámara de sección abierta por las interferencias entre la vena fluida de la cámara y el flujo de retorno), la realidad es que dentro de estos tres tipos básicos la variedad de diseños es enorme.

En la figura 3 se muestran de forma esquemática las plantas de los tres tipos básicos de túneles. En un túnel sin circuito de retorno el aire pasa a través del conducto, normalmente organizado en la secuencia tradicional de sección de entrada (U), contracción (C), cámara de ensayos (E), difusor de adaptación a la sección de

ventiladores (A), ventilador (V) y difusor de salida (D). En los túneles con conducto de retorno (R) este puede ser único, doble o incluso anular.



**Figura 3.** Tipos básicos de túnel aerodinámico: de sección de ensayos abierta y con circuito de retorno (1), de sección de ensayos cerrada y sin circuito de retorno (2), y de sección de ensayos cerrada y con circuito de retorno (3). Las letras identifican los distintos componentes definidos (Ruíz, 2007).

Cada configuración presenta sus ventajas y sus inconvenientes. Así, en los túneles sin circuito de retorno, el coste de fabricación suele ser menor, pero también lo es el rendimiento energético de la instalación, además estos túneles son más ruidosos. En los abiertos a la atmósfera su operación puede depender de condicionantes meteorológicos.

Las ventajas de los túneles con circuito de retorno específico es que ofrecen mayores posibilidades de control del flujo inducido, disminuyendo el consumo de energía así como del ruido, pero por el contrario la inversión económica inicial es más alta.

## El Túnel de Viento Educativo

El Túnel de viento educativo es un equipo sencillo y seguro de operar. Se ofrece a centros de educación e investigación como instalación autónoma completa. El equipo principal consta del túnel con un sistema compensador de dos componentes y un indicador de la velocidad en el aire.

El aire entra en la sección de prueba a través de una contracción cuidadosamente diseñada, seguida de un enderezador de flujo tipo panal diseñado para asegurar que el flujo sea constante tanto en magnitud como en dirección, y tenga un perfil de velocidad transversal plano. Un difusor de ángulo pequeño en el extremo de salida contribuye a la estabilidad del flujo en la sección de prueba. Un ventilador está ubicado en la salida de la sección difusora. El ventilador es impulsado por un motor alimentado por corriente alterna que es controlado por una unidad inversora de control de velocidad, lo que permite el control uniforme de la velocidad en el aire.

La sección de prueba paralela cilíndrica está fabricada en material acrílico transparente y puede ser retraído sobre railes para permitir un acceso sin obstrucciones a los modelos.

El compensador de dos componentes consta de un par de compensadores soportados sobre filos en ejes perpendiculares entre sí y paralelos y perpendiculares al centro axial del túnel. Los componentes de sustentación y resistencia de la fuerza ejercida sobre los modelos bajo prueba son compensados deslizando pesos por los brazos del compensador hasta obtener un estado de deflexión nula.

Las graduaciones, en unidades de fuerza, permiten la lectura directa de la sustentación y la resistencia. El conjunto completo está conectado a un sencillo amortiguador de aceite.

La precisión del túnel y su instrumentación también hacen que sea adecuado para trabajos de estudiantes universitarios y proyectos de investigación sencillos.

El estándar de un túnel de viento educativo hace posible una amplia gama de mediciones y demostraciones. He aquí una selección usando los modelos y la instrumentación que el modelo que posee la UNAH podría realizar (Armfield, 2015):

1. Investigación del desarrollo de la capa límite en una placa plana mediante la medición de la distribución de carga total.
2. Estudios de visualización del flujo alrededor de una sección aerodinámica.

3. Medición de la distribución de la presión alrededor de una sección aerodinámica a diferentes ángulos de ataque.
4. Medición de la distribución de la presión alrededor de un cilindro
5. Medición de sustentación y resistencia en una sección aerodinámica con ranura en el borde de ataque y flap en el borde de escape.
6. Mediciones de velocidad y distribución de la presión usando un tubo de Pitot estático y sonda de guiñada.
7. Medición de resistencia para una selección de modelos de diferentes formas pero con diámetro ecuatorial común.
8. Demostración de la vibración aeroelásticos de una sección aerodinámica.
9. Calibración del indicador de velocidad del túnel de viento usando un tubo de Pitot estático y un manómetro inclinado.
10. Investigación de la estela dejada por un cilindro o una sección aerodinámica usando un rastrillo de medición de estela.

## LA METODOLOGÍA

La metodología diseñada para esta investigación se basó básicamente en el análisis del túnel de viento que se encuentra en la UNAH, bibliografía consultada y la realización de consultas técnicas a fabricantes.

Los pasos se describen a continuación:

### **Análisis Consulta bibliográfica.**

Las lecturas leídas de manera preliminar fueron de gran ayuda para definir el campo conceptual en el cual se propuso la investigación, en ese sentido se consultaron una serie de documentos referentes al uso y diseño de un túnel de viento por fabricantes y expertos.

### **Construcción de marco referencial**

Con las lecturas que se consultaron se establecieron los conceptos principales que se debían conocer para generar un análisis basado en bibliografía especializada

en aerodinámica y sus ensayos en ambientes controlados como el túnel de viento, por tal razón se consultaron:

Libro Aeronáutica Moderna escrito por Curtis E. LeMay (LeMay, 1965); De este documento se tomaron los conceptos básicos de la aerodinámica aplicada, nomenclatura y definiciones utilizadas en el diseño y operación de aeronaves modernas, el ambiente en que se desenvuelven y los efectos que este produce sobre ellas. Revisión de la información científica ofrecida a través del libro Theoretical Aerodynamics (Milne-Thomson, 1973); Se toma como fuente esencial para el establecimiento teórico de las pruebas matemáticas al comportamiento de los fluidos sobre las superficies aerodinámicas, las que pueden ser comprobadas a través de pruebas de laboratorio, haciendo uso de un túnel de viento.

Definir las Características Aerodinámicas de los Perfiles de Ala a través de la revisión del Libro Aerodinámica del Vuelo: Aves y Aeronaves (Ruíz, 2007); Se establecerán las características aerodinámicas de los perfiles de ala para su aplicación a los modelos a ser utilizados en las prácticas de laboratorio aerodinámico.

Desarrollar proyectos de laboratorio utilizando como referencia el documento Operating Instructions for Aerolab (Aerolab, 1991); Se examinó una serie de actividades de laboratorio mediante las cuales se pueden llevar a la práctica muchos de los principios teóricos de la aerodinámica con el uso de un túnel de viento con las características del que ya posee la UNAH en el Laboratorio de Máquinas Herramientas, de la Facultad de Ingeniería.

### **Recolección de información de campo**

Tomando como referencia fundamental al marco teórico se consultó al Fabricante del Túnel de Viento AEROLAB y al fabricante coreano Eunha Fluid Science, sobre los suministros de los accesorios y las características técnicas de estos para las pruebas del laboratorio aerodinámico, sus costos y forma de adquisición.

## **RESULTADOS**

### Análisis de los datos obtenidos.

Una vez que se hicieron las consultas vía correo electrónico la transcripción de los aportes fueron redactados procurando al máximo posible reflejar fielmente lo propuesto por las empresas consultadas. En el caso de los textos consultados se hicieron las citas de los párrafos extraídos directamente de los documentos revisados.



### Discusión de los datos obtenidos.

En esta parte se seleccionó datos que cumplieron los dos requisitos: que fueron acordes con la metodología propuesta y aportaron datos útiles para proponer alternativas de solución al problema propuesto. En tal sentido, se hizo un análisis de tipo cuantitativo y cualitativo y se tomó nota de las ideas recurrentes en las empresas consultadas haciendo una comparación con la información brindada en los textos consultados y la carrera propuesta por el Departamento de Ciencias Aeronáuticas de la UNAH.

### Presentación de conclusiones del estudio.

Una vez delineados los resultados de la investigación se preparó el presente informe a ser entregado y discutido en el Departamento de Ciencias Aeronáuticas, con el objetivo de ser preparado para ser publicado en la Revista Científica “Ciencias Espaciales”. Para fines de divulgación se preparará y hará una presentación destinada a los profesionales e instituciones que ofrecieron información.

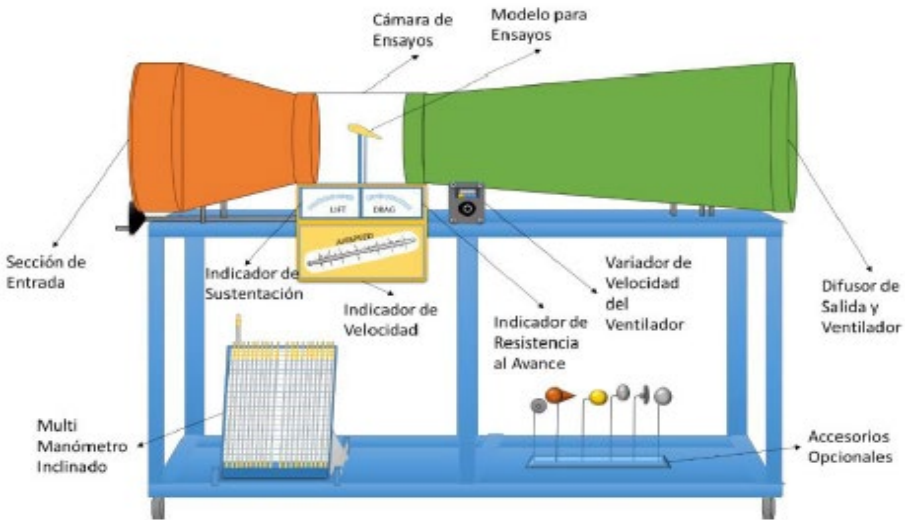
### Características técnicas del Túnel de Viento Educativo existente en la UNAH

El primer paso para la propuesta de restauración del túnel de viento fue evaluar las partes existentes proporcionadas por la Universidad. Esto sirve de base para dimensionar secciones faltantes así como para elaborar un diseño didáctico, que permitirá a los alumnos observar y cualificar los fenómenos del aire en movimiento. Este diseño didáctico, permite además modificar y/o agregar componentes, modificando así los resultados esperados de las pruebas de laboratorio que a futuro se realizarán en este túnel de viento. La imagen del túnel de viento cuando fue adquirido por la UNAH es muy similar a la figura 4.



**Figura 4.** Modelo Publicitario de AEROLAB.

El equipo propuesto a condicionar debe contar con lo mínimo con las siguientes partes: (ver figura 5).



**Figura 5.** Esquema del Túnel de Viento original del modelo que posee la UNAH.

1. Sección de Entrada
2. Cámara de Ensayos
3. Difusor de Salida y Ventilador
4. Indicador de Velocidad
5. Indicador de Sustentación
6. Indicador de Resistencia al Avance
7. Variador de Velocidad del Ventilador
8. Multi manómetro Inclinado
9. Accesorios Opcionales

En el Túnel de Viento que posee la UNAH, se pudieron identificar partes que todavía están presentes y utilizables, luego de ser habilitadas, las cuales se ven en la figura 6.



**Figura 6.** Partes identificadas como presentes en el Túnel de Viento que posee la UNAH.

Las piezas como el Variador para la Velocidad del Ventilador y Modelos de Ensayo (a diferencia de la bola con extensión) no se pudieron encontrar, por lo que es necesaria su fabricación o su compra, para poder completar el equipo de simulación y pruebas.

En resumen, el estatus técnico del túnel de viento de la UNAH puede visualizarse en la Tabla No.1:

**Tabla 1.** Resumen del Estatus Técnico del Túnel de Viento de la UNAH

Accesorio	Componentes	Características	Estatus en el Túnel de Viento de la UNAH
Ventilador	Velocidad del Aire	20 metros por segundo (Máximo)	Funcional
	Potencia del Motor	1/2 Hp	
	Fuente de Electricidad	110 voltios (60 Hertz)	
Túnel de Viento	Sección de Prueba	30 cm de Diámetro por 35 cm de largo	Funcional
	Dimensión Total	70 cm de Ancho, 200 cm de Largo y 167 cm de Alto	
	Peso	303 libras	
Accesorios Estándar	Tubo de pitot estático	3 mm de Diámetro y 30 cm de largo	No se encontró
	Multi Manómetro Inclinado	Distancia de Lectura desde 0 a 30 cm	Funcional
		Numero de tubos son 20	
		Inclinación desde 20° a 90 °	
		Reservorio de nivel variable	
Colector de metal con 20 conexiones			
Accesorios Opcionales	Forma Aerodinámica Alar	No se encontró	
	Ala para medir presión en diferentes áreas	No se encontró	
	Modelos para pruebas de Resistencia al Avance	No se encontró	
	Superficie para pruebas de capa limite	No se encontró	
	Simulación de superficies secundarias Slot y Flaps	No se encontró	
	Equipo de rastrillo de humo	No se encontró	

Fuente: elaboración propia en base a observación.

### Proveedores de Túneles de Viento y Accesorios

Los proveedores, específicamente para el modelo que la UNAH posee, solo son dos, de acuerdo a los encontrados durante esta investigación y son:

- La empresa estadounidense AEROLAB, que tiene la página web [www.aerolab.com](http://www.aerolab.com)
- La empresa coreana Eunha Fluid Science, que tiene la página web <http://www.ehf.co.kr/>

Aunque la primera fue el fabricante original de este modelo, ya no tiene el stock de repuestos para el modelo que la UNAH posee, pero las modificaciones a las piezas de túneles de viento más modernos que ellos fabrican no tienen tantas variantes, por lo que su adaptación es factible.

En el caso del segundo, el que incluso lo sigue fabricando con el número de producto EH-EWT-2500, cuenta con todo el stock de repuestos, siendo una gran oportunidad para la restauración del modelo de la UNAH. Los costos sugeridos por dichas empresas son los siguientes:

**Tabla 2.** Costos sugeridos de los accesorios faltantes por las empresas consultadas

Descripción	Modelo según Empresa Eunha Fluid Science *	Precio Empresa AEROLAB	Precio Empresa Eunha Fluid Science
Tubo de pitot estático	Sin Número	\$ 270.00	\$ 100.00
Forma Aerodinámica Alar	Modelo EWT-1	No Cotizado	\$ 1,200.00
Ala para medir presión en diferentes áreas	Modelo EWT-2	\$ 1,320.00	\$ 1,100.00
Modelos para pruebas de Resistencia al Avance (5 piezas)	Modelo EWT-3	\$ 780.00	\$ 900.00
Superficie para pruebas de capa límite	Modelo EWT-4	\$ 880.00	No Cotizado
Simulación de superficies secundarias Slot y Flaps	Modelo EWT-5	\$ 970.00	No Cotizado
Equipo de rastreo de humo	Modelo EWT-6	\$ 340.00	No Cotizado

\* La empresa AEROLAB no mostró códigos para sus modelos.

## DISCUSIÓN

Un túnel de viento utilizado en la enseñanza pretende ilustrar de manera didáctica los efectos del aire sobre objetos, permitiendo la realización de investigaciones, diseños, prácticas de laboratorio para estudiantes, proyectos de tesis, trabajos en conjunto con la industria y muchos más, abriendo la posibilidad de generar un pequeño centro de investigación, y enriquecer las actividades académicas que allí se desarrollen.

Al agregar el túnel de viento al laboratorio de aerodinámica, se da un gran paso para ampliar su rango de servicios. El túnel de viento servirá como herramienta en la enseñanza y para la experimentación e investigación de modelos aerodinámicos y otras máquinas que interactúan con el aire en movimiento, haciendo uso de un manual de prácticas de laboratorios, que se desarrollara al momento que el túnel de viento de la UNAH este funcional.

En la UNAH es necesario desarrollar este proyecto de reacondicionamiento del túnel de viento ya existente, pues en el medio no se encuentran posibilidades de realizar pruebas y mediciones aerodinámicas ni de mecánica de fluidos. La Universidad cuenta con la infraestructura y respaldo para sostener e impulsar este

servicio, que estaría a disposición de estudiantes, profesores y eventualmente a disposición de la industria.

A futuro se podría obtener uno más moderno como se puede apreciar en la figura 7 que muestra el Túnel de Viento que en la actualidad fabrica la empresa AEROLAB, el cual es utilizado en la enseñanza de la aerodinámica, haciendo uso de sistemas computacionales, y accesorios más ergonómicos.

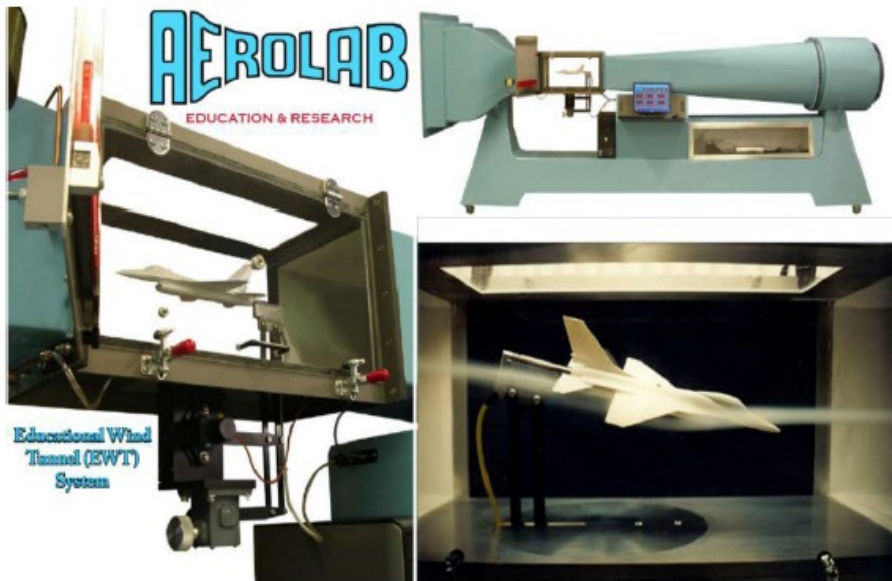


Figura 7. Túnel de Viento Moderno para enseñanza sobre aerodinámica (AEROLAB, 2015)

## CONCLUSIONES

1. El proyecto ofrece en conjunto con el soporte institucional, la posibilidad de realizar trabajos que combinen los aspectos teóricos y prácticos, brindando apoyo a la labor docente, investigativa y de la industria en el campo de la aerodinámica y mecánica de fluidos.
2. Las características del túnel de viento cubren las necesidades propuestas de simulación y prácticas de laboratorio expuestas en el espacio de aprendizaje denominado “Aerodinámica y Mecánica de Vuelo” desarrollado por el Departamento de Ciencias Aeronáuticas.
3. A pesar de los avances de simulación gráfica basados en sistemas computacionales para el análisis del comportamiento de superficies alares y otro tipo de formas, aún es necesario emplear métodos experimentales, en los cuales el túnel de viento es una excelente herramienta, además el conocimiento de las experimentaciones físicas, facilitará el manejo y aplicación de los modelos computarizados que se pueden encontrar por medios virtuales.
4. Para optimizar su funcionamiento en un ambiente didáctico, el túnel de viento tal y como se encuentra en el laboratorio de Máquinas Herramientas de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la UNAH, debe ser modificado con los accesorios fabricados por las empresas ofertantes disponibles a nivel internacional; la presente investigación ofrece cotizaciones de dos de estas empresas..
5. Por lo que respecta a los aspectos físicos del túnel de viento, su diseño de sistema de adquisición de datos debe ser mejorado y reacondicionado, visualizando a futuro el desarrollo e implementación de un sistema automatizado.
6. Por lo que respecta al ambiente en el que funcionará el túnel de viento, el recinto donde será instalado, debe contar con la capacidad de tomar aire fácilmente y expulsarlo de forma libre, preferiblemente hacia afuera del recinto y sin obstrucciones de ningún tipo, evitando de esta manera la turbulencia y contaminación del sistema.
7. La línea de investigación en el campo de la aerodinámica no existe en Honduras, el tener a disposición un túnel de viento operativo en la UNAH dará oportunidad al País a incursionar en este tipo de investigaciones, estableciendo con esto un espacio desde el cual se pueda hacer aportaciones científicas en una dinámica interdisciplinaria.

8. Un tema pendiente que se deriva de la presente investigación es el diseño de un manual de prácticas de laboratorio que abarquen el uso del Túnel de Viento de la UNAH una vez que esté operativo, generará una manera medible y operativa para que el alumno pueda visualizar lo aprendido en clases de manera práctica.

## AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Mecánica, específicamente al Laboratorio de Maquinas Herramientas por su apoyo al facilitarnos el acceso al Túnel de Viento, ya que esto proporcione información relevante para el desarrollo de la investigación.

A las empresas diseñadoras de los túneles de viento internacionales consultadas, ya que sin su apoyo no se hubiera podido establecer las características técnicas de los túneles de viento analizados.

Al Licenciado Alex Matamoros, del Departamento de Ciencias Aeronáuticas de la UNAH por sus valiosos aportes en el diseño y redacción de este artículo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AEROLAB. (6 de Noviembre de 2015). About. Obtenido de History: <http://www.aerolab.com/about/>
- AEROLAB. (22 de Octubre de 2015). AEROLAB. Obtenido de Acerca de AEROLAB: <http://www.aerolab.com/about/>
- AEROLAB. (27 de Noviembre de 2015). Educational Wind Tunnel (EWT) System. Obtenido de [www.aerolab.com](http://www.aerolab.com): [www.aerolab.com](http://www.aerolab.com)
- Armfield. (24 de Noviembre de 2015). Túnel de Viento Subsónico. Obtenido de MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA: <http://discoverarmfield.com/>
- FAA, F. A. (2009). Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Washington: Government Printing Office.



- Kim, S. (06 de Noviembre de 2015). The Business Montly. Obtenido de Wind Tunnel Maker Blowing Strong After Six Decades: <http://www.bizmonthly.com/wind-tunnel-maker-blowing-strong-after-six-decades/>
- NASA. (2015). NASA. Obtenido de Wind Tunnels of NASA: <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-440/contents.htm>
- Ruíz, J. M. (2007). Aerodinámica del Vuelo: Aves y Aeronaves. Madrid: Centro de documentación y Publicaciones de AENA.
- Sampieri, R. H. (2010). Metodología de la Investigación 5ta Edición. Mexico: Mc Graw Hill.
- Sickle, N. D. (1985). AERONAUTICA MODERNA. AVIACION BASICA APLICADA. Washington:
- EDICIONES PARANINFO.
- UNAH. (1994). Ley de Educación Superior de Honduras. Tegucigalpa: Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

# *Inclusión de nuevas entidades en la toma de decisiones de Aeronáutica Civil en Honduras al año 2015*

Ana Lucía Ulloa Cadalso

## **Resumen**

Al hacer un análisis de la Ley de Aeronáutica Civil en Honduras, versión 2004 y que actualmente se encuentra en revisión para su modificación, se establece que el Consejo Aeronáutico Nacional (CAN) debe ser un órgano consultivo que reúne a varias organizaciones estatales y de la sociedad hondureña con la finalidad de identificar, concertar y proponer recomendaciones que apoyen y contribuyan al logro de los objetivos de la ley referida; en la investigación “*Consejo Aeronáutico Nacional: Análisis de su situación en el Marco Institucional de Aeronáutica Civil en Honduras, 2014-2015*”, (Ulloa, 2015) se evidencia que no ha sido activado desde su creación en Ley, incluso en días recientes, con la propuesta de reforma a la Ley de Aeronáutica Civil el CAN desaparece de la misma, llama la atención que en lugar de buscar su implementación el artículo se deroga. Pero esto no quiere decir que las decisiones en relación a diversos temas nacionales tales como seguridad, turismo, medio ambiente, economía, entre otras, que se ven afectados por decisiones que tome la Autoridad Aeronáutica deja de ser relevante. Es importante que los diferentes sectores se coordinen y tomen decisiones consensuadas que permitan un desarrollo sostenido, ordenado y consistente de la aeronáutica civil, aunque no sea a través del CAN. Dado lo anterior, el objetivo del presente artículo es resaltar lo investigado en cuanto a la necesidad latente de incluir a otras entidades en decisiones de Aeronáutica Civil en Honduras al año 2015, para lograr un verdadero desarrollo en materia de Aeronáutica Civil en Honduras.

**Palabras clave:** Aeronáutica, Consejo Aeronáutico Nacional, aeronáutica civil hondureña, sistema aeroportuario.

## **Abstract**

Doing an exhaustive analysis of the Civil Aviation Act of Honduras, the 2004 version, we can see that it establishes the National Aviation Council (CAN) as a consultative body that brings together various state organizations and Honduran society in

order to identify, coordinate and propose recommendations that support and contribute to the achievement of the objectives law referred to in the investigation "*National Aviation Council: Analysis of the situation in the Institutional Framework of Civil Aviation in Honduras, 2014-2015*" (Ulloa, 2015) is evidence that has not been activated since its inception in law, even in recent days, with the proposed amendment to the Civil Aviation Act cAN disappears from it, draws attention instead to seek implementation repealing article. But this does not mean that decisions concerning various national issues such as security, tourism, environment, economy, among others, that are affected by decisions taken by the Civil Aviation Authority ceases to be relevant. It is important that the different sectors are coordinated and consensual decisions to take sustained, orderly and consistent development of civil aviation, although not through the CAN. Given the above, the objective of this article is to highlight the investigation regarding the latent need to include other entities in decisions of Civil Aviation in Honduras in 2015..

**Keywords:** Aeronautics, National Aviation Council, Honduran Civil Aeronautics, Airport System.

---

**Ana Lucía Ulloa Cadalso**, (ana.ulloa@unah.edu.hn), Departamento de Ciencias Aeronáuticas, Facultad de Ciencias Espaciales Docente, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH).

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han observado cambios importantes en el desarrollo de la Aeronáutica Civil en Honduras. Se han habilitado Aeródromos en puntos claves, principalmente a través del mejoramiento y adecuación de Aeródromos militares para uso Civil, sin perjuicio de dicho desarrollo, es necesario asegurarse que este tipo de infraestructura se haya diseñado y opere según los estándares nacionales establecidos para tal efecto por la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil y métodos recomendados internacionales, principalmente, aquellos aeródromos emplazados en aquellos lugares muy próximos a zonas montañosas, resaltando las locaciones de los mismos en ciudades con un alto nivel de atractivo turístico y que permite potenciar el desarrollo económico integral de la zona. Se han llevado a cabo licitaciones para la Concesión del Aeropuerto de Palmerola en Comayagua en aras de convertirlo en un punto clave a nivel nacional, regional e incluso internacional.

Otro dato relevante es la reestructuración de la Autoridad Aeronáutica de Honduras, institución que actualmente se encuentra en un proceso de transición liderado por la Secretaría de Defensa, en aras de capacitar y mejorar el nivel del personal, principalmente técnico, que labora en dicha Institución y con esto permitir el aumento en los niveles de seguridad en el desarrollo de todas las actividades aeronáuticas en el País. El momento actual es oportuno para que las mejoras logradas en la reestructuración antes mencionada, sean un aporte relevante para mejorar la calificación que se le asignará a la Autoridad Aeronáutica Hondureña en la próxima auditoría que lleva a cabo la OACI bajo el lineamiento CMA (continuous monitoring approach).

Los proyectos antes mencionados han sido propuestos y desarrollados, principalmente, por iniciativa del Estado de Honduras con la meta de elevar el nivel de la Aeronáutica Civil en el país, aumentar significativamente la conectividad nacional y regional, considerando la perspectiva social (llegar lugares para su desarrollo y en caso de ocurrencia desastre natural facilitar rescate y evacuación rápida), promover el turismo y dar una imagen distinta de Honduras a nivel internacional para aumentar el desarrollo económico que se desprende de estas actividades de forma directa o indirecta.

Este artículo profundiza aspectos relevantes de la investigación denominada "*Consejo Aeronáutico Nacional: Análisis de su situación en el Marco Institucional de Aeronáutica Civil en Honduras, 2014-2015*", (Ulloa, 2015) tomando en consideración el Eje de Investigación #1: Desarrollo Económico y Social, en el tema prioritario #1: Infraestructura y Desarrollo Territorial, de la UNAH. Ya el primer artículo presentado

sobre el CAN enfatiza en la importancia de la participación de los distintos sectores de la aeronáutica para orientar estratégicamente desde una visión amplia de País, la labor de la Autoridad Aeronáutica. Sin embargo, en este mismo trabajo se constata no sólo la inexistencia del Consejo Aeronáutico Nacional, sino la poca o nula participación de los sectores relacionados con el transporte aéreo como ser Turismo, Cámara de Hoteleros, Cámara de Comercio, Despacho de Seguridad, Secretaría de Transporte (mencionando algunas de las entidades que formaban parte del CAN según lo descrito por Ley) así como Concesionaria de Aeropuertos, representantes de Línea Aéreas, Escuelas de Aviación e incluso la Universidad Autónoma de Honduras (no incluidas en el CAN según Legislación vigente).

No se considera que estas entidades estén teniendo oportunidad de exponer sus ideas y sus puntos de vista en la toma de decisiones relacionadas con la Aeronáutica Civil y que, de una u otra forma, termina afectándoles. ¿Cuán importante es que estas instituciones, e incluso otras no mencionadas pero, afectadas, participen en la toma de decisiones relacionadas con la Aeronáutica Civil? Es sumamente importante que todos los involucrados puedan tener participación en la toma de decisiones del rubro puesto que es necesario considerar todos los puntos de vista posibles, costos de oportunidad, debilidades y amenazas que enfrenta cada ente independiente, así como el desarrollo de las actividades de cada institución que pueda afectar a otras instituciones o en el mejor de los casos que se puedan tomar decisiones conjuntas utilizando las fortalezas y oportunidades individuales para obtener un beneficio común. Debido a que la Autoridad Aeronáutica de Honduras, posiblemente por estrategia institucional, no está considerando la opción de activar el CAN, elemento que queda evidenciado en la modificación a la Ley de Aeronáutica Civil donde eliminan los artículos relacionados al CAN, es necesario buscar otras formas en que las otras instituciones puedan ser participes activos en la toma de decisiones en temas de Aeronáutica Civil.

## ANTECEDENTES

Considerando lo descrito en la Ley de Visión de País (2010-2038) y Plan de Nación (2010-2022) de la República de Honduras donde se expresa: *“La infraestructura productiva (energía, transporte y comunicaciones) es un medio importante para propiciar el desarrollo social de los pueblos y el desencadenamiento del potencial productivo de las naciones, Honduras no es la excepción y bajo las circunstancias del país al final del 2009, resulta verdaderamente trascendente iniciar con un*

*proceso ordenado, sostenido y consistente de inversiones públicas y privadas, que contribuyan a llevar competitividad, oportunidades de desarrollo económico y social a todas las regiones del país”, vemos cuan necesario es el desarrollo de la aeronáutica civil para lograr la visión de país ya que la misma está implícitamente relacionada con los temas de transporte, infraestructura productiva, competitividad y desarrollo económico, al lograr establecer conectividad nacional y regional ofreciendo una perspectiva multimodal de transporte.*

En Honduras se han conformado consejos consultivos para distintas finalidades y algunos de ellos continúan vigentes; entre otros ejemplos se pueden mencionar, el que se conformó para dar seguimiento a la Estrategia para la reducción de la Pobreza, documento programático-estratégico diseñado para orientar el desarrollo del País del Año 2000 al 2015; el denominado Consejo Nacional para la Seguridad Interior, CONASIN para el tratamiento de los temas relacionados con el funcionamiento de la Policía Nacional, los Consejos Consultivos Forestales Regionales conformados a instancia del Instituto de Conservación Forestal, por lo que se evidencia que es necesaria para la correcta toma de decisiones, en cualquier ámbito, la incorporación de entidades que muestren distintos puntos de vista, logrando con eso reducir al mínimo los efectos negativos, errores o fracasos de las decisiones tomadas.

En la Ley de Aeronáutica Civil se establece como integrantes del CAN a: Secretario de Estado en el Despacho de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (actualmente el Secretario en Infraestructura y Servicios Públicos), quien será el coordinador; el Secretario de Estado en el Despacho de Turismo; el Secretario de Estado en el Despacho de Seguridad; un representante de la Cámara de Turismo; un representante de la Cámara de Hoteleros; un representante de las cámaras de comercio de Honduras; el Director General de Aeronáutica Civil (actualmente Director de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil) y el Secretario de Estado en el Despacho de Defensa Nacional. En el listado anterior se evidencia el enfoque en la toma de decisiones presupuestarias por parte del Gobierno y podría conseguir la colaboración de una parte del empresariado nacional, más no incluye a la sociedad civil (sociedades de vecinos, patronatos, grupos ambientalistas, grupos de consumidores y demás) ni la Academia (cualquiera de las 6 universidades públicas o de las 14 privadas).

Se ha considerado en la investigación en mención que es necesaria la participación activa de un órgano colegiado que integre a diferentes sectores de la institucionalidad

y sociedad hondureña para apoyar a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil en la toma de decisiones dentro de su competencia, su fortalecimiento institucional y en gran medida para la gestión de una verdadera política de Estado en materia de aeronáutica civil para el desarrollo nacional y ese órgano colegiado se consideraba debía ser el Consejo Aeronáutico Nacional (CAN).

Como es de conocimiento de muchos la Dirección General de Aeronáutica Civil, ha sido sustituida en el año 2014 por la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC) mediante Decreto Ejecutivo PCM-047-2014, quien aporta la visión técnica propia de la aeronáutica civil pero no la económica, social y ambiental. Temas relevantes como, por ejemplo, medidas para la protección y conservación del medio ambiente en la construcción y habilitación de nuevos aeródromos en las diversas regiones del país que requieran de una gestión como Estado y la participación de la sociedad civil deberían ser tratados desde una organización u órgano que aglutine los representantes de los diferentes sectores nacionales desde el estatal al económico y social. Actualmente la mayoría de las decisiones en el ámbito de la Aeronáutica Civil se están tomando desde la institucionalidad del Estado, sin la participación de los diferentes sectores de la sociedad vinculados con la aeronáutica, lo que puede estar afectando el desarrollo del sector.

Es importante mencionar que el tema del CAN en el último año ya no es desconocido por la Autoridad Aeronáutica, que aunque estaba en su Ley era desconocido por sus propios empleados, elemento evidenciado en la investigación; lo que llama mucho la atención es que en la reformas a la Ley de Aeronáutica Civil que se están llevando a cabo (disponibles en <http://www.ahac.gob.hn/asesorialegal.html> ) lejos de buscar implementar el CAN sugieren la derogación de los artículos 28 y 29 del Capítulo III que son los que hablan específicamente del CAN.

Se desconoce a profundidad las razones por las cuales el CAN se estaría excluyendo en la reforma a la Ley de Aeronáutica Civil, pero se considera puede deberse a estrategias que pretendan readecuar presupuesto y personal a áreas como equipamiento y capacitación especializada del personal, tomando de base para esta presunción las acciones de nuevas contrataciones de personal con un perfil académico más alto y las capacitaciones nacionales e internacionales que, se conoce, periódicamente está llevando a cabo la Autoridad Aeronáutica en Honduras.

## METODOLOGÍA CIENTÍFICA

La investigación tuvo un enfoque cualitativo pues se pretendió describir la situación del Consejo Aeronáutico Nacional a 2014-2015 en Honduras y por tanto se utilizó “la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar las preguntas de investigación en el proceso de interpretación” (Sampieri, 2008). El alcance de la investigación fue descriptivo, buscando especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analiza (Sampieri Hernandez, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010), en este caso particular, la situación del Consejo Aeronáutico Nacional al año 2014-2015, incluyendo sus integrantes y marco normativo. La investigación se llevó a cabo en las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela, limitado a estas ciudades por encontrarse ahí las oficinas administrativas de las entidades relacionadas por Ley con el CAN, sin embargo, el alcance de la conclusiones se proyectaron a nivel nacional.

Una de las técnicas de recolección de datos utilizada fue la observación cualitativa pues mediante la misma se llevó a cabo una reflexión permanente. Se prestó atención a los detalles, sucesos, eventos e interacciones, sobre todo en las discusiones dadas en el marco del Diplomado en Gestión de Sistemas Aeroportuarios en sus tres ediciones, ya que los alumnos coincidían con la importancia de la inclusión de varias entidades en la toma de decisiones en relación a Aeronáutica Civil, identificándose los efectos que una decisión tomada por una entidad puede tener en otras entidades por el simple hecho de desconocer sus procesos internos o metas a corto y largo plazo, por lo que, vuelve a considerarse necesario dar a conocer los distintos puntos de vista de todos los afectados o posibles involucrados para tomar decisiones más acertadas y que impliquen menos costos y mal uso de los recursos.

Es necesario indicar que uno de los instrumentos de recolección de datos mas relevante fue a través del uso de entrevistas abiertas, fundamentadas en una guía general de contenido que incluía principalmente preguntas generales y de opinión y aplicadas a personal específico que formaba parte de Instituciones claves en relación a la Aeronáutica Civil como ser la Concesionaria de los cuatro aeropuertos internacionales de Honduras, la Dirección General de Aeronáutica Civil (actual Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil) y representantes del sector turismo. Otras fuentes de recolección de datos utilizadas fueron: Ley de Aeronáutica Civil de Honduras, Leyes y Códigos en materia de aeronáutica civil de países como Chile, Ecuador y República Dominicana disponible en internet, esto pues se consideró



imprescindible conocer las experiencias que otros países han tenido en este tema con el fin de replicar sus experiencias de éxito. Importante mencionar que durante la investigación base de este artículo, todos los hallazgos fueron discutidos con alumnos con perfiles varios como ser: pilotos, técnicos en mantenimiento de aeronaves, administradores, ingenieros, abogados, empleados de aerolíneas, doctores en medicina relacionada con aeronáutica civil, incluso elementos militares, pudiendo obtenerse un panorama integral de las entidades que tendrían que ser consideradas en la toma de decisiones aeronáuticas.

## **RESULTADOS**

Dentro de los objetivos específicos de la investigación sobre el CAN se resaltan los siguientes por considerarse oportunos para contestar la pregunta de nuestro artículo: ¿Se debería incluir a otras entidades en decisiones de Aeronáutica Civil en Honduras? Esto nos permite analizar las alternativas, considerando las pocas o nulas posibilidades de activar el CAN, para facilitar la participación de los distintos sectores involucrados en la toma de decisiones en tema de Aeronáutica Civil.

**Tabla 1:** Resumen de Objetivos relacionados con el tema de análisis y hallazgos de la investigación

Objetivo	Hallazgos a través de las entrevistas aplicadas
Determinar si las entidades, incluidas en el CAN por medio de la Ley de Aeronáutica Civil, están interesadas en seguir formando parte del CAN.	La mayoría de los entrevistados indican que, como representantes de sus instituciones, <u>si</u> estarían interesados en formar parte activa del CAN.
Definir qué otras entidades podrían formar parte del CAN para mejorar su funcionalidad.	En relación a la consulta sobre qué entidades deberían formar parte del CAN, los entrevistados mencionaron las siguientes: Concesionaria, Aerolíneas, Secretaría de Industria y Comercio, Empresa privada, Escuelas de aviación, Ministerio Público.
Definir qué temas debería analizar de manera inmediata el CAN	En relación a los temas que se consideran claves para incluir en la agenda a tratar por el CAN, los entrevistados mencionan los siguientes: La Categorización del país, Capacitación de personal técnico aeronáutico, Manejo de presupuestos y Programas de capacitaciones, Mejoras al sistema aeroportuario, Planificación de futuras propuestas de aviación civil, Designación de presupuesto para actividades específicas de aviación civil, Agenda sobre supervisiones realizadas, Revisión de metas y objetivos estratégicos y operacionales, Estudios aeronáuticos para el desarrollo de la aviación civil, Generación de empleos en el ambiente aeronáutico, Atención al cliente, Mejora de instalaciones y equipo, Mejor supervisión de procedimientos aeronáuticos (plataforma, pistas, instalaciones), Supervisión a líneas aéreas y a empresas concesionarias con más rigor, Situación del personal y autonomía de la DGAC.

Considerando la tabla anterior se evidencia que hay interés en las entidades, descritas en Ley, en formar parte del CAN, están interesados en opinar sobre decisiones que terminan afectándoles directa o indirectamente.

De igual forma sugieren la inclusión de la Concesionaria, Aerolíneas, Secretaría de Industria y Comercio, Empresa privada, Escuelas de aviación, Ministerio Público, entidades que con un manejo integral e inclusivo permitirían, cubrir el panorama completo del impacto de las decisiones en aeronáutica civil. ¿Por qué considerar a estas entidades adicionales sugeridas para formar parte de un equipo de trabajo, llámese anteriormente CAN? Porque de todos es conocido que cualquier decisión que tome la Autoridad Aeronáutica tiene una implicación para estos; tomemos de ejemplo, AHAC declara un aumento realmente significativo y fuera de período en la tarifa por estacionamiento para aeronaves: esto afectará directamente a la Concesionaria pues es la responsable de hacer el cálculo y cobro directamente a sus clientes recibiendo las quejas y reclamos del mismo por realizarse cobros adicionales fuera del tiempo establecido por Ley, En este mismo caso este cobro dictado por la Autoridad y que debe ser cumplido por la Concesionaria es cobrado a las aeronaves de las aerolíneas, hay molestia por este aumento pero debido a que es una obligación a cumplir las aerolíneas pagan el aumento y para no presentar pérdidas ante sus inversionistas incluyen ese aumento de costos de operación en el precio de sus boletos, hasta este punto se ha afectado directamente al pasajero que tendrá que pagar un precio mayor para realizar sus viajes. ¿Y que ocurre si el precio del boleto es tan alto? Baja la demanda, las aerolínea presentarían pérdida, el turismo nacional puede verse directamente afectado, si baja el turismo baja la rentabilidad de los hoteles y restaurantes y continua la cadena. Lo anterior muestra como una medida que pudiese ser tomada de forma aislada por la Autoridad Aeronáutica y que quizás tenga muy bien justificada la razón de ese aumento, puede afectar a tantos involucrados.

Al no conocerse el punto de vista de todos los demás no podrá considerarse el verdadero impacto económico que causaría a la aeronáutica civil de país. Esto nos ayuda a afirmar que Sí se debería incluir a otras entidades en decisiones trascendentes para la Aeronáutica Civil en Honduras, aunque no sea a través del CAN.

En relación al objetivo *Describir cómo funcionan órganos u organizaciones similares al CAN en otros países con mayor desarrollo aeronáutico civil como Chile, República Dominicana y Ecuador*, en estos ya se incorporan los distintos sectores de la aeronáutica civil mostrando esquemas de participación amplios que asumen responsabilidades de gran importancia para la aeronáutica civil de los propios países lo que queda evidenciado en el cuadro siguiente:

**Tabla 2a:** Resumen de Aspectos relevantes de Órganos similares al CAN que involucran a otras entidades

Entidades similares al CAN analizadas en la Investigación	Consejo Nacional de Aviación Civil de Ecuador, Junta de Aeronáutica Civil de Chile Junta de Aviación Civil de República Dominicana, El Consejo Aeronáutico Nacional de Honduras
Resumen de integrantes de los órganos analizados	Ministro de Transporte y Obras Públicas o telecomunicaciones Ministro de Turismo Ministro de Comercio Exterior Relaciones Exteriores; Desarrollo Social; Director de Aeropuertos, Concesionaria Dos representantes designados por el Presidente de la República. Consultor jurídico del Poder Ejecutivo Dos (2) especialistas en transporte aéreo (representantes del sector privado) Fuerza Aérea Director(a) General del Cuerpo Especializado en Seguridad Aeroportuaria Representante del sector turístico privado El Secretario de Estado en el Despacho de Turismo; El Secretario de Estado en el Despacho de Seguridad; Un representante de la Cámara de Hoteleros; Un representante de las Cámaras de Comercio e industrias; El Secretario de Estado en el Despacho de Defensa Nacional  I

Fuente: Cuadro comparativo de edición propia basado en información disponible en Internet.

**Tabla 2b:** Resumen de Aspectos relevantes de Órganos similares al CAN que involucran a otras entidades.

Resumen de Funciones de los Órganos analizados	<p>Fomento y desarrollo de la aviación civil comercial</p> <p>Promoción de un servicio adecuado de las empresas de transporte aéreo</p> <p>Establecimiento de una red de transporte aéreo como medio de desarrollo económico</p> <p>Creación y mantenimiento de los vínculos internacionales mediante la suscripción de acuerdos y convenios.</p> <p>Ejercer la dirección superior de la aviación civil</p> <p>Administrar las políticas de la aviación civil en el país.</p> <p>Representar al gobierno ante los organismos internacionales en materia aeronáutica.</p> <p>Calificar la reciprocidad de derechos que otorguen a las empresas aéreas nacionales los países extranjeros.</p> <p>Promover la facilitación del transporte aéreo internacional.</p> <p>Proporcionar estadísticas</p> <p>Registrar las tarifas</p> <p>Establecer y controlar los seguros de aeronaves comerciales.</p> <p>Definir las políticas y estrategias para el desarrollo del transporte aéreo en el país.</p> <p>Proponer al Poder Ejecutivo la adopción de reglamentos relacionados con los aspectos económicos del transporte aéreo.</p> <p>Recomendar al Poder Ejecutivo la fijación de tasas y derechos aeronáuticos.</p> <p>Identificar, concertar y proponer para consideración del Poder Ejecutivo las recomendaciones que coadyuven al logro de los objetivos de esta Ley, sin que ello implique quitar atribuciones de vigilancia, reglamentación y regulación con que cuenta la Dirección General de Aeronáutica Civil;</p> <p>Conocer los informes anuales y de operación de la Dirección General de Aeronáutica Civil, emitir opinión sobre los mismos sin perjuicio de las disposiciones que prescriba la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) sobre emisión y divulgación de informes sobre actividades de aviación civil de los estados miembros;</p> <p>Realizar acciones de control social con respecto a la gestión pública de la aeronáutica civil promoviendo las acciones respectivas en el marco de la Ley;</p> <p>Establecer la reglamentación interna para su funcionamiento; y,</p> <p>Desarrollar actividades de información y divulgación sobre los asuntos de su competencia y realizar otras acciones de concertación, propuesta y control social en el marco de la aeronáutica civil.</p>
--	---

Fuente: Cuadro comparativo de edición propia basado en información disponible en Internet.

**Tabla 2c:** Resumen de Aspectos relevantes de Órganos similares al CAN que involucran a otras entidades.

Logros alcanzados por algunos de estos órganos interinstitucionales	<p><b>Ecuador:</b> re-categorización (2006 categoría 1 luego de haber permanecido en la categoría 2 desde 1994); 2007 inició el Plan Nacional de Modernización de aeropuertos, sistemas de navegación y telecomunicaciones. Construcción del nuevo aeropuerto de Quito de los más importantes de su región.</p> <p><b>Chile:</b> suscripción progresiva de acuerdos de servicios aéreos con el objeto de liberalizar los cielos, lo que ha generado un marco regulador estable y el cual ha permitido que los operadores aéreos puedan establecer planes de negocio en condiciones confiables.</p>
---	--

Fuente: Cuadro comparativo de edición propia basado en información disponible en Internet.

Aunque el cuadro anterior muestra el funcionamiento de Órganos similares al CAN en Honduras, lo importante a resaltar es como la inclusión de distintas entidades, no específicamente aeronáuticas pero que de alguna forma se ven afectadas, con funciones diversas ha permitido el logro de metas significativas en materia de desarrollo de la aeronáutica Civil y es un punto interesante para ser replicado en nuestro país.

Las entrevistas realizadas al Director y Sub Director de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil mostraron un alto interés en la activación del CAN, indicando que se estaban llevando a cabo cambios en la estructura de la Agencia por la Comisión de Transición de la DGAC a AHAC descrito en Ley, donde hay una mayor participación por parte de la Secretaría de Estado en los Despachos de Seguridad y Defensa pero que estaba dentro de los planes de Aeronáutica Civil la implementación e incluso modificación del CAN según necesidades actuales, posiblemente durante la transición el enfoque sobre el CAN fue modificado y es por eso que aparecen derogados los artículos en las reformas propuestas. Entre los beneficios esperados de una mayor participación de distintos sectores se mencionan los siguientes: la Concesionaria podría estar al tanto de todo lo que pasa en el rubro aeronáutico, se crearían nuevos contactos y conexiones claves, se crearía mayor afinidad con los otros entes involucrados, formación de mejores profesionales para trabajar en la aeronáutica civil, incrementar estándares de seguridad operacional, conformación de SSP y SMS como lo exige la regulación de la aviación civil internacional, parte de las inversiones que se harían serían devueltas a la Concesionaria, se generarían más empleos porque se desarrollarían nuevas áreas para mejorar el servicio en mención.

Algunos de los temas considerados para analizarse en el CAN y que en este caso pueden tomarse en cuenta en reuniones con otras entidades antes de tomar una decisión aeronáutica están: Categorización del país, capacitación de personal técnico aeronáutico, manejo de presupuestos y Programas de capacitaciones, mejoras al sistema aeroportuario, planificación de futuras propuestas de aviación civil, designación de presupuesto para actividades específicas de aviación civil, agenda sobre supervisiones realizadas, revisión de metas y objetivos estratégicos y operacionales, estudios aeronáuticos para el desarrollo de la aviación civil, generación de empleos en el ambiente aeronáutico, atención al cliente, mejora de instalaciones y equipo, mejor supervisión de procedimientos aeronáuticos (plataforma, pistas, instalaciones), supervisión a líneas aéreas y a empresas concesionarias con más rigor, situación del personal y autonomía de la DGAC.

## DISCUSIÓN

La investigación realizada tenía como enfoque principal hacer un diagnóstico de la situación en que se encontraba el Consejo Aeronáutico Nacional de Honduras y la posibilidad de ser implementado; a medida que se ha considerado, evaluado y analizado el desarrollo de este tema de la mano con el proceso de transición de la Dirección General de Aeronáutica Civil a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil queda evidenciado que el proceso de implementación no está siendo considerado dentro de las decisiones de la Autoridad Aeronáutica; lo anterior no demerita que continúe siendo relevante el tema de inclusión de otras entidades como asesores o simplemente como proporcionadores de opinión de posibles impactos positivos o negativos, en cada rubro distinto al aeronáutico que se ve directa o indirectamente afectado por decisiones aeronáuticas.

En base a los argumentos expuestos se continúa considerando que es necesario que se incluya a otras entidades, no sólo a instituciones gubernamentales sino que también representantes de la sociedad civil; algunas de las que se sugiere sean consideradas son las cámaras de comercio e industria y cámara de turismo, Universidades, Fuerza Aérea, Concesionaria, Aerolíneas, Secretaría de Industria y Comercio, Empresa privada, Escuelas de aviación, Ministerio Público.

La inclusión de otras entidades debe seguir siendo responsabilidad del Estado, principalmente a través de la Autoridad Aeronáutica con el objetivo de que las decisiones tomadas desde la Dirección estén bien asesoradas. Posiblemente exista resistencia por parte de la misma Autoridad a la inclusión de otras entidades en la toma de decisiones por no querer discutir ciertos temas con organizaciones externas y por tanto no desean la intromisión en sus asuntos, pues podrían

considerar les producirían complicaciones legales, administrativas, etc, esto parece estar evidenciado en la intención de derogar los artículos de la Ley de Aeronáutica civil que hablan del CAN, pero es posible también que se esté considerando a través de otra estrategia administrativa la inclusión de otras entidades y que sean desconocidas por el autor.

## CONCLUSIONES

El Consejo Aeronáutico Nacional al año 2015 existía solamente según la Ley de Aeronáutica Civil, no se contaba con evidencias de su funcionamiento; y en las reformas a la Ley de Aeronáutica Civil que están siendo propuestas actualmente por la Autoridad Aeronáutica se eliminan los artículos que hablan sobre el CAN por lo que se deduce no hay interés alguno en su implementación o en su defecto la estrategia de la nueva Agencia implica inversión en recursos y personal para otras actividades.

No se tiene información que evidencie la incorporación formal de entidades, distintas a la Autoridad Aeronáutica y el involucrado directo en cada caso (Concesionaria en temas de infraestructura y operaciones de los aeropuertos internacionales, Aerolíneas en caso de apertura de nuevas rutas y similares).

Se conoce la existencia de convenios que puedan abrir oportunidades para asesorías de expertos nacionales y/o internacionales, más se desconoce si se están implementando de manera conjunta con entidades que se vean afectadas por estos mismos convenios.

Aún cuando el CAN no sea el órgano en que convergen distintas entidades no directamente relacionadas con la Aeronáutica Civil pero afectadas por las decisiones de este rubro, es necesario considerar la opción de incluirlas en la toma de decisiones de la Aeronáutica Civil del país ya se a través del uso de Ministerios, Comités u otras organizaciones ya existentes que reúnan a gran parte de los afectados por dichas decisiones.

La investigación evidencia que el involucramiento de entidades diversas como Turismo, Relaciones exteriores, Concesionarias y otros han logrado el cumplimiento de logros realmente importantes en materia de desarrollo de la Aeronáutica Civil de otros países y que ameritaría ser replicadas en Honduras, considerando que hay disponibilidad de información pública sobre la implementación en otros países y sus casos de éxito y aprovechando los convenios de cooperación internacional existentes entre países.



## PROPUESTAS

Realizar una investigación profunda, objetiva y precisa sobre otras opciones de inclusión de entidades no directamente relacionadas con la Aeronáutica Civil, pero que se ven afectadas por las decisiones en torno a ella, distintas a Órganos similares al CAN. Algunos temas que se sugiere se deberían considerar para nuevas investigaciones sobre la inclusión de otras entidades en la toma de decisiones en Aeronáutica Civil en Honduras incluyen: Estrategias entre dependencias del estado y dependencias privadas involucradas con el rubro aeronáutico, Aspectos en los que debería ser fortalecida la Autoridad Aeronáutica para hacer frente a un escenario con una mayor apertura para entidades relacionadas.

Hacer un estudio sobre herramientas tecnológicas disponibles a nivel nacional o internacional que permitan que la Autoridad Aeronáutica pueda obtener información clave de la entidades que podrían verse afectadas por determinada decisión sin necesidad de invertir tiempo y recursos en formar un órgano específico para ello.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ulloa Cadalso, A., & Flores Moncada, A. (2016). El Consejo Aeronáutico Nacional: Análisis de su situación actual en el marco institucional de la Aeronáutica Civil Hondureña. *Ciencias Espaciales*, 7(2), 74-95. doi:<http://dx.doi.org/10.5377/ce.v7i2.2521>
- Ley de Aeronáutica Civil de Honduras, Congreso Nacional de Honduras 19.05.2004.
- Ley de Aeronáutica Civil de Republica Dominicana, Congreso Nacional de República Dominicana 22.11.1969.
- Ley de Aviación Civil de la Republica Dominicana, Congreso Nacional de República Dominicana 28.12.2006.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (op. 2010). *Metodología de la investigación* (5a. ed.). México, Madrid [etc.]: McGraw-Hill.
- Fusiona y reorganiza diversos servicios relacionados con la aviación civil. Leyes de la Contraloría General de la República de Chile (Ministerio de Hacienda de Chile 06.04.1960).

- Espacio Ecuador. *Consejo Nacional de Aviación Civil de Ecuador*. 2014. Página web. <http://www.cnac.gob.ec/>
- *Junta de Aeronáutica Civil de Chile*. 2014. Página web.<http://www.jac-chile.cl>
- Oficina Presidencial de Tecnologías de la Información y Comunicación (OPTIC). *Junta de Aviación Civil de República Dominicana*. 2014. Página web.<http://www.jac.gob.do>
- *Dirección General de Aeronáutica Civil de Honduras*. Asesoría Legal. 2014. Página web.<http://www.dgachn.org/asesorialegal.html>

# *Consideraciones sobre el marco regulatorio del peligro aviar en aeródromos de Honduras*

Alex Matamoros  
Carlos Roberto Torres

## **Resumen**

La finalidad del presente artículo es hacer una revisión del marco normativo del peligro de impacto con fauna silvestre en aeropuertos y aeródromos, en tres niveles: en lo que corresponde la OACI como encargada de la aplicación y modificaciones al Anexo 14, en lo relacionado con las autoridades nacionales a quienes corresponde la emisión de Reglamentos de Aeronáutica Civil para los aeropuertos del País y por último en lo que compete a cada uno de los aeropuertos quienes planifican, gestionan y ejecutan la aplicación práctica de la mencionada reglamentación. La Metodología utilizada se desarrolló en dos momentos, en primer lugar se profundizó en algunos de los aspectos abordados en el artículo "Identificación de los factores de atracción de fauna silvestre en las proximidades del Aeropuerto Toncontín"(Matamoros, 2015); en segundo lugar, se hizo una revisión del Anexo 14 y de la normativa aplicable a la prevención del peligro aviar en la aeronáutica. Se puede considerar como el principal resultado el haber hecho una primera aproximación a la condición en la que se encontraba el uso de la normativa consultada en el Estado de Honduras por parte de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil y la Concesionaria Inter Airports administradora de los cuatro aeropuertos internacionales de Honduras, al momento de hacer el presente estudio. Se destaca de las conclusiones el llamado a desarrollar un trabajo conjunto entre la Autoridad Aeronáutica como ente regulador, la Concesionaria Inter Airport como encargada de los aeropuertos internacionales de Honduras y la UNAH, a través del Departamento de Biología quienes actualmente están finalizando un diagnóstico de la presencia de fauna en el Aeropuerto Ramón Villeda Morales de San Pedro Sula.

**Palabras clave:** Peligro por Fauna, marco regulatorio, planificación.

## Abstract

The purpose of this article is a revision of the regulatory framework of the impact hazard to wildlife in airports and aerodromes, on three levels: the first one corresponding ICAO Implementation and Amendments to Annex 14, the second level is in relation to the National Authorities who are responsible for issuing Civil Aviation Regulations for the country's airports and, finally in relation to Each One of the Airports. The methodology used has been the Consultation in two phases, first it was made a review of some aspects of the related issues discussed at the report "Identification of the Factors Attracting wildlife near the Toncontin Airport" (Matamoros, 2015); also was made a review on the ICAO Annex 14 and on the applicable normative for the prevention of avian danger in the aviation. It can be considered the main result is have made a first approach to the status of implementation of the regulations consulted in the State of Honduras by the Honduran Civil Aviation Agency and InterAirports, manager of Four International Airports in Honduras. An outstanding conclusion is the call to develop a joint work between the Aeronautical Authority as regulator, the Concesionaria Inter Airport as manager of the International Airports of Honduras and the National Autonomous University of Honduras through the biology department who are recurrently ending a diagnosis of the presence of wildlife in Ramón Villeda Morales airport in San Pedro Sula.

**Keywords :** Danger Wildlife , regulatory framework , planning

---

**Alex Matamoros**, (amatamoros@unah.edu.hn), Departamento de Ciencias Aeronáuticas, FACES/UNAH. **Carlos Roberto Torres** (Kriegsmarine21@gmail.com), Consultor Independiente en Temas Aeroportuarios.

## INTRODUCCIÓN

El documento de constitución de la OACI es el convenio de Chicago de 1944, después de este año se han venido reglamentando los principales ámbitos de la aeronáutica mediante Anexos que contienen normas, definiciones y orientaciones operativas recomendadas; el Anexo 14 dedicado a la planificación, construcción y administración de aeródromos y helipuertos, en su volumen I Diseño y Operaciones de Aeródromos (OACI, 2009), reglamenta las medidas de mitigación del peligro por choque de aeronaves con fauna silvestre.

El propósito del presente artículo es hacer un segundo acercamiento al cumplimiento de la reglamentación OACI en Honduras en lo relacionado con peligro por fauna en los aeródromos, una primera aproximación fue hecha en una primera investigación, relacionada con la identificación de puntos de atracción de fauna en el Aeropuerto Toncontín de Tegucigalpa. Se cumple el propósito asignado, presentando los siguientes productos: 1) una síntesis de los requerimientos de cada uno de los principales documentos que contienen la reglamentación relacionada con el manejo de peligro por fauna; 2) un repaso de la forma en la que el Estado de Honduras ha adoptado la reglamentación presentada; 3) un resumen de los aportes de los participantes en la socialización de los resultados de investigación sobre puntos de atracción de fauna en Toncontín, hecha en la UNAH en 2015 4) un repaso de los requerimientos para la concesionaria Inter Airports y para la Autoridad Aeronáutica para atender el marco regulatorio sobre mitigación de riesgos de impacto de aves con aeronaves y 5) las conclusiones de la entrevista hecha al biólogo de la Concesionaria Inter Airports encargado de la mitigación del peligro por impacto de aves con aeronaves.

Partiendo del Anexo 14 como regla fundamental se estipulan para los países parte de OACI, primero, un Manual de servicios de aeropuertos que en su parte 3, regula la forma en que se debe mitigar el peligro que representan las aves para las operaciones de un aeródromo, en segundo lugar un manual para la sistematización de las notificaciones de impactos con aves; en base a estos documentos corresponde a las autoridades aeronáuticas nacionales establecer planes nacionales de mitigación del peligro de choque con aves en los aeropuertos nacionales; corresponde a los explotadores de aeropuertos y aeródromos elaborar programas de mitigación para cada uno de los aeropuertos administrados. La necesidad de previsiones por parte del Estado para la mitigación del peligro aviario y el llamado a la participación en estas iniciativas de distintos actores con presencia en el aeropuerto hacen el tema de fondo tratado en el presente artículo, una prioridad de estudio.

Se cierra el artículo presentando cuatro conclusiones que evidencian la necesidad de continuar la presente investigación recogiendo información de los principales responsables de la aplicación de la reglamentación OACI en Honduras para conocer el nivel actual de aplicación del programa de mitigación del Aeropuerto Toncontín y las labores sobre prevención de peligro aviar de los demás aeropuertos. Esta revisión debe partir de dos supuestos: la Concesionaria se ha ocupado del tema de prevención y puede mejorar su desempeño, en cambio se constata una menor dedicación por parte de la Autoridad Aeronáutica que debe ser fortalecida institucionalmente para poder asumir su rol regulador.

## **METODOLOGÍA**

### **Revisión bibliográfica**

El punto de partida de la presente investigación fue una revisión bibliográfica de la reglamentación relacionada con el peligro aviar. El principal referente para este caso es el Anexo 14 de OACI sobre Aeródromos de OACI que expone un amplio abanico de temas relacionados con la planificación, construcción y aditamentos para el funcionamiento de aeropuertos y helipuertos. De esta base parten los documentos relacionados, revisados en este artículo, el Documento 9137 de OACI, denominado Manual de Servicios de Aeropuertos. Parte 3 Control y Reducción del peligro que representan la Fauna Silvestre; el Documento 9332 denominado Manual sobre el sistema de notificación de la OACI de los choques con aves, y la Regulación de Aeronáutica Civil RAC-139 de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, sobre Certificación y Operación de aeródromos.

### **Revisión de los contenidos del primer trabajo de investigación**

Los contenidos de este artículo implicaron una revisión de una primera investigación que tuvo su énfasis en las condiciones presentes en el Aeropuerto Internacional Toncontín que pueden incentivar la presencia de fauna en la zona y que podría representar un peligro para las operaciones de las aeronaves en tierra o durante la aproximación, el aterrizaje o el despegue. En esa ocasión se contó con la colaboración de un especialista en temas aeroportuarios quien consideró que era oportuno hacer una nueva revisión del marco regulatorio y de una bibliografía representativa del campo, para establecer una base conceptual que fuera conocida y considerada en forma conjunta por AHAC y la UNAH; establecido un acuerdo sobre la reglamentación aplicable a este campo, se podrán examinar los niveles

de cumplimiento alcanzados y el papel que correspondería a todos los actores involucrados en un proceso de seguimiento a la mitigación de condiciones que facilitan los impactos de aves en aeronaves a nivel nacional.

### **Entrevistas a un especialista del tema y otras colaboraciones**

Se obtuvo la colaboración de dos especialistas, en primer lugar se aplicó una entrevista semi estructurada al Biólogo encargado de la prevención del peligro de impactos de aeronaves con fauna del Aeropuerto Villeda Morales de San Pedro Sula que tiene su sede de trabajo en este Aeropuerto y que cuenta con coordinaciones con el personal de seguridad aeroportuaria asignado a los demás aeropuertos que administra la concesión; en este caso se hizo una transcripción de la entrevista realizada para después aplicar a las respuestas una matriz de análisis para identificar las principales aportaciones y las conclusiones derivadas de las respuestas. El Segundo especialista es un consultor en temas aeroportuarios y sus colaboraciones se incorporan en el presente artículo como orientaciones para mejorar los aportes de los resultados y las conclusiones expuestas. El consultor mencionado se reporta como coautor del presente trabajo.

Fueron de mucha importancia los aportes derivados tanto de la experiencia del Biólogo de la Concesionaria quien lleva en esa labor más de tres años como del consultor quien ha laborado por más de cinco años en los aeropuertos internacionales de Honduras y ha presentado consultorías para distintos aeropuertos en Latinoamérica.

## **RESULTADOS**

### **Resumen de lo que proponen las reglamentaciones para el manejo del peligro aviar**

La prevención de incidentes y accidentes ocasionados por choques entre aves y aeronaves está contemplada en un marco regulatorio internacional el cual debe ser reflejado en una reglamentación interna de los estados partes de la OACI. Posteriormente los operadores de aeropuertos deben asumir la planificación de medidas de mitigación de peligro por fauna por medio de programas de prevención para cada uno de los aeropuertos operados. Para la presente investigación se examinaron dos documentos que fungen como instructivos de reporte a nivel mundial y uno de aplicación nacional; los documentos internacionales son el *Manual de Servicios de Aeropuertos (Doc 9137-AN898). Parte 3 Reducción del*

*peligro que representan las aves, el Manual sobre el sistema de notificación de la OACI de los choques con aves (DOC 9332), el documento nacional es la Regulación de Aeronáutica Civil. RAC-139. Certificación y operación de aeródromos. El documento 9137-AN898 toma en cuenta el imperativo del Anexo 14 de OACI sobre Aeródromos, según el cual los Estados están obligados a crear condiciones que minimicen la presencia de aves en los aeródromos. En este sentido ofrece orientaciones para crear un sistema que mitigue la presencia de aves en espacios de los aeródromos en donde puedan representar un peligro para las operaciones aeroportuarias (OACI 2012).*

**Tabla 1:** Instancias de aplicación de Normativa OACI en el ámbito nacional (elaboración propia en base a Doc 9137 OACI).

Instancia de coordinación	Tipo de decisiones	Funciones
Sede Nacional	Definición de políticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formula orientaciones, normas y directrices en consulta con autoridades regionales.</li> <li>- Recomienda medidas biológicas y biotécnicas aplicables a los entornos naturales de los aeropuertos.</li> <li>- Establece los comités de protección.</li> </ul>
Oficina regional	Dirección, técnica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intermediar entre la Sede Nacional y el personal del Aeropuerto.</li> <li>- Coordinación de actividades con las Autoridades relacionadas con los aeropuertos.</li> <li>- Planifica actividades de mitigación de peligro a largo plazo.</li> <li>- Ofrece recomendaciones técnicas para ejercer actividades de control.</li> </ul>
Jefe de Aeropuerto	Técnica y operativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoptar las medidas necesarias para la aplicación de políticas de control del peligro aviar mediante programa de limitación de avifauna.</li> <li>- Hace seguimiento a las medidas programadas.</li> <li>- Designa al coordinador de programa, un oficial de control y un comité de control de peligro aviar.</li> </ul>
Coordinador de programa y comité de limitación de fauna silvestre.	Operativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reúne y capacita orienta a todas las dependencias del aeropuerto que pueden colaborar en la restricción de la presencia de aves.</li> <li>- Determina los responsables de cada una de las oficinas implicadas en la restricción de presencia de aves.</li> <li>- Coordina actividades de restricción de aves en el aeropuerto.</li> <li>- Examina notificaciones de choque, informes de mantenimiento y otros registros relacionados para establecer planes de restricción de largo, mediano y corto plazo.</li> </ul>



La mitigación de la presencia de aves en el recinto aeroportuario es parte de un sistema de seguridad operacional cuyo buen funcionamiento está garantizado por la participación activa de los principales intervinientes de un sistema aeroportuario; en consecuencia es vital que todos reporten información fidedigna; esto incluye a pilotos, explotadores de aeronaves y en general, todo el personal que interactúa en el aeropuerto o aeródromo. Para efectos de brindar esta información OACI propone un formato de notificación de accidentes muy específico que incluye aspectos referentes a la aeronave impactada, las circunstancias en las que se dio el impacto, las partes de la aeronave afectada y las consecuencias para el vuelo, entre otras.

El Documento *DOC 9332*, por su parte, establece un sistema de notificaciones sobre choques entre una aeronave y una o varias aves con la intención de establecer un control para este tipo de colisiones y mantenerlo al alcance de los distintos usuarios interesados. Este sistema es explicado por medio de este manual en el que se describen entre otros conceptos y temas, las claves que se utilizan y los tipos de datos notificados. El modelo ofrecido, así como las codificaciones y los documentos a utilizar son sugeridos a los Estados, quienes pueden establecer, en base a lo propuesto, sus propios códigos y su propio sistema (OACI, 1990).

Por último la *RAC-139*, incorpora a la reglamentación de la aviación civil de Honduras lo establecido en el Volumen I del Anexo 14 de la OACI sobre certificación y operación de aeródromos; en tal sentido incluye una gama completa de aspectos que deben respetarse para la planificación, construcción, administración y manejo de aeródromos. También se trata el tema de reducción de peligro debido a las aves y otros animales, en el apartado RAC 139.337, en donde se establece que son obligaciones del operador de aeródromo: "Proveer o facilitar un estudio de fauna, a efecto de tomar las acciones pertinentes para minimizar los riesgos debidos a aves u otro tipo de animales" que identifique las especies existentes en el aeródromo, número, localidad, movimientos locales diarios y por estación, y ocurrencia de observaciones de animales; del aeródromo y de las cercanías del aeródromo la identificación, localización y demás aspectos descriptivos; la descripción de cualquier peligro de animales para las operaciones aéreas; el mecanismo de actualización periódica de información; los criterios de entidades públicas y privadas afectadas. Corresponde a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil establecer si será necesario elaborar un plan de gestión de la fauna, éste plan debe contener, 1) personas encargadas del plan; 2) prioridades para el cambio de hábitat y los cambios del uso de la tierra identificada en el estudio de fauna, y fechas propuestas para cumplir el plan; 3) Información a ser enviada a las entidades públicas que

emiten los permisos para el control de vida silvestre; 4) Identificación de los recursos que debe proveer el operador del aeródromo para la implementación del plan; 5) procedimientos y encargados de aplicarlos durante inspecciones físicas en áreas críticas por posibles peligros con animales, en dichas inspecciones se debe verificar medidas de control de animales, medios de comunicación efectiva entre el personal del operador del aeródromo, encargado del control de animales y los Servicios de Control de Tránsito Aéreo del aeródromo; 6) Procedimientos para la evaluación y revisión al menos cada 12 meses, los aspectos mínimos a evaluar serán, la efectividad del plan, las partes del plan que deben ser reevaluados, 7) un plan de entrenamiento para llevar a la práctica el plan. 8) los integrantes del comité de peligro aviar.

Se agrega que el operador del aeródromo debe mantener vigilancia para evitar la presencia de vertederos de basura con atractivo potencial para aves, en un radio de 13 kilómetros(8millas) en todas las direcciones del aeródromo; en el caso de que hubiese este tipo de vertederos se debe demostrar que no poseen atractivo, de lo contrario deberá notificar a la Autoridad Aeronáutica de la existencia de estos lugares por medio del Comité Nacional de Peligro Aviario y Fauna Silvestre.

**Tabla 2.** Finalidad de los principales documentos para la aplicación de Normativa OACI.

Documento	Finalidad	Entidad Responsable
1. Manual de Servicios de aeropuertos (Doc 9137)	Orientar los Estados parte de OACI en la creación de sistemas que limiten la presencia de aves en espacios de los aeródromos en donde puedan representar un peligro para las operaciones aeroportuarias, recomendar la conformación de comités de prevención y la planificación de mitigación de atractivos para aves.	Organización de la Aviación Civil Internacional.
2. Manual sobre el sistema de notificación de la OACI de los choques con aves (DOC 9332)	Establecer un sistema de notificaciones sobre choques entre una aeronave y una o varias aves con la intención de establecer un control para este tipo de colisiones; describen, las claves que se utilizan y los tipos de datos notificados. El modelo ofrecido, así como las codificaciones y los documentos a utilizar son sugeridos a los Estados.	Agencia Hondureña de aviación Civil y operadores de aeropuertos.
3. RAC-139. Certificación y operación de aeródromos.	Incluye las obligaciones del operador de aeropuerto sobre reducción de peligro debido a las aves y otros animales.	Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil en coordinación con operadores aéreos.
4. Plan Nacional de prevención del peligro de impactos con fauna en aeropuertos.	Definición u orientación de políticas que orienten las actividades y tareas a desarrollar para la prevención de fauna en los aeropuertos; implica ofrecer a los usuarios de la industria e institucionalidad aeronáutica información que permita limitar la presencia de avifauna en los aeropuertos; orientar la elaboración de planes de manejo de fauna, diagnósticos del peligro que representan las aves para las operaciones aéreas y aglutinar entes vinculados con la prevención para acompañar procesos de ejecución de planes, entre otras.	Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil en coordinación con operadores aéreos.
5. Programa de reducción de impacto con fauna	Presentar para cada aeropuerto administrado, las acciones y procedimientos que corresponde a las instituciones y personas que interactúan en este ámbito para prevenir y mitigar los riesgos asociados a la presencia de fauna, atendiendo lo dispuesto por la autoridad aeronáutica en el plan nacional; esto incluye una línea base de la fauna existente en espacios en los que pueda representar algún peligro para las operaciones aeronáuticas, los componentes operativos del programa incluyendo, el fortalecimiento de los actores involucrados para la gestión del riesgo, la forma en que se llevará a cabo el diagnóstico y monitoreo del riesgo por fauna, el sistema de información para reportes, el control y reducción del peligro ocasionado por la presencia de fauna, la comunicación y capacitación y, los formatos para la planeación y monitoreo del programa.	Operador aéreo encargado del aeropuerto o aeródromo.

Fuente: Elaboración propia en base a documentos normativos y operativos.

## Adopción de la reglamentación por las Autoridades Nacionales

Una vez adoptada la reglamentación internacional sobre peligro aviar, corresponderá a las Autoridades Aeronáuticas la conducción de las medidas necesarias para su implementación en términos operativos. La función principal de la Autoridad Aeronáutica con respecto a la prevención de impactos por aves en aeropuertos es

el establecimiento de un plan nacional que operativice todo lo relacionado con el tema. Entre los objetivos de un plan de prevención está en primer lugar la definición u orientación de políticas que orienten las actividades y tareas a desarrollar para la prevención de la presencia de fauna en los aeropuertos; a esta finalidad básica se pueden agregar los objetivos de ofrecer para usuarios específicos de la industria e institucionalidad aeronáutica información que permita la presencia de avifauna en los aeropuertos, orientar la elaboración de planes de manejo de fauna, incentivar y orientar diagnósticos del peligro que representan las aves para las operaciones aéreas, orientar la elaboración de inventarios de los factores de atracción de avifauna en los aeropuertos, divulgar la normativa relacionada con el tema y aglutinar a las entidades y personas vinculadas con la prevención para acompañar procesos de ejecución de planes, entre otras. En síntesis este plan es “una guía completa de las políticas adoptadas por la Entidad (la Autoridad aeronáutica) para la prevención de los impactos entre aeronaves y representantes de la fauna” (Unidad Administrativa especial de Aeronáutica Civil, Colombia, 2008).

Una de las modalidades que pueden asumirse para la incorporación de la reglamentación internacional sobre peligro por fauna, es la edición de guías para la elaboración de estudios de riesgo de impactos con aves en Aeropuertos. Este tipo de guías ofrece orientaciones para la elaboración, por parte de los operadores aeroportuarios, el análisis de riesgo de impactos de aves con aeronaves. Se aporta una metodología para identificar los riesgos existentes y aplicar las medidas de mitigación de los riesgos identificados. Se dice que los resultados del estudio generado deben integrarse a los sistemas de gestión de riesgo del aeropuerto y ser revisados periódicamente para actualizar sus datos y medir la eficacia de las medidas derivadas de las conclusiones y recomendaciones ofrecidas (AENA, 2013). Según la guía el informe debe contemplar como contenido sustancial, un diagnóstico y análisis de ámbito de estudio, la identificación de los peligros encontrados en los términos que lo establece la reglamentación correspondiente, una descripción analítica de los riesgos percibidos y documentados en la que se incluyan hallazgos que cuantifiquen las probabilidades de colisión y la gravedad de los daños reales o potenciales, el análisis también incluye el establecimiento de niveles de riesgo; se espera además que el informe contenga el detalle de las medidas de mitigación de los riesgos reportados y analizados, dichas medidas deben ocuparse al menos de la gestión del hábitat, la exclusión, expulsión y captura o eliminación de fauna, así como de otras medidas consideradas necesarias. Dos aspectos más a incluir en el informe son la periodicidad con la que se evaluará la aplicación de medidas en términos de actualización de datos y efectividad de las medidas implementadas y las conclusiones.

Además se puede reglamentar el desarrollo de estudios específicos aplicados al peligro aviar, en cuyo caso al protocolo de investigación se agrega la inclusión de datos estadísticos de la presencia de aves, incluyendo números aproximados de sujetos, lugares de avistamiento, fechas y horas del día de su avistamiento, características de las especies observadas, entre otros (AENA, 2013). Este tipo de estudios requieren también el análisis de los riesgos generados por presencia de aves y una propuesta de medidas de mitigación del peligro en términos de gestión del hábitat del entorno aeroportuario, exclusión y expulsión de fauna, captura o eliminación; así como periodicidad.

Sin embargo, todas las actividades de prevención que se lleven a la práctica en cada uno de los aeródromos que se rijan por un plan nacional de prevención, se deben reflejar en un programa de reducción de impacto con fauna que tome en cuenta las características específicas del aeropuerto para el cual fue diseñado. Se trata de un documento técnico específico que presenta las acciones y procedimientos que corresponde a las instituciones y personas que interactúan en un aeropuerto para prevenir y mitigar los riesgos asociados a la presencia de fauna en un aeródromo o aeropuerto, atendiendo lo dispuesto por la autoridad aeronáutica en el plan nacional. Normalmente este documento incluye una línea base de la fauna existente en espacios en los que pueda representar algún peligro para las operaciones aeronáuticas, es un “diagnóstico de amenaza por presencia de fauna silvestre peligrosa para la aviación” (Restrepo-Calle, 2009, citado en OPAIN, 2010); seguidamente se presentan los componentes operativos del programa incluyendo, el fortalecimiento de los actores involucrados para la gestión del riesgo, la forma en que se llevará a cabo el diagnóstico y monitoreo del riesgo por fauna, el sistema de información para reportes, el control y reducción del peligro ocasionado por la presencia de fauna, la comunicación y capacitación; por último se establecen los formatos para la planeación y monitoreo del programa.

### **Aportes de los participantes en la socialización de los resultados de investigación sobre puntos de atracción de fauna en Toncontín**

Durante el año 2015 en ocasión de la socialización en la UNAH de la investigación “Identificación de los factores de atracción de fauna silvestre en las proximidades del Aeropuerto Internacional Toncontín”, se tuvo la oportunidad de intercambiar opiniones con distintos profesionales y técnicos relacionados con el tratamiento desde la práctica del peligro aviar en aeropuertos. Entre otros participantes se contó con la presencia de personal encargado de la seguridad operacional de Toncontín y con un docente que a la fecha se encontraba apoyando por parte del

Departamento de Biología de la UNAH, el levantamiento de un inventario de la fauna en el Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales de San Pedro Sula, hasta aquel momento la investigación se encontraba más o menos a la mitad de su elaboración. A continuación se presentan los principales aportes hechos por los participantes en este evento:

- Una representante de la Concesionaria Inter Airports explica que este consorcio ya cuenta con un programa de mitigación del peligro aviar para el Aeropuerto Toncontín y que se tiene noticia del proceso de elaboración que se está llevando a cabo en los otros tres aeropuertos internacionales, se recuerda que los cuatro Aeropuertos están siendo administrados por una misma Concesionaria. Al momento de la participación, el programa de Toncontín, se encontraba en la fase de implementación, por lo cual el expositor explicaba que era este el mejor momento para incorporar a todos los actores relacionados con la prevención de incidentes y accidentes por colisión de aves con aeronaves, puesto que la mayor participación es un garantía de éxito en términos de eficiencia en la aplicación del programa.
- De otros comentarios se constata la centralidad de la colaboración del Estado, puesto que este debe asumir su rol de generador y gestor de políticas por medio de un Sistema Nacional de prevención al cual deben orientarse todos los programas de prevención, de los cuales debe existir uno por cada aeropuerto.
- Ilustrando de otra manera la centralidad del estado en el proceso de adopción de la reglamentación internacional sobre prevención del peligro aviar se explica que en el caso de Toncontín uno de los principales puntos de atracción de aves y otros animales es la base de la Fuerza Aérea, debido a la poca atención que se presta al manejo adecuado de sus áreas verdes; por otra parte la Concesionaria no puede por sí sola provocar la remoción de los depósitos de residuos que podrían representar otro atractivo importante para aves, roedores y otros animales; corresponde al Estado la reubicación o la vigilancia de los depósitos de basura y el ordenar a la Fuerza Aérea para que mejore el mantenimiento de las propias áreas verdes.
- Se comenta que una forma de implementar los programas de prevención en cada uno de los cuatro aeropuertos internacionales de Honduras, garantizando en alguna medida la correcta implementación en términos de efectividad, es capacitar a los actores directamente involucrados con el apoyo de especialistas con experiencia; lo ideal sería que se replicara la formación recibida por los encargados de seguridad operacional de los cuatro aeropuertos internacionales,

incluyendo visitas de campo atendidas por equipos interdisciplinarios con integrantes de las empresas y de la institucionalidad del Estado relacionada directa o indirectamente con el tema de seguridad operacional aeronáutica.

### **Condiciones necesarias para atender los requerimientos de un marco regulatorio sobre mitigación de riesgos de impacto de aves con aeronaves**

En el caso de Honduras se puede hacer una lista de instituciones y profesionales relacionados con el tema de prevención de peligro aviar que incluiría pilotos, líneas aéreas, servicios de groundhandling, las escuelas de vuelo, entre otras; sin embargo, consideramos que dado el momento que se está viviendo de inicio de implementación del programa de prevención, el grueso de las responsabilidades recae sobre dos grandes actores: la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil y la Concesionaria Inter Airports, ambos entes tendrían que conformar un núcleo que incorpore activamente a los demás actores.

Por su parte la Concesionaria está cumpliendo con lo que le corresponde incorporando la prevención del peligro aviar dentro de su sistema de manejo de la seguridad en las operaciones (SMS por sus siglas en Inglés), asignando un biólogo encargado para este tema que aunque tiene sede en San Pedro Sula está coordinando a nivel nacional, y dando la formación oportuna y necesaria a su personal para atender el tema, de hecho se tiene noticia de que el personal de seguridad ha sido capacitado por el profesional que conduce el proceso de programa de prevención en el Aeropuerto Internacional de Comalapa en El Salvador, se sabe que el entrenamiento incluyó visitas a los lugares del entorno aeroportuario en donde existe mayor potencial de choques entre aves y aeronaves en el entorno del aeropuerto Toncontín.

A nivel de País le corresponde a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil tomar la iniciativa y ejercer control sobre el tema, sin embargo se constatan una serie de limitantes que obstaculizan a esta institución asumir su rol:

- El país no cuenta con un Sistema Nacional de Gestión de la Seguridad Operacional dentro del cual se debería incluir un capítulo dedicado al peligro aviar, para cumplir así lo establecido en el RAC 139 con respecto al tema, en términos de exigir cumplimiento a la Concesionaria.
- Se debe contar con un programa de auditorías de cumplimiento de los programas de prevención que deberían estar operando en los cuatro

aeropuertos internacionales de Honduras; hasta ahora las evaluaciones de estos programas deben ser hechas por la misma concesionaria.

- Por lo visto no se cuenta con personal entrenado para que divulgue la importancia y la necesidad de contar con medidas programadas de prevención de choques entre aves y aeronaves; esto implicaría no sólo el conocimiento de los formatos de reporte que deben ser llenados en los distintos niveles, sino también la aplicación de auditorías de cumplimiento de medidas.
- Es una obligación del Estado, como lo indica el Documento 9137 de OACI, entregar reportes periódicos de impactos y se sabe que estos reportes han sido entregados como está establecido, sin embargo, los datos recabados no están siendo utilizados como insumo para analizar los alcances que pueden tener los impactos, hasta ahora no se percibe periodicidad en la entrega de esta información a los usuarios nacionales y la Autoridad Aeronáutica sólo ha hecho comparecencias cuando se han suscitado incidentes considerables. En opinión de los autores del presente artículo, un aspecto que se debe cuidar en este caso es el de no divulgar datos o información que pueda ser manipulada por los medios de comunicación afectando negativamente el manejo de la seguridad en los aeropuertos al atribuir al concesionario, la responsabilidad por los incidentes o accidentes.

### **Principales aportes de la entrevista realizada al encargado de fauna de Inter Airports.**

La concesionaria Inter Airports se ha ocupado del tema de prevención del peligro por fauna en aeropuertos desde hace al menos tres años, es decir desde el momento en que contrató por primera vez un biólogo para colocarlo como encargado del tema. Este profesional fue entrevistado en el Año 2014 ya continuación se ofrece un resumen los principales aportes hechos de esta consulta:

1. El trabajo en liderar, dirigir y gestionar está recayendo principalmente sobre el biólogo que sólo en el caso del Aeropuerto de San Pedro Sula cuenta con un equipo de apoyo.
2. A partir de los contactos que se han hecho hasta la fecha, se puede establecer un equipo de trabajo que contaría con la participación de un amplio espectro de instituciones relacionadas con el tema.



3. El contacto que se ha hecho con varios actores involucrados o por involucrarse en el tema facilitará la elaboración de planes estratégicos y operativos en este campo.
4. Se entiende que el peligro aviar es mayor en Tegucigalpa por la existencia de numerosos botaderos situados en zonas subyacentes al cono de aproximación al aeropuerto.
5. Solamente con zopilotes se han dado incidentes de los que se tiene registros, pero no una estadística específica. Para conocer datos sobre la potencialidad de peligro de otros tipos de aves se tendría que hacer otro tipo de estudios, para los cuales por ahora no se tiene una disposición de recursos.
6. La obligación de respetar la biodiversidad, no parece ser un obstáculo significativo en la labor de disminuir el peligro aviario puesto que cuando se presentó, se pudo solventar con facilidad.

## DISCUSIÓN

La aeronáutica en lo que respecta a los aeropuertos es un campo con reglamentación suficiente para contar con orientaciones y eventualmente indicaciones para las actividades operativas más importantes; esta aseveración se cumple también con la prevención del peligro aviar que cuenta con una base conceptual y orientaciones para la elaboración de políticas, muy claras en el anexo 14 de la OACI. Esta claridad se refleja además en los documentos que se derivan del mencionado anexo, guían su aplicación desde los más altos niveles, es decir la OACI como instancia de la Naciones Unidas, hasta los niveles puramente operativos, es decir el personal encargado de seguridad de los aeropuertos.

Los elementos a tomar en cuenta para establecer un programa de prevención del peligro que puede representar la fauna para un aeropuerto son múltiples; sin embargo, dados los costos que pueden acarrear las actividades implicadas es de esperarse que sean determinantes las variables relacionadas con la rentabilidad del aeropuerto o aeródromo en cuestión. Esto constituye un primer obstáculo de implementación de las medidas a proponer puesto que existen aeródromos en el país que funcionan en contextos geográficos ricos en flora y fauna que no cuentan con una rentabilidad que permita el establecimiento de los controles necesarios para mitigar el peligro por aves.

## CONCLUSIONES

1. La presente investigación fue una revisión prevalentemente bibliográfica a partir de la cual se pueden elaborar instrumentos de consulta para examinar el tema de la prevención de peligro de choque entre aeronaves y fauna en los aeropuertos del País, consultando una muestra significativa de los intervinientes que interactúan en nuestros aeropuertos. En una primera acotación de entrevistados se considera relevante la información que pueden ofrecer: 1) la Concesionaria de aeropuertos en lo que respecta a la planificación operativa de prevención, 2) la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil en lo relacionado con la emisión de políticas de aplicación nacional y supervisión de su aplicación; 3) El departamento de Biología de la UNAH por lo que tiene que ver con la información diagnóstica que están levantando para el Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales de San Pedro Sula.
2. Se tiene conocimiento de la existencia del comité de peligro aviar del Aeropuerto Internacional Toncontín desde el Año 2014, esto hace suponer que existe un programa que sin duda fue elaborado según las directrices de la reglamentación internacional; en este sentido, es ahora un buen momento para que la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, realice una evaluación de la aplicación de este plan, de la cual se obtendría valiosa información para establecer un estado del arte de la aplicación de la reglamentación internacional sobre peligro por fauna en lo concerniente tanto al Estado como al único concesionario de aeropuertos que existe en la actualidad.
3. Analizar la aplicación de la reglamentación OACI sobre peligro por fauna, requiere la recolección de información de un período de al menos cinco años, lo cual implica examinar para este período, en el personal encargado de seguridad y en la infraestructura de servicios aeroportuarios y de información, aspectos como el conocimiento de la reglamentación, el fortalecimiento institucional de los entes encargados de la prevención del peligro por fauna en aeropuertos, la capacitación y el entrenamiento del personal encargado directamente, la elaboración y aplicación de un plan nacional de prevención de peligro aviar o bien de las directrices emitidas por la Autoridad Aeronáutica en el período mencionado y el seguimiento de las actividades de prevención dentro de los programas de cada aeropuerto, entre otros. dada la diversidad de aspectos a revisar este ejercicio de recolección y análisis de información necesita como condición imprescindible, la amplia colaboración de la Autoridad Aeronáutica y del actual concesionario.

4. La correcta aplicación de la reglamentación OACI sobre mitigación de peligro por presencia de fauna en el ámbito de las operaciones aeronáuticas en los aeropuertos internacionales de Honduras, significaría para la única concesionaria un esfuerzo por mejorar su ya existente sistema de gestión de la seguridad operacional en lo que respecta a la prevención de impactos de aeronaves con fauna, lo cual es factible por cuanto la concesionaria cuenta con un buen sistema; en lo que respecta a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, se notan falencias más difíciles de sobrellevar dada la poca atención que se ha prestado al tema.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría sido posible sin la colaboración del consultor independiente nombrado como coautor de este trabajo, este profesional hizo importantes aportes para mejorar los resultados y puntualizar mejor las conclusiones; igual de importantes fueron los aportes obtenidos en la entrevista al biólogo asignado al Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales de San Pedro Sula y encargado de la planificación de la mitigación del peligro de choques con fauna en los cuatro aeropuertos internacionales de Honduras. Se agradece a ambos su generosa colaboración. De igual manera se agradece a la Concesionaria Inter Airport por facilitar el tiempo de uno de uno de sus empleados técnicos y a la Facultad de Biología de la UNAH, por compartir con el Departamento de Ciencias Aeronáuticas, la presentación de los resultados parciales del diagnóstico sobre presencia animal en el Aeropuerto Ramón Villeda Morales de San Pedro Sula.

## BIBLIOGRAFÍA

- AENA . (2013). *Guía para la elaboración de estudios de riesgos de impacto con aves en aeropuertos*. Madrid: AENA.
- DGAC. (2008). *Regulación de Aeronáutica Civil. RAC-139. Certificación y operación de aeródromos*. Tegucigalpa: DGAC.
- Matamoros, A. (2015). *Identificación de los factores de atracción de fauna silvestre en las proximidades del Aeropuerto Toncontín*. *Revista Ciencias Espaciales, Otoño 2014*. Tegucigalpa.
- OACI . (2012). *Manual de Servicios de Aeropuertos (Doc 9137). Parte 3 Control y Reducción del peligro que representa la fauna silvestre*. Montreal: OACI.

- OACI. (199). *Manual sobre el sistema de notificación de la OACI de los choques con aves (DOC 9332)*. Montreal: OACI.
- OACI. (2009). *Anexo 14, Volumen I Diseño y operaciones de aeródromos*. Montreal : OACI.
- OPAIN. (2010). *Programa de reducción de impactos con fauna Aeropuerto Internacional El Dorado*. Bogotá: OPAIN.
- Restrepo-Calle, S. (2009). *Implementación de un programa de control integral de fauna silvestre en el Aeropuerto Internacional de El Dorado. Fase I -Actualización diagnóstico de amenaza por presencia de fauna silvestre peligrosa para la aviación.* . Bogotá: OPAIN.
- Unidad Administrativa especial de Aeronáutica Civil, Colombia. (2008). *Programa Nacional de limitación de fauna en Aeropuertos*. Bogotá: Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

# *Seguridad operacional de la pista del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales, hacia la certificación del aeródromo*

Ramón Emilio Bueso  
Iván Vladimir Betancourt

## **Resumen**

Esta investigación es un aporte al fortalecimiento de la cultura de la Seguridad Operacional Aeroportuaria en uno de los cuatro aeropuertos internacionales con los que cuenta Honduras. Los Aeropuertos, según regulaciones internacionales, se esfuerzan en el cumplimiento de los estándares requeridos de Seguridad Operacional, estableciendo controles para la mitigación de los riesgos potenciales mediante la aplicación de estándares de Seguridad definidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en el Anexo 14 en lo referente al diseño y operaciones de aeródromos, y el Anexo de 19 (OACI) el cual trata en especial lo relativo a la implantación del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional para prestadores de servicio de transporte aéreo, aeroportuario y de navegación aérea, entre los más importantes. Con la obtención de datos y una supervisión programada a la pista 04-22, junto con el equipo de certificación de la concesionaria Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.) y el Departamento de Ciencias Aeronáuticas (DCA) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), se identificaron varios riesgos para implementar mejoras a la Seguridad Operacional en el Aeropuerto, por lo que, se identificó las zonas de la pista que no cumplen aún con las normativas nacionales e internacionales, los obstáculos presentes en el aeródromo que pueden generar un riesgo para las operaciones de las aeronaves, las áreas en los alrededores del aeródromo donde hay más presencia aviaría y fauna que podría generar en algún momento una incursión en pista.

**Palabras clave:** Seguridad Operacional, Aeropuerto, Certificación, Aeronave, Anexo 14 OACI, Anexo 19 OACI.

## Abstract

This article refers to research that is a contribution to strengthening to the culture of Aviation Safety, in one of the four international airports in Honduras. It is expected that the findings of this study encourage, the activation of mechanisms that the possibility of accidents/incidents decline during activities taking place in the areas of movement of an aerodrome, in this case referring to the track 04-22 of the International Airport Ramón Villeda Morales in La Lima, Cortés. The Airports according to international regulations strive to comply with the required standards of safety, establishing controls to mitigate potential risks by applying security standards defined by the International Civil Aviation Organization (ICAO) in Annex 14. With data collection and monitoring programmed to track 04-22, along with the certification team concessionaire Airports of Honduras (Interairports, SA) and the Department of Aeronautical Sciences (DCA) of the National Autonomous University of Honduras (UNAH), several risks were identified to implement improvements to safety at the airport, so that areas of the track that do not yet comply with national and international regulations identified, obstacles present at the airfield that can generate a daily risk to aircraft operations, the areas around the airfield where more bird and wildlife presence that could generate at some point a raid on track.

**Keywords:** TSafety Operations, Airport, Certification, Aircraft, Annex 14 (ICAO), Annex 19 (ICAO).

---

**Ramón Emilio Bueso**,(ramon.bueso@unah.edu.hn), Departamento de Ciencias Aeronáuticas, Universidad Nacional Autónoma de Honduras. **Iván Vladimir Betancourt** (ivan.betancourt@unah.edu.hn), Departamento de Ciencias Aeronáuticas, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo muestra los principales elementos de la investigación que se desarrolló para resaltar la importancia sobre el tema de la Seguridad Operacional, en este caso para la pista 04-22 del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales en La Lima, Cortés. La investigación buscó identificar las debilidades y riesgos que presenta en su entorno dicha pista bajo el análisis de los instrumentos utilizados durante este proceso de investigación, contribuyendo a la vigilancia para mantener la Seguridad Operacional en dicho aeródromo. Los instrumentos que se utilizaron inicialmente fueron entrevistas dirigidas específicamente al personal responsable del aeródromo y a expertos del área. A continuación, este proceso de investigación permitió realizar una inspección en la pista 04-22 del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales donde se utilizó una guía con preguntas formuladas y dirigidas a la aplicabilidad del cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales establecidas, y que fueron discutidas junto con los encargados de la supervisión y mantenimiento del aeropuerto, logrando así la recolección de datos para explorar y describir la operatividad del aeródromo y a su vez encontrar las no conformidades en relación con las normas mencionadas que serán analizadas para el correcto análisis de riesgo.

La aplicación de los instrumentos de recolección generó suficiente información para identificar los tipos de riesgos que se podrían encontrar durante la inspección en la pista 04-22 del aeropuerto, lo cual favorecerá a las operaciones seguras de las aeronaves en la Gestión de la Seguridad Operacional.

Se consideró que esta investigación servirá de base para nuevas investigaciones relacionadas al campo aeronáutico, por ser de mucha importancia el conocer algunos de los puntos de riesgo que se localizan en la pista 04-22 del Aeropuerto Ramón Villeda Morales; así mismo agregar un valor al trabajo en equipo para la identificación y gestión de los riesgos operacionales en las pistas aeroportuarias, de esa manera crear un ambiente favorable para la realización de operaciones seguras de las aeronaves en los aeropuertos internacionales del País.

El presente artículo resalta la importancia que tiene el estudio de la Seguridad Operacional en un Aeropuerto, se describe la metodología que se utilizó, a través, de las consultas bibliográficas; de ellas se obtuvo información del marco regulatorio del campo aeroportuario sobre la aplicabilidad de las normas y procedimientos establecidos en las pistas de los Aeropuertos. Como parte de la investigación, el DCA se incorporó a una reunión con los diferentes actores involucrados en el proceso de certificación y seguidamente se procedió con una inspección de campo

para la toma de datos en las áreas operativas de la pista 04-22 del Aeropuerto, en donde se logró hacer un levantamiento de información, por medio de entrevistas al personal responsable e inspecciones visuales. Se presentan los resultados que proponen identificar las áreas de mayor riesgo y que no cumplen con las normativas nacionales e internacionales, identificar en qué áreas de la pista hay más presencia aviaria, fauna; así como aquellas que necesitan de un mantenimiento correctivo; todo ello encaminado a dar la importancia que tiene la Seguridad Operacional en los Aeropuertos.

## **METODOLOGÍA**

### *Consultas bibliográficas*

La principal referencia utilizada para el desarrollo de la presente investigación fue un informe elaborado por el “Grupo Regional de Planificación e Implementación de la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI)”, conocido por su nombre en inglés como Regional Planning and Implementation Group (GREPECAS/16 – NE/15)<sup>1</sup>. Este grupo examinó la aplicación de normas y métodos internacionales (SARP, por sus siglas en inglés), formulados por el Consejo de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en el año 2011, para los Aeropuertos regionales; este informe incluyó información relevante de la pista de aterrizaje y despegue del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales en la ciudad de la Lima Cortes.

Utilizando como referencia el Anexo 14 OACI, documento que contiene las normas y métodos recomendados (especificaciones) que prescriben las características físicas y las superficies limitadoras de obstáculos relativos al diseño y operaciones de los aeródromos (Anexo 14 Aerodromos, 2013).

Se utilizó como referencia Generalidades de Acrónimos y Definiciones y Abreviatura de las Regulaciones de Aeronáutica Civil RAC 139 que establece las normas que regulan la certificación y operación de aeródromos terrestres (Dirección General de Aeronáutica Civil, 2008).

---

<sup>1</sup> CAR/SAM Regional Planning and Implementation Group (GREPECAS) <http://www.icao.int/SAM/Documents/GREPECAS/2011/GREPECAS16/Grp16Wp17Rev.pdf>



Se consultó la AIP (Publicación de Información Aeronáutica), lo cual facilitó el conocimiento de información sobre las características físicas de la pista del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales.

El Anexo de 19 (OACI) Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS) que contiene procesos y sistemas destinados a la reducción del número de accidentes e incidentes que derivan la operación navegación aérea (Organización de Aviación Civil Internacional, 2013). Para tener información adicional del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales se utilizó como referencia el sitio web de Interairports S.A. (Aeropuertos de Honduras, 2015).

### *Entrevistas*

Las entrevistas fueron dirigidas específicamente al personal responsable del aeródromo y a expertos del área.

### *Visitas de Campo*

La visita de campo fue de suma importancia, lo que permitió realizar una inspección en las áreas de la pista 04-22 del Aeródromo junto con el personal de Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.), autoridades de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), consultores de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y de Aviation Council International (ACI). Asimismo, se realizó una revisión y análisis de las normas internacionales y los métodos recomendados en el Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional Diseño y Operaciones de Aeródromos, el RAC 139 Regulaciones de Aeronáutica Civil y su cumplimiento en dicho aeródromo.

Se aprovechó durante la observación de campo, para sostener una reunión con los diferentes actores, quienes son claves en el proceso de certificación del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales, de igual forma, junto con los consultores de los organismos Internacionales de la OACI, personeros de la autoridad aeronáutica de Honduras, realizando así, una inspección general en puntos específicos de la pista 04-22 del aeropuerto para identificar los riesgos existentes.

### *Alcance del estudio*

A través de una investigación Descriptiva, considerando que con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Sampieri, 2014:124). Este

enfoque da a conocer la situación de la Seguridad Operacional de la Pista 04-22 del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales a la fecha en que se llevó a cabo la investigación, y así de esa manera, recomienda algunas alternativas de solución para el mejoramiento de la misma. Por tanto, la recolección de datos analizó los riesgos que pueden ocurrir por el no cumplimiento de las normas y métodos establecidos. Debemos hacer notar que, aunque la investigación no estaba dirigida a la calle de rodaje, sino a la pista 04-22, se aprovechó para incluirla en nuestro estudio como un lugar adyacente más de la pista 04-22.

### *Tipo de análisis*

Con las opiniones y los datos recolectados según los instrumentos de investigación aplicados, se conocieron las no conformidades con relación a la normativa aeronáutica aplicable, en el supuesto, que el cumplimiento de la normativa establecida disminuye el riesgo en las operaciones en el aeropuerto estudiado.

## **RESULTADOS**

La investigación generó varios resultados relevantes como ser: La constatación de las áreas de mayor riesgo operacional de la pista 04-22 del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales; la identificación de áreas de la pista donde puede haber discrepancia con las normativas nacionales e internacionales, incluyendo la existencia de obstáculos presentes en la pista del aeródromo y áreas en los alrededores del aeródromo, donde hay mayor presencia aviaria, de fauna y comunidades; la necesidad del mantenimiento en las áreas de la pista del aeropuerto, por elementos como: fisuras en calle de rodaje y daño de las luces empotradas en inicio de la pista 22 (algunos de estos elementos ya se encuentran en el programa de mantenimiento correctivo de la Concesionaria Aeropuertos de Honduras, Interairports S.A.).

## Situación actual del mantenimiento en la pista del Aeropuerto Ramón Villeda Morales

Se constató que en el Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales existen los procedimientos para proveer del mantenimiento a los indicadores de trayectoria de aproximación de precisión (PAPIS); además, cuenta con el

equipo calificado para su calibración, el que se realiza al menos tres veces al año, con lo cual, se previene el surgimiento de algún daño, lo cual garantiza su buen funcionamiento. Así mismo este sistema PAPI es calibrado por COCESNA una vez al año utilizando el avión verificador.

El aeropuerto cuenta con una programación para realizar las actividades propias para un correcto mantenimiento preventivo a las luces de pista; contando para tal, con el personal calificado para ejercer dicha función. Además, se conoció que cuando se suscitan las intervenciones correctivas estas se realizan oportunamente, sin que se pueda llegar a una situación de emergencia.

El pavimento de la pista 04-22 del Aeropuerto Ramón Villeda Morales se encuentra en general en buenas condiciones, según la inspección realizada durante la visita de campo y cuenta con el personal capacitado y entrenado para proveer de un mantenimiento periódico preventivo y correctivo.

Los márgenes de pista del Aeropuerto Ramón Villeda Morales no están definidos y por lo tanto no se cumplen con las normas nacionales y los SARPs (Standards and Recommended Practices) de la OACI.

Se encontró que la franja de pista cumple parcialmente con las normas nacionales y los SARPs (Standards and Recommended Practices) de Seguridad de la OACI, excepto lo que corresponde a las cercanías del lado este de la pista 04 donde se encuentran comunidades con alta población; todas estas tareas, están enmarcadas en el Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo del concesionario.

El Aeropuerto Ramón Villeda Morales cuenta con un Runway End Safety Area (RESA) al extremo de la pista 04, *cuya finalidad es la de reducir el riesgo de daños que pudieran ocasionar a una aeronave que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo durante el recorrido de la pista de una aeródromo.* (Anexo 14 Aerodromos, 2013).

El aeropuerto cuenta con un programa y procedimientos documentados para la medición del coeficiente de fricción de la pista del aeropuerto, el cual es ejecutado por el supervisor de Seguridad Operacional y aprobado por el Gerente de Planificación.

Se tuvo conocimiento que el Aeropuerto Ramón Villeda Morales cuenta con un Programa de Supervisión y Vigilancia del área para evitar la producción de Objetos Extraños Escombros conocido como FOD (Foreign Object Debris); además, la patrulla móvil de seguridad del aeropuerto hace un recorrido de supervisión programado diariamente de identificación y recolección.

Los indicadores de dirección de viento están señalizados y en el emplazamiento adecuado, asimismo, cuenta con un programa de mantenimiento preventivo según las normas nacionales e internacionales establecidas por la OACI.

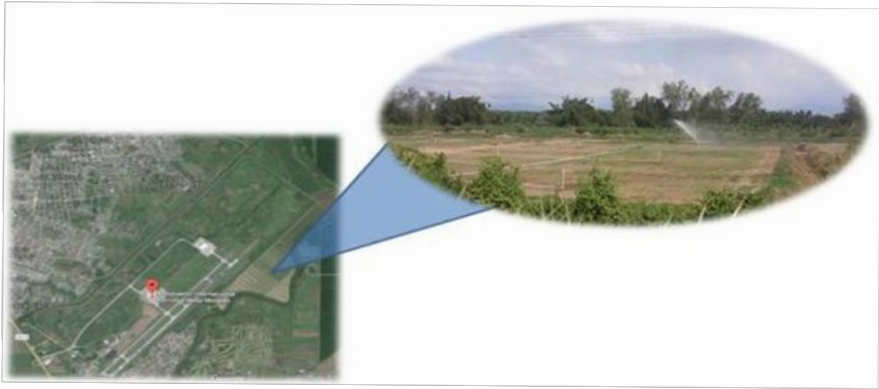
Las señalizaciones horizontales / verticales en el pavimento de la pista del Aeropuerto Ramón Villeda Morales, se encuentran en buen estado.

### Áreas de mayor riesgo

#### *Cultivos de Campesinos en zonas limítrofes al Aeropuerto*

Con la entrega de terrenos dentro del área concesionada y muy cercanos a la pista del Aeropuerto Ramón Villeda Morales por parte de Gobiernos anteriores a los grupos campesinos, a fin de incentivar la productividad agrícola; no obstante, dichos espacios ocasionan actualmente que la pista no se pueda expandir hacia el lado norte; además de contribuir a la atracción de aves, la generación de incendios como prácticas arcaicas de control de maleza para cultivos agrícolas y por ende aumentando el problema de la Seguridad Operacional.

Estos cultivos se presentan alrededor del boulevard de acceso al Aeropuerto y en el lado norte de la pista 22, donde las aeronaves hacen su aproximación instrumental utilizando el ILS (sistema de aterrizaje instrumental). Los peligros de estos cultivos cercanos al aeropuerto incluyen: generación de humo por las quemaduras trayendo consigo riesgos a las operaciones de las aeronaves; además, las aves buscan la manera de alimentarse aprovechando dichos cultivos cercanos a la pista del aeropuerto, también, sobrevuelan el aeropuerto haciendo incursiones en el espacio aéreo de la aeronave, de esa manera podrían impactar con ella y causar un incidente con daños a la aeronave, poniendo en riesgo la seguridad de vuelo.



**Figura 1.** Cultivos de Campesinos en zonas limítrofes al Aeropuerto. Fuente: Google Maps.

### *Casas de habitantes muy cerca al Aeropuerto*

Las casas de los habitantes de La Lima, Cortés se encuentran muy cerca de la pista del Aeropuerto, por lo que, se podría dar incursiones al muro perimetral, también, en una situación de emergencia la situación podría complicarse por la presencia de dichos habitantes pudiéndose verse afectados en el caso de cualquier incidente de las operaciones de las aeronaves en esa área.



**Figura 2.** Extremo de la pista 04 muestra a habitantes de la lima en cercanías del Aeropuerto, Fuente: Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.)

### Zonas de discrepancia con la normativa

El extremo de la pista 22 del aeropuerto no cuenta con un área de seguridad de extremo de pista, conocido como RUNWAY END SAFETY (RESA) conforme la OACI establece, que es una *área simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.*(Anexo 14 Aerodromos, 2013). También se logró detectar que la distancia entre el eje de la calle de rodaje y el eje de la pista del Aeropuerto Ramón Villeda Morales es menor que el estándar establecido por la OACI en su Anexo 14.



Figura 3. El extremo de la pista 22 mostrando ausencia de (RESA) RUNWAY END SAFETY AREA

### Obstáculos que generan riesgo

#### *Canales abiertos de Drenaje*

Durante la inspección se pudo identificar la presencia de obstáculos en la franja de pista, en este caso los canales abiertos de drenajes; incumpliendo con la normativa que establece la OACI en relación con la zona libre de obstáculos de la franja de pista. Tomando un tercio de la pista 04-22 ubicados cerca del extremo 04 de la pista del Aeropuerto, se encontraron obstáculos en la franja de pista del Aeropuerto, que son los canales de drenaje los cuales no están preparados para soportar una aeronave que eventualmente tenga una excursión y pudiera llegar hasta ellos, así como el bordo de control de inundaciones que se encuentra al lado este dentro de la franja de seguridad de pista.

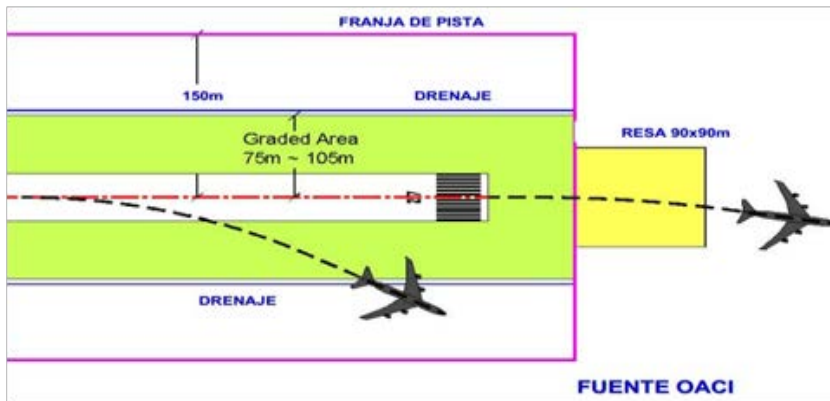


Figura 4. Especificaciones de Franja de Pista (Anexo 14 Aerodromos, 2013)

Siempre se debe verificar y asegurar que todos los drenajes no representen un obstáculo, ya que franja de pista está definida para reducir el riesgo de daños a las aeronaves en caso de que se salgan de la pista y proteger a las que la sobre vuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje. (Anexo 14 Aerodromos, 2013)

#### *Presencia aviaria y fauna*

Se identificó que los animales como ser: gatos, culebras, entre otros, que son capturados eventualmente, invaden el aeródromo. Se verificaron los espacios en el aeropuerto que pueden constituirse como refugio para la anidación de varios tipos de especies animal como ser aquellos lugares donde se almacena una cantidad de chatarra (ver imagen siguiente); estos espacios pueden ofrecer un descanso ya que brindan cierta protección del sol o la lluvia y esto suele ser atractivo para la fauna animal, que a su vez atrae a grandes predadores al lugar. Estos a su vez en su momento al morir, podrían atraer aves de rapiña (zopilotes) promoviendo el peligro aviario.



**Figura 5.** Acumulación de Chatarra Fuente: Foto tomada por equipo de investigación

En las inspecciones diarias realizadas en los perímetros del aeropuerto, como se observa en la imagen siguiente, la presencia de peligro aviario en zonas arboladas en los extremos de la pista del aeródromo es evidente, tal es el caso del zopilote negro, lo cual no significa que no haya presencia de otras especies de menor tamaño, que también representan un peligro aviario.



**Figura 6.** Presencia de Peligro aviario en los extremos de la pista 22,  
Fuente: Foto tomada por equipo de investigación

El coordinador de fauna del Aeropuerto Ramón Villeda Morales utiliza diferentes equipos y herramientas para ahuyentar en el momento que aparezca algún tipo de ave que sobrevuele las áreas de la pista del Aeropuerto.





**Figura 7.** Cañón de gas propano para el Control de Aves en el Aeropuerto Ramón Villeda Morales  
Fuente: Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.)

### Necesidad de mantenimiento en áreas de la pista del aeropuerto

#### *Fisuras en calle de rodaje*

Como parte de los lugares adyacentes a la pista 04-22 se observó la calle de rodaje, en donde se pudo constatar pequeñas fisuras; no obstante, estas en su estado actual no representan un mayor riesgo para las operaciones del tránsito de las aeronaves; sin embargo, el no realizar el mantenimiento correspondiente, eventualmente resultaría en un empeoramiento de dichas fisuras. Vale destacar que el concesionario Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.) en su Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo contempla dichas reparaciones.



**Figura 8.** Presencia de fisuras en calle de rodaje (izq), pista en proceso de reparación (der)  
Fuente: Foto tomada por equipo de investigación.

### *Mantenimiento en las luces empotradas en inicio de pista 22*

Se observó durante la inspección en la pista 04-22 del Aeropuerto Ramón Villeda Morales, la necesidad de un mantenimiento correctivo donde se localizan las luces empotradas al inicio de la pista 22, actividad ya estipulada en el Programa de Mantenimiento del concesionario Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.).



**Figura 9.** Luces empotradas en inicio de pista 22  
Fuente: Foto tomada por equipo de investigación.

## DISCUSIÓN

**La realización de esta investigación pretende generar nuevas ideas para apoyo de** futuras investigaciones sobre el estado operativo de las pistas en los aeródromos (ver recomendación 5), y que oriente al ánimo del trabajo en conjunto, necesario para identificar y gestionar las acciones correctivas a las no conformidades y así mitigar o eliminar los riesgos operacionales. Debido a que dentro de este sector aeronáutico, que es muy especializado, existen muy pocas investigaciones de este tipo en Honduras, la concesionaria Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.) debe seguir trabajando en el estudio de este tipo de investigaciones, que le permitirán obtener resultados novedosos que favorezcan a los niveles aceptables de seguridad operacional en los aeródromos. Como todo estudio de investigación, se presentaron limitaciones debido a que la misma se contempló en el Aeropuerto Ramón Villeda Morales, para lo cual fue necesaria la movilización desde la ciudad de Tegucigalpa, Francisco Morazán hacia la ciudad de La Lima, Cortés. La visita de inspección se realizó en un tiempo muy limitado, con lo cual, no se pudo obtener un mayor número de datos para la investigación.

El estudio de la Seguridad Operacional en los aeropuertos es muy importante, ya que busca identificar, prevenir o minimizar con suficiente anticipación el mayor número de peligros a fin de evitar accidentes e incidentes derivados de la operación aérea. Esto se logrará mediante la mitigación o eliminación de las posibles amenazas encontradas o de incidentes menores sobre un sistema operativo, por lo que, es de suma importancia para los aeropuertos lograr un nivel aceptable de seguridad operacional, para evitar los riesgos operacionales y fomentar la motivación hacia una conducción segura de las operaciones diarias.

## CONCLUSIONES

1. La Franja de Seguridad de Pista para un aeropuerto de Categoría 4D debe ser de 150 metros; en el caso del Aeropuerto Ramón Villeda Morales no cumple con este estándar, siendo esta de una dimensión menor. Esta no conformidad es más notoria en el extremo 04 en donde la anchura de la franja es mucho menor a la anchura de la franja del extremo 22 de la misma pista.
2. En términos generales, el entorno del Aeropuerto Ramón Villeda Morales cuenta con un ambiente relativamente rico en vegetación natural alta; este entorno natural en la pista 22 lleva a una mayor concentración de factores que pueden ser atractivos para la fauna con presencia en la zona; en este sector se cuenta con cultivos de semillas que pueden atraer distintos tipos de aves y sectores con mucha vegetación que pueden atraer diversos tipos de animales.
3. Como parte de los lugares adyacentes a la pista 04-22, se observó en la calle de rodaje pequeñas fisuras que en su estado actual no representan mayor peligro para el tránsito de aeronaves. A futuro si no se da el mantenimiento necesario a estas pequeñas fracturas del pavimento, eventualmente se dará un empeoramiento de dichas fisuras, lo cual, podría dañar en alguna medida los neumáticos y/o trenes de aterrizaje de una aeronave.
4. Durante la gira de observación se constató, dados los deterioros observados, que es necesario llevar a la práctica el mantenimiento preventivo programado de las señalizaciones horizontales de la pista de aterrizaje.
5. En la visita de campo a la pista y plataforma se observó el pavimento de la pista, la existencia de señalizaciones horizontales y verticales, que en general se encuentran en buen estado, la existencia de un programa de mantenimiento de la pista, entre otros; dichos elementos dan cuenta del cumplimiento de estándares y regulaciones de la Autoridad Aeronáutica por parte de la

concesionaria Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.) para lograr la certificación del Aeropuerto Ramón Villeda Morales.

6. La distancia entre el eje de la calle de rodaje y el eje de la pista del Aeropuerto Ramón Villeda Morales es menor que el estándar establecido por la OACI en su Anexo 14, tabla 3.1, el cual es de 176 mts. para aeropuertos con clave de referencia 4D, clave que actualmente posee el Aeropuerto Ramón Villeda Morales para sus operaciones aeronáuticas.

## RECOMENDACIONES

1. Es conveniente realizar periódicamente la chapia de la maleza; así como, proceder al retiro de la chatarra en el extremo 22 de la pista en donde existen mayores fuentes de atracción de animales que pueden generar peligro en las operaciones aeronáuticas.
2. En la calle de rodaje, dar seguimiento al mantenimiento de las áreas en donde una combinación de distintos factores habrían causado las pequeñas fisuras observadas, cuyo ensanchamiento puede generar daños operacionales a aeronaves.
3. Considerando que la franja de pista cumple la función de reducir el riesgo de daños a las aeronaves en la eventualidad de una excursión de pista, se recomienda verificar y asegurar que los canales de drenajes no representen un obstáculo que impida dicha función.
4. La recomendación 3.9.8 del Anexo 14 de OACI con respecto a Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje (ver conclusión 6 anterior), establece que “pueden permitirse operaciones con distancias menores de separación de los establecidos en la tabla 3.1, en aeródromos ya existentes si un estudio aeronáutico indicara que tales distancias de separación no influirían adversamente en la seguridad, ni de modo importante en la regularidad de las operaciones de los aviones”. Por lo tanto, se recomienda realizar un estudio aeronáutico usando como referencia el Apéndice 4 del Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. OACI 9157), Parte 2; para garantizar la seguridad de las operaciones en el aeropuerto.
5. Se recomienda al Estado de Honduras hacer énfasis en la supervisión y vigilancia continua en todas las actividades de mantenimiento, para así contribuir al incremento de los niveles de seguridad operacional acordes con las

normas y estándares nacionales e internacionales, con miras a la certificación del aeródromo.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece al concesionario Aeropuertos de Honduras (Interairports, S.A.) por haber colaborado en el presente trabajo de investigación desde el momento en que se concibió la idea hasta la elaboración del informe final, facilitando información y dando acceso al Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales para recoger datos in situ. De igual forma se agradece a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC) por haber facilitado información oficial relacionada con la seguridad de las operaciones del Aeropuerto antes mencionado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aeropuertos de Honduras. (2015). Aeropuertos de Honduras.
- Anexo 14 Aerodromos. (2013).
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (2008). RAC 139 . Tegucigalpa: DGAC.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2013). Anexo 19. Gestión de la Seguridad Operacional (Primera Edición ed.). 999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7, Montréal, Canada: Organización de Aviación Civil Internacional.
- Sampieri, R. H. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta Edidición ed.). Mexico D.F., Mexico: MCGRAW-HILL.

# *Transición de la autoridad aeronáutica de Dirección General a Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil*

Liliana Yaneth Mantilla Pérez  
José Isaac Ordóñez Castellón

## **Resumen**

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) estuvo adscrita a la Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP) durante 63 años, presentando problemas por la dilación de los procesos y procedimientos para ejercer una estricta vigilancia a la seguridad operacional en los aeropuertos internacionales y aeródromos del país, lo cual está evidenciado en el Reporte de "International Aviation Safety Assessment (IASA) de la Federal Aviation Administration (FAA - Results); debido principalmente a la: falta de personal especializado y certificado y a las carencias presupuestarias; esta situación tuvo como resultado la no observancia a las normativas internacionales por parte del Estado de Honduras. Mediante decretos ejecutivos (PCM-001-2014 del 22 de febrero de 2014, PCM-047-2014 del 10 de octubre de 2014 y PCM-022-2015 del 18 de mayo de 2015) la DGAC pasó a formar parte del Gabinete Sectorial de Seguridad y Defensa, y se dispuso la creación de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), como un ente desconcentrado de la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA); se supone que, la transición de la DGAC a AHAC permitirá a la entidad tener autonomía técnica, administrativa y financiera, favorecer la formulación planes, programas, proyectos de fortalecimiento institucional para garantizar el cumplimiento de los estándares y potenciar el capital humano con competencias aeronáuticas, para lograr la certificación de los aeropuertos hondureños. Esta investigación es de tipo cualitativa, ya que el proceso de transición corresponde a una separación de la Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP) a la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA), a fin de operar como una institución desconcentrada. Siendo que el proceso de transición es el camino indicado para que la AHAC genere la independencia técnica, administrativa y financiera necesaria para cumplir con los estándares en materia de aviación civil internacional.

Los principales resultados de la investigación destacan: 1) Una marcada resistencia al cambio, producto de los procedimientos agresivos utilizados en la transición; derivado de un cambio abrupto, se observó un claro desacuerdo por parte de algunos colaboradores con los temas relacionados a la transición (50% de la institución). 2) Desinformación en relación al nuevo sistema administrativo, por el cual, se rige la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, lo cual se respalda, por la falta de comunicación formal escrita. 3) Los colaboradores de la Agencia ven el proceso de transición como algo negativo para la aviación civil de Honduras y a la vez, no sienten que la nueva institución les pueda brindar estabilidad laboral y se ha generado mucha incertidumbre en el personal. 4) El personal no siente que el proceso de transición haya sido necesario. Y una gran parte del personal no tiene ninguna expectativa con el proceso de transición, mostrando un alto nivel de desánimo. 5) Una minoría considera que el proceso de transición traerá oportunidades para adquirir nueva tecnología, capacitaciones, personal calificado y mejoras para la institución.

**Palabras clave:** Transición, Aeronáutica, Normativa, Autoridad Aeronáutica.

## Abstract

The General Direction of Civil Aeronautical was an dependence attached to the Ministry of Infrastructure and Utilities was for 63 years, presenting problems for the delay of processes and procedures to exercise strict surveillance to safety/security at international airports and airfields in the country, which it is evidenced in the Report "International Aviation Safety Assessment (IASA)" of the Federal Aviation Administration (FAA - Results); because of the qualified and certified personnel, budget availability, others. Resulting in a non-observance to the international standards as a responsibility of the State of Honduras. Through executive decrees (PCM-001-2014 February 22, 2014, PCM-047-2014 October 10, 2014 y PCM-022-2015 May 18 2015) the DGAC became a part of the Sectorial Cabinet Security and Defense, and the creation of the Honduran Agency Civil Aviation Authority (AHAC) as an institution of the Ministry of National Defense (SEDENA), be supposed to the transition from the DGAC to AHAC allow to have technical, administrative and financial autonomy, promote the development plans, programs, institutional projects to ensure compliance with standards and potential the human capital with aeronautical skills, to achieve certification of airports Hondurans. This research is qualitative type, since in the transition process corresponds to a separation of the Ministry of Infrastructure and Utilities (INSEP) to the Ministry of

National Defense (SEDENA), in order to operate as a decentralized institution. The transition process contributes to the development of AHAC, through a transition process, that generates the technical, administrative and financial independence necessary to satisfy the standards of international civil aviation. The main findings of the research include: 1) A marked resistance to change, as a result of aggressive procedures used in the transition; it derived from an abrupt change, a clear disagreement by some employees with the matters related to the transition (50% of the institution) was observed. 2) No information available regarding to the new administrative system, which is governed to the Civil Aviation Authority of Honduras, which is supported by the lack of formal written communication. 3) The employees of the Agency see the transition as negative for civil aviation in Honduras and at the same time, they do not feel that the new institution can provide job stability and it has generated a lot of uncertainty between the staff. 4) The employees do not feel that the transition process has been necessary. And a lot of the staff has no any expectation with the transition process, showing a high level of discouragement. 5) A minority considers that the transition process will bring opportunities to acquire new technology, training, qualified personnel and improvements to the institution.

**Keywords:** Transition, Aeronautical, Standards, Aeronautical Authority.

---

Liliana Yaneth Mantilla Pérez , (lilymantilla21@yahoo.com) Empresa Independiente.  
José Isaac Ordóñez Castellón (jiscastellon@gmail.com) Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil.



## INTRODUCCIÓN

El siguiente artículo, basado en una investigación expone los propósitos, consecuencias y aspectos más destacados del proceso de transición de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC) durante el año 2015.

Para llevar a cabo dicha investigación se partió desde la historia de la Aeronáutica Civil en Honduras, hasta conocer la situación actual de la AHAC, ya que actualmente el Estado de Honduras no cuenta con Categoría 1 ante la Federal Aviation Administration (FAA); importante resaltar que la DGAC perdió la categoría ante la FAA en temas de aviación a nivel internacional, por incumplimiento a normativa (FAA - Results), asimismo, con la AHAC se pretende impulsar la aviación civil de Honduras, a través de la Certificación de Aeropuertos Internacionales y la Categorización del país (FAA). También esta situación obedece al hecho de no contar con un presupuesto adecuado (L.171,272,026.00)(Secretaría de Finanzas). Así como los procesos de contratación de personal calificado y una estructura sólida de capacitaciones.

El proceso de transición se origina por los diversos incumplimientos de la Dirección General de Aeronáutica Civil ante los requerimientos de la OACI, donde en el año 2013 se produjo una descategorización por parte de la FAA al Estado de Honduras, asimismo una estructura organizacional que dificulta el crecimiento y la diagramación de funciones específicas y fluidas, estas situaciones ligadas a la falta de personal técnico aeronáutico, falta de capacitación del personal existente, de igual manera, la próxima auditoría por parte de la OACI programada para noviembre del 2016, los compromisos adquiridos en el Declaración de Puerto España que trata sobre la seguridad operacional y navegación aérea (OACI - Declaración Puerto España) y de más compromisos ligados al cumplimiento de normativas nacionales e internacionales, generó un ambiente propicio para provocar un cambio sustancial en la forma de administrar y dirigir a la Dirección General de Aeronáutica, dando cabida a la iniciativa presidencial, impulsada por el Director de la DGAC, creando así el Decreto Ejecutivo PCM 047-2014 y PCM 022-2015, decretos que sientan las bases para poder crear la actual Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil.

Utilizando el instrumento de la entrevista se logró recopilar información primaria y secundaria, además, la revisión bibliográfica respectiva, con lo cual se brindan los resultados, expresiones más significativas y las respectivas conclusiones. Esta investigación servirá de referencia para futuros procesos que tengan algún punto de

incidencia en el funcionamiento de la institución o que conlleven a realizar cambios radicales en la misma.

## METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología de investigación aplicada para tratar la temática de la **“Transición de la Autoridad Aeronáutica de Dirección General a Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil”**.

### Tipo de estudio

Esta investigación es de tipo cualitativa (Sampiere, 2006), ya que en el proceso de transición corresponde a una separación de la Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP) a la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA), a fin de operar como una institución desconcentrada. La transición obliga a una generación de procesos y procedimientos, los cuales interfieren de manera positiva y negativa en las actividades responsabilidad y funciones de los empleados, así como la reforma obligatoria a la Ley de Aeronáutica Civil y reglamentación. Por tanto, esta investigación es cualitativa, ya que las implicaciones directas e indirectas de la misma están fundamentadas en las relaciones de funcionamiento y en las estructuras de trabajo de la institución.

### Categorías de análisis

- **Transición de DGAC a AHAC:** Esta gestión conlleva el cambio de estructura es de Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) a Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), a fin que la AHAC pueda tener independencia técnica, administrativa y financiera; así como por ser una institución catalogada de seguridad nacional será un ente desconcentrado de la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA). Para fines de esta investigación el término “Transición” se define como: Acción y efecto de pasar de un modo de ser o estar a otro distinto. (Real Academia Española)
- **Legislación:** Con la creación de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil y al pasar a ser un ente desconcentrado de la Secretaría de Defensa Nacional obliga a llevar a cabo la reforma a la Ley de Aeronáutica Civil y su reglamento. (Ley de Aeronáutica Civil, 2004)

- Autoridad Aeronáutica Civil: Con la transición también se pretende lograr el reconocimiento y que esta tenga el respaldo y que ejerce sus funciones a través del Director General con las unidades ejecutoras que respalden esta gestión.
- Organización: En cumplimiento al PCM-022-2015, se está cambiando la estructura organizacional, con la finalidad de tener procesos y procedimientos más ágiles y dinámicos, donde se realice una clara separación entre las áreas técnicas y las áreas administrativas, asimismo, se realiza una importante separación entre la parte de regulatoria y proveeduría de servicios. Organización: Asociación de personas regulada por un conjunto de normas en función de determinados fines. (Real Academia Española)
- Personal: La AHAC con la finalidad de cumplir con el PCM 047-2014 realizó y aplicó un arduo proceso de pruebas de confianza a todo el personal de AHAC, con la finalidad de establecer una base de confiabilidad en las nuevas contrataciones así como una revisión de las actuales, donde se enfocará en la capacitación continua del personal técnico y administrativo; además, lograr una correcta evaluación del personal con la finalidad de poder especializarlo en el campo aeronáutico.
- Presupuesto: Con la independencia presupuestaria que se concreta con la transición de la AHAC, la institución podrá formular, ejecutar su presupuesto y a la vez gestionar directamente ante la Secretaría de Finanzas ampliaciones presupuestarias, a fin de sostener toda su gestión y por ende lograr mejores resultados.
- Seguridad Operacional: Programa estatal de seguridad operacional. Conjunto integrado de leyes, reglamentos, regulaciones, procedimientos y actividades encaminados a mejorar la seguridad operacional. (AHAC)

### Instrumentos de consulta y fuentes de información

- Revisión bibliográfica: Con la revisión bibliográfica, se va obtuvo la información necesaria para cumplir con los objetivos de la investigación, donde se tomaron en cuenta la Legislación (Decretos Ejecutivos de creación AHAC PCM-047-2014 y PCM-022-2015, origen e historia), Ley de aeronáutica civil vigente y nueva propuesta, Anexos OACI, las RACs, estadísticas de vuelos, pasajeros y carga.

- **Entrevista:** Con este instrumento se pretende obtener información sobre este proceso de transición DGAC-AHAC, para lo cual, se consultó mediante una serie de preguntas a un experto y personal técnico aeronáutico y administrativo que desempeñan funciones específicas.

## RESULTADOS

### Entrevista al personal técnico-administrativo

Con los datos obtenidos a través de la aplicación de una entrevista al personal técnico-administrativo de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), se observaron las siguientes tendencias en los colaboradores de la institución:

1. Una marcada resistencia al cambio, producto de los procedimientos agresivos utilizados en la transición; derivado de un cambio abrupto, se observó un claro desacuerdo por parte de algunos colaboradores con los temas relacionados a la transición (50% de la institución). (Véase Figura 1)



**Figura 1.** Con el fin identificar el grado de conformidad que tienen los colaboradores (funcionarios y empleados) de la AHAC con el proceso de Transición, se obtuvieron opiniones que reflejan y de acuerdo a la muestra poblacional entrevistada, solo un 50% de los colaboradores están de acuerdo con dicho proceso, el 50% se divide en: 40% es personal que no está de acuerdo, por motivos relacionados con los salarios, falta de personal capacitado, de igual manera, se manifiesta en este porcentaje una resistencia al cambio. Por otra parte un 10% de los entrevistados no respondió, lo cual quedó evidenciado en las entrevistas aplicadas.

2. Desinformación en relación al nuevo sistema administrativo, por el cual, se rige la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, lo cual se respalda, por la falta de comunicación formal escrita.
3. Los colaboradores de la Agencia ven el proceso de transición como algo negativo para la aviación civil de Honduras y a la vez, no sienten que la nueva institución les pueda brindar estabilidad laboral y se ha generado mucha incertidumbre en el personal. (Véase Figura 2).

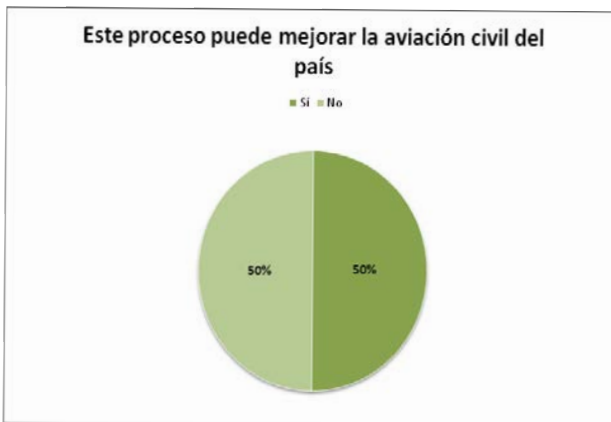


**Figura 2.** Por diversas razones la muestra de personal de la AHAC entrevistada, considera que el proceso de transición afectará negativamente al personal, solo un 36% considera que dicho proceso tendrá un repercusión positiva, trayendo beneficios y estabilidad a todos los colaboradores de la institución.

4. El personal no siente que el proceso de transición haya sido necesario. Y una gran parte del personal no tiene ninguna expectativa con el proceso de transición, mostrando un alto nivel de desánimo.
5. Una minoría considera que el proceso de transición traerá oportunidades para adquirir nueva tecnología, capacitaciones, personal calificado y mejoras para la institución.

## Expresiones más significativas de la Investigación

El proceso de transición se origina por los diversos incumplimientos de la Dirección General de Aeronáutica Civil ante los requerimientos de la OACI, donde en el año 2013 se produjo una descategorización por parte de la FAA al Estado de Honduras, asimismo una estructura organizacional que dificulta el crecimiento y la diagramación de funciones específicas y fluidas, estas situaciones ligadas a la falta de personal técnico aeronáutico, falta de capacitación del personal existente, de igual manera, la próxima auditoría por parte de la OACI programada para noviembre del 2016, los compromisos adquiridos en el Declaración de Puerto España que trata sobre la seguridad operacional y navegación aérea (OACI - Declaración Puerto España) y de más compromisos ligados al cumplimiento de normativas nacionales e internacionales, generó un ambiente propicio para provocar un cambio sustancial en la forma de administrar y dirigir a la Dirección General de Aeronáutica, dando cabida a la iniciativa presidencial, impulsada por el Director de la DGAC, creando así el Decreto Ejecutivo PCM 047-2014 y PCM 022-2015, decretos que sientan las bases para poder crear la actual Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil. (Véase Figura 3).



**Figura 3.** En esta pregunta se observa una clara división de los colaboradores de la AHAC, donde el 50% ve como una gran oportunidad el proceso de transición, para fortalecer los procesos de capacitación, mejorar la calidad del personal y ofrecer la estabilidad necesaria a los profesionales que laboran en dicha institución, por otra parte, el 50% restante, ve completamente innecesario el proceso de transición, donde se manifiesta que el mismo, no aportará nada a la aviación civil, ya que no ha cambiado el modo de operar de AHAC, aparte de que el proceso se puede politizar.

De igual manera, se ha identificado una nueva estructura de funcionamiento, dotando a las unidades de Administración y Personal de independencia operativa, donde los trámites relacionados con estas áreas se realizan de forma independiente, dejando atrás proceso de intervención de terceros, para el pago de planillas, compras, contabilidad, auditoría interna, desligando la operación administrativa y financiera de la Secretaría de INSEP y desconcentrándola de la Secretaría de Defensa Nacional. Creándose un código de institución desconcentrada (091) en el Sistema SIAFI de la Secretaría de Finanzas (SEFIN) y en el Sistema Presidencial de Gestión por Resultados de la Secretaría de Coordinación General de Gobierno(SCGG).

Dentro de los impactos positivos que ha tenido el proceso de transición se destaca:

- Reformas a la Ley de Aeronáutica Civil.
- Propuesta de una nueva estructura organizacional, la cual está en proceso de aprobación.(AHAC - Organigrama)(Institucion de Acceso a la Información Pública (IAIP))
- Proceso de certificación del Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales de San Pedro Sula.
- Integración al programa “no country left behind” de la OACI.(OACI)
- Asesoramiento y vigilancia de auditores de OACI, como medio de preparación para la auditoría de noviembre de 2016.
- Asesoramiento para resolución de Protocol Questions (PQs) por parte de ACSA-COCESNA.
- Contrataciones de personal técnico especializado y calificado.(Institucion de Acceso a la Información Pública (IAIP))
- Capacitaciones en las áreas de navegación aérea, estándares de vuelo, certificación de aeródromos entre otros.

## DISCUSIÓN

A partir del año 2013, se carece de cumplimiento de las normativas internacionales contenidas en los estándares de la OACI aplicables al buen funcionamiento de la Autoridad Aeronáutica, por parte del Estado de Honduras, por ende la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) se vio limitada para dar respuesta, lo que

obligó a realizar una transición de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC) para atender las Exigencias de la Aviación Civil Internacional durante el año 2015. (Véase Tabla 1). También esta situación obedece al hecho de no contar con un presupuesto adecuado. Así como los procesos de contratación de personal calificado y capacitaciones.

**Tabla 1.** Planteamiento del problema.

CAUSAS	PROBLEMA	EFFECTOS
Disponibilidad de recursos financieros y económicos	La AHAC carece de la Categoría que ante la FAA, la DGAC perdió la categoría ante la FAA en temas de aviación a nivel internacional, por incumplimiento a normativa,	Falta de credibilidad a nivel internacional en el área aeronáutica y seguridad operacional.
El no cumplimiento de la Ley de Aviación Civil (RACS).	asimismo, con la AHAC se pretende impulsar la aviación civil de Honduras, a través de la certificación de aeropuertos internacionales y categorización del país.	Contrataciones de personal inadecuadas.
Procesos de contratación de personal.	También esta situación obedece al hecho de no contar con un presupuesto adecuado.	Deficiencia de capacitación e infraestructura.
Estructura de funcionamiento.	Así como los procesos de contratación de personal calificado y una estructura sólida de capacitaciones.	Desconfianza por parte de los operadores aéreos
		Falta de cumplimiento de normativa AHAC/OACI, ocasionando deficiencias en la seguridad operacional.

Se debe implementar un mecanismo de información efectiva, con la finalidad de eliminar por completo la incertidumbre en el personal de la AHAC, asimismo, generar un proceso de inclusión de todas las áreas.

Será importante generar un nuevo proceso para mejorar la imagen externa de la AHAC, con la finalidad de brindar a la población hondureña, una nueva propuesta más acorde con las nuevas responsabilidades y envergadura de la institución, que fortalezca el prestigio de la misma.



Con la finalidad de continuar con los cambios que impulsarán la aviación civil de Honduras se deberá:

- Estructurar un programa de capacitación al personal, con el propósito de fortalecer las competencias a nivel regional.
- Definir un plan de incentivos estratificado para el personal de la AHAC, ya que se debe motivar al personal, para mejorar la disposición al trabajo y facilite los cambios relacionados al proceso de transición.

## CONCLUSIONES

1. El proceso de transición en general ha sido positivo, ya que el hecho de lograr una independencia técnica, administrativa y financiera permitirá a la AHAC cumplir con los propósitos para los cuales ha sido creada y por ende, ir alcanzando las metas en materia de aviación civil de las que requiere el país para llegar a ser de nuevo miembro con plenos de derechos de la comunidad aeronáutica internacional.
2. Como producto de la transición DGAC-AHAC se contará con una estructura organizativa ágil y competente tanto para las funciones técnicas como para aquellas administrativas; teniendo en cuenta que esta condición de idoneidad no se consigue de una vez por todas, será necesario que todo el personal se mantenga en formación constante. Sólo cumpliendo con estas dos condiciones, la idoneidad del personal contratado y la formación recurrente, se garantizará el logro de las metas necesarias para cumplir con las exigencias en las auditorías que periódicamente le practica la OACI al Estado de Honduras. (AHAC - Organigrama) (Institucion de Acceso a la Información Pública (IAIP))
3. La transición obliga a una reforma de la Ley de Aeronáutica Civil, para la cual, se deben tomar en cuenta aspectos como: la agilización en los procesos de contratación, la garantía de la independencia técnica y administrativa de la Autoridad Aeronáutica, la programación de la formación recurrente del personal, las exigencias recurrentes de las auditorías OACI para la Autoridad Aeronáutica Nacional, la participación de la comunidad aeronáutica en los procesos de toma de decisiones estratégicas, las alianzas estratégicas de la Autoridad Aeronáutica con otras instituciones del Estado como la Universidad Nacional Autónoma de Honduras para mejorar la formación de los propios empleados, entre otros.

4. Partiendo de las evidencias obtenidas en la investigación, se destacaron importantes expectativas como ser: capacitaciones, estabilidad, mejora en el funcionamiento; sin embargo un 29% no tienen una expectativa claramente definida; no obstante, se observó que el 40% no están de acuerdo con la transición, pero si el 50% cree que con este proceso se mejorará la aviación civil. (Véase Figuras 1, 3 y 4). Se considera que el proceso de cambio es necesario para la AHAC, y debe ser impulsado desde los aportes que pueda hacer el personal nuevo que haya sido contratado por concursos conducidos correctamente y el personal antiguo que contando con la experiencia necesaria esté comprometido con el mejoramiento continuo de la Autoridad Aeronáutica Hondureña.
5. Los altos mandos de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, tienen una clara visión de los beneficios que traerá el proceso de transición a la institución, evidenciado en la entrevista al experto; en adelante es necesario que estas Autoridades, busquen aliados para el cambio en otras instituciones del Estado vinculadas directa o indirectamente con la aeronáutica y con las empresa privada que se encuentra trabajando en el rubro.
6. El personal involucrado en el proceso de la transición durante el desarrollo de este trabajo ha tenido clara la dinámica, la importancia y las consecuencias de la misma; sin embargo, no se cuenta con la colaboración de todo el personal actual, de manera que sigue siendo un desafío el hacer ver a todos los involucrados de primera línea, los beneficios de País y los beneficios profesionales que vendrán como fruto de una transición realizada de manera óptima.
7. Los primeros beneficiados de un proceso de transición, son los empleados de AHAC puesto que el mejoramiento de la institución no se podrá dar sin no se mejoran las condiciones de los propios empleados en términos de formación recurrente, mejoramiento de las condiciones de trabajo, mejoramientos salariales y de prestaciones sociales y establecimiento de una carrera profesional dentro de la propia institución.



**Figura 4.** En esta parte, se determinaron las expectativas que tienen los diversos colaboradores de la AHAC respecto al proceso de transición, observando que la mayor tendencia es la estabilidad laboral representando un 36%, asimismo, una mejora en los procesos de capacitaciones con 29%, un 7% opina que la expectativa que tienen es una mejora en los procesos de funcionamiento, de igual manera, un 28% no tiene expectativas positivas de la transición, aduciendo que se debe cambiar el proceso utilizado hasta el momento, ya que no muestra ningún tipo de mejoría.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), a sus dependencias y colaboradores en general, ya que a través de esta institución se obtuvo la oportunidad de participar en el Diplomado en Gestión de Sistemas Aeroportuarios impartido por la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, donde surgió la iniciativa de investigar sobre el proceso de transición de la DGAC a la AHAC.

## REFERENCIAS CITADAS

- AHAC - Organigrama. (s.f.). Recuperado el 09 de 2016, de <http://ahac.gob.hn/organigrama.html>
- AHAC. (s.f.). RAC OPS 1. Recuperado el 09 de 2016, de [http://www.ahac.gob.hn/Documentos/RACS/rac%20ops1.pdf?wpfb\\_dl=80](http://www.ahac.gob.hn/Documentos/RACS/rac%20ops1.pdf?wpfb_dl=80)
- Cnel. de Aviación (r), J. I. (9 de 12 de 2015). Director General AHAC. (M. L. Mantilla, Entrevistador)
- FAA. (s.f.). Recuperado el 09 de 2016, de <https://www.faa.gov/FAA-Results>. (s.f.). Recuperado el 09 de 2016, de <https://www.faa.gov/about/initiatives/iasa/>
- Institucion de Acceso a la Información Pública (IAIP). (s.f.). *Organigrama y contrataciones personal*. Recuperado el 09 de 2016, de <http://portalunico.iaip.gob.hn/portal/index.php?portal=427>
- *Ley de Aeronáutica Civil*. (2004). Tegucigalpa. OACI - Declaración Puerto España. (s.f.). Recuperado el 09 de 2016, de <http://www2010.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2014/SSPSMS/DeclaracionPuertoEspa%C3%B1a.pdf>
- OACI. (2011). *Situación Global de la Seguridad Operacional*. Obtenido de [http://www.icao.int/safety/Documents/ICAO\\_State-of-Global-Safety\\_web\\_SP.pdf](http://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_State-of-Global-Safety_web_SP.pdf)
- OACI. (s.f.). *Ningún país se queda atrás*. Recuperado el 09 de 2016, de [http://www.icao.int/about-icao/NCLB/Pages/ES/default\\_ES.aspx](http://www.icao.int/about-icao/NCLB/Pages/ES/default_ES.aspx)
- PCM-001-2014. (22 de 02 de 2014). Gabinetes Sectoriales. *Diario Oficial La Gaceta*, págs. 53-60. PCM-022-2015. (2015 de 05 de 18). Enmiendas PCM-047-2014. *Diario Oficial La Gaceta*, págs. 53-54.
- PCM-022-2015. (2015 de 05 de 2015). Enmiendas PCM-047-2014. *Diario Oficial La Gaceta*, págs. 53-54.
- PCM-047-2014. (11 de 10 de 2014). Creación de la AHAC. *Diario Oficial La Gaceta*, págs. 1-5. PCM-047-2015. (11 de 10 de 2014). Creación de la AHAC. *Diario Oficial La Gaceta*, págs. 1-5.
- Real Academia Española. (s.f.). Recuperado el 09 de 2016, de <http://dle.rae.es/?id=RBkqjJl>

- Real Academia Española. (s.f.). *Definición*. Recuperado el 2016, de <http://dle.rae.es/?id=aKAffeR>
- Sampiere, R. (2006). Metodología de la Investigación, *Cuarta Edición*. México: McGraw-Hill.
- SCGG. (s.f.). *Sistema Presidencial de Gestión por Resultados*. Recuperado el 09 de 2016, de <http://presidencia.scgg.gob.hn/SGPR.Admin2015/>
- Secretaría de Finanzas. (s.f.). *Disposiciones Generales Presupuesto 2015 Honduras*. Recuperado el 09 de 2016, de <http://www.sefin.gob.hn/wp-content/uploads/Presupuesto/2015/aprobado/Disposiciones%202015.pdf>
- SEFIN. (s.f.). SIAFI. Recuperado el 09 de 2016, de <https://copan.sefin.gob.hn/presentacionssso/login/frmlogin.aspx>

# NOTAS INFORMATIVAS

# *Revista Ciencias Espaciales: Política editorial, instrucciones a los autores, y criterios para el diseño, diagramación y maquetación de la revista*

## 1. POLÍTICA EDITORIAL

La Revista Ciencias Espaciales es una publicación semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Cada año calendario se publica un Volumen que consta de dos Números. El primero, Numero 1, llamado Primavera, incluye artículos de los campos de Astronomía y Astrofísica, Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Arqueoastronomía y Astronomía Cultural y Ciencias Aeronáuticas. El segundo, el Numero 2, llamado Otoño, se dedica rotativamente por años, a cada uno de los campos temáticos mencionados. El color de fondo de la carátula de la Revista cambia anualmente de: azul espacio para Astronomía y Astrofísica, verde tierra para Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, rojo ladrillo para Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, azul cielo para Ciencias Aeronáuticas.

La Revista Ciencias Espaciales tiene un Director y, un Consejo Editorial integrado por profesores de los Departamentos de la Facultad y otros Profesores invitados. Ellos son los encargados de recibir los documentos y gestionar el proceso de selección de los artículos, edición y publicación de la Revista. Dependiendo del campo temático del año, rotatoriamente un miembro del Consejo Editorial se desempeña como Editor de la Revista. La Revista Ciencias Espaciales cuenta además con un Consejo Científico Internacional responsable de velar por la calidad del contenido de la Revista. En el interior de la Portada se publican los nombres del Director, Editor, Miembros del Consejo Editorial y del Consejo Científico.

La Revista Ciencias Espaciales publica artículos originales de autores nacionales y extranjeros, residentes dentro o fuera del país. Los artículos publicados pueden estar referidos a investigaciones científicas en los campos de la Astronomía y Astrofísica, Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Arqueoastronomía

y Astronomía Cultural y Ciencias Aeronáuticas. El contenido de cada artículo es responsabilidad de sus autores. Los artículos no deben exceder las 10,000 palabras incluyendo el resumen, el texto y las referencias bibliográficas citadas.

Los editores se reservan el derecho de rechazar o devolver para su revisión, cualquier artículo que no se considere completo o apropiado. Antes de que un artículo sea publicado, sus autores deben mostrar evidencias de contar con los permisos para hacer citas o usar figuras y datos. Si un artículo tiene varios autores, debe presentarse evidencia que todos los coautores desean publicarlo.

## **2. INSTRUCCIONES A LOS AUTORES**

### **2.1 Para los Editores**

Los manuscritos son evaluados por los editores en consulta con pares revisores o por los especialistas seleccionados. En ocasiones, los autores pueden sugerir revisores. Los editores garantizan el anonimato de los revisores. Los editores tienen la decisión final sobre los manuscritos. El proceso de evaluación toma de cuatro a ocho semanas. Los autores son informados de la aceptación o no aceptación de su manuscrito. La aceptación puede indicar mejoras al manuscrito. Los documentos no aceptados, pueden ser considerados después de revisados, para una nueva selección.

### **2.2 Para los Autores**

Los autores son responsables de los contenidos de sus artículos, y de garantizar que sus documentos se presenten en la forma adecuada, incluyendo los permisos necesarios para agregar figuras, tablas, u otro material protegido.

Cada artículo que se remita para ser publicado en la Revista Ciencias Espaciales debe organizarse en secciones. Todas las secciones deben escribirse a doble espacio y en página separada. El orden de las secciones es el siguiente:

- Página del Título (página separada, numerada como página 1)
- Resumen en idioma español (en página separada)
- Resumen en idioma Inglés (en página separada)
- El texto (empieza en página separada)



- Agradecimientos (se incluyen inmediatamente al final de texto)
- Referencias citadas (empiezan en una nueva página)
- Figuras (en página separada cada una)
- Tablas (en página separada cada una)

### 2.2.1 *Página del Título*

Esta página debe incluir:

- El título del artículo. Escrito en mayúsculas, centrado y colocado en la parte superior de la página. El título debe ser conciso, pero informativo. Su objetivo es dar a conocer al lector lo esencial del artículo. No debe exceder de 15 palabras.
- Nombre del autor o los autores. Escribir el nombre completo del autor o autores, indicando el nombre del departamento, institución o instituciones a las que pertenecen.
- Debe indicarse también la dirección electrónica y el teléfono del autor principal responsable de la correspondencia a la que pueden dirigirse avisos sobre el artículo.

### 2.2.2 *Página de Resumen en idioma español*

Debe incluirse un Resumen en idioma español, con las siguientes características:

- Debe tener un máximo de 250 palabras.
- La estructura debe contener el objetivo del estudio; metodología, técnicas o procedimientos básicos utilizados; los resultados más destacados y las principales conclusiones. Hará hincapié en aquellos aspectos del estudio o de las observaciones que resulten más novedosas o de mayor importancia.
- Con el encabezado de Palabras clave, inmediatamente después del Resumen se deben incluir de 3 a 5 palabras clave las cuales facilitaran el indizado del artículo.

### 2.2.3 *Página de Resumen en idioma inglés*

Un Resumen y palabras clave también deben ser presentados escritos en idioma inglés. El resumen en inglés puede ser un poco mayor de 250 palabras.

## 2.2.4 El Texto

Al inicio de cada sección, los títulos de primer nivel deben escribirse en letras mayúsculas y negritas. Los títulos de segundo nivel deben escribirse en mayúsculas y minúsculas, en negritas. Los títulos de tercer nivel, deben escribirse en mayúsculas y minúsculas, y en letra cursiva.

Se recomienda que el texto se estructure en las siguientes secciones: Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones.

Introducción. La finalidad de esta sección es ubicar al lector en el contexto en que se realizó la investigación, por lo que debe mencionar claramente los siguientes aspectos:

- El propósito o finalidad de la investigación: es importante que quede claro cuál ha sido el problema estudiado, y cuál es la utilidad del producto de la investigación (para que sirve, a quien le sirve, donde se puede usar, etc.)
- Se debe enunciar de forma resumida la justificación del estudio.
- Los autores deben aclarar que partes del artículo representan contribuciones propias y cuales corresponden a otros investigadores, incluyendo en estos casos las referencias bibliográficas apropiadas.
- En esta sección se describirá de manera muy general la metodología empleada, resultados y las conclusiones más importantes del trabajo.
- Se pueden enunciar los retos que conllevó la realización de la investigación y una explicación breve de cómo se superaron.

Metodología. En términos generales, es la manera estructurada por medio de la cual se ha logrado obtener conocimiento o información producto de la investigación. En términos prácticos, es la manera seleccionada para solucionar el problema estudiado.

Aquí se describe el diseño del método o del experimento (aleatorio, controlado, casos y controles, prospectivo, etc.). Se indicará con claridad cómo y por qué se realizó el estudio de una manera determinada. Se ha de especificar cuidadosamente el significado de los términos utilizados y detallar de forma exacta como se recogieron los datos. Estos métodos se describirán también en el resumen del artículo.

Se describe el área de estudio, población u objetos sobre los que se ha hecho la investigación. Describe el marco y como se ha hecho su selección. Describe con claridad cómo fueron seleccionados los sujetos, objetos o elementos sometidos a observación.

Se indica el entorno donde se ha hecho el estudio. Procure caracterizar el lugar o ubicación escogida.

Se describen las técnicas, tratamientos (siempre utilizar nombres genéricos), mediciones y unidades, pruebas piloto, aparatos y tecnología, etc. Describa los métodos, aparatos y procedimientos empleados con el suficiente grado de detalle para que otros investigadores puedan reproducir los resultados.

Resultados. Presente los resultados auxiliándose de tablas y figuras, siguiendo una secuencia lógica. No repita en el texto los datos de las tablas y figuras; destaque o resuma tan solo las observaciones más importantes. Recuerde que las tablas y figuras deben tener una numeración correlativa y siempre deben estar referidos en el texto.

Los resultados deben ser enunciados claros, concretos y comprensibles para el lector; y por supuesto, se deben desprender del proceso investigativo enmarcado en el artículo.

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, las limitaciones del estudio, así como sus implicaciones en futuras investigaciones. Si es posible se compararan las observaciones realizadas con las de otros estudios pertinentes.

Conclusiones. Son proposiciones o ideas producto o resultado de la investigación realizada, de modo que se deben relacionar con los objetivos del estudio. Evite afirmaciones poco fundamentadas o subjetivas y conclusiones insuficientes avaladas por los datos.

Agradecimientos. Los agradecimientos se incluyen al final del texto. Este debe ser un apartado muy breve, en donde se agradece a las personas que han colaborado

con la investigación, o a las instituciones que apoyaron el desarrollo del trabajo. También se puede incluir en los agradecimientos el apoyo financiero y los medios materiales recibidos.

### *2.2.5 Referencias citadas*

La lista de las referencias citadas y las citas deben concordar y ser precisas. Todas las referencias que aparecen citadas en el texto deben de aparecer también en la lista de referencias; y todas las referencias listadas deben de aparecer mencionadas en el texto.

Las referencias deben ser utilizadas en el texto incluyendo el apellido del autor y el año de la publicación. Para construir la lista de referencias se recomienda utilizar las Normas Internacionales APA, distinguiendo si la cita se refiere a un solo autor o a varios autores de un artículo, al autor de un libro, sección o capítulo de un libro, una publicación periódica u otra obtenida en Internet. En tal sentido, es necesario incluir todas las fuentes que sustentan la investigación realizada y que se usaron directamente en el trabajo.

### *2.2.6 Figuras*

Después de las Referencias Citadas, en páginas separadas se incluyen las figuras. Para las figuras tener en cuenta que:

- Todas las figuras deben ser mencionadas explícitamente en el texto por sus números.
- Las figuras se numeraran consecutivamente según su primera mención el texto, desde la primera hasta la última. El formato, letras, números y símbolos usados en las figuras, serán claros y uniformes en todos los lugares donde aparezcan en el artículo.
- Los títulos y las explicaciones detalladas se incluirán en las leyendas de las figuras y no en las mismas figuras.
- Si se emplean fotografías de personas, figuras o imágenes que no son de elaboración propia, se deberá incluir el permiso por escrito para poder utilizarlas.
- Todas las figuras, fotografías e ilustraciones deben tener un pie de imagen que las identifique.

- En figuras múltiples, la leyenda debe describir las componentes de la figura: (a), (b), (c), etc., las cuales deben estar claramente etiquetadas.

En el Texto, en un renglón separado escribir “Incluir Figura XX”, para indicar el lugar recomendado para insertar la Figura. En la edición final de la Revista, la Figura se insertará, lo más cercano inmediatamente al lugar que fue citada.

### 2.2.7 Tablas

Después de las Figuras, en páginas separadas incluya las Tablas. Tomar en cuenta que:

- Todas las tablas deben ser mencionadas explícitamente por sus números y deben aparecer en el orden correcto en el texto del documento. Una tabla con un número mayor no debe anteceder a otra con número menor (por ejemplo: tabla 4 antes que tabla 3).
- Las tablas se enumeran correlativamente desde la primera hasta la última. Cada tabla debe ser enunciada en el texto por lo menos una vez.
- A cada tabla debe asignársele un breve título, pero no dentro de ésta. Las tablas deben ser escritas en líneas horizontales, y no deben dejarse filas en blanco entre ellas. Los encabezados de las columnas deben ser muy breves, con la primera letra en mayúscula. En estos encabezados, las unidades deben aparecer inmediatamente debajo.
- Las explicaciones o información adicional se pondrán en notas al pie de tabla, no en la última fila de la tabla. En estas notas se especificaran las abreviaturas empleadas, para hacerlo se usaran como llamadas.
- Identifique las unidades de medida utilizadas.
- Las tablas no deben presentarse divididas en partes. A tablas relacionadas debe asignárseles números diferentes, manteniendo la secuencia correspondiente.
- Las tablas de los apéndices deben numerarse en una nueva secuencia.
- Todas las referencias citadas en las tablas deben aparecer en la lista de referencias citadas.

En el Texto, en un renglón separado escribir “Incluir Tabla XX”, para indicar el lugar recomendado para insertar la tabla. En la edición final de la Revista, la tabla se insertará, lo más cercano inmediatamente al lugar que fue citada.

### *2.2.8 Unidades de medida*

Las unidades de medida se deben expresar en unidades del sistema métrico decimal. Se debe tomar como referencia el Sistema Internacional de Unidades.

### *2.2.9 Abreviaturas y símbolos*

En las siglas, abreviaturas y símbolos, use únicamente las normalizadas. Evite las abreviaturas en el Título y en el Resumen. Cuando en el texto se emplee por primera vez una abreviatura o sigla, esta debe ir precedida del término completo, salvo si se trata de una unidad de medida común.

### *2.2.10 Recomendaciones generales para presentar el manuscrito*

Para presentar el manuscrito, se recomienda al autor o autores tener en cuenta:

- Todo el manuscrito debe presentarse en un solo documento, escrito con letra Arial Narrow, tamaño 12.
- Las páginas se numeran consecutivamente comenzando por la página del título hasta terminar con la última referencia citada.
- El número de página se ubicara en ángulo inferior derecho de cada página.
- Todo el documento se imprimirá en papel blanco tamaño carta, con márgenes de 2 cm a cada lado (superior, inferior, derecho e izquierdo). El papel se imprimirá en una sola cara.
- La extensión total del texto tendrá un máximo de 17 páginas, a doble espacio, incluidas desde la página del título hasta las referencias citadas.
- Las figuras deben presentarse con la mayor resolución posible (mínimo 300 psi), en un formato JPG o TIFF, una figura por cada página.
- Incluya las autorizaciones para la reproducción de material anteriormente publicado, para la utilización de figuras o ilustraciones que puedan identificar a personas o para imágenes que tengan derechos de autor. Adjunte la cesión de los derechos de autor y formularios pertinentes.
- Las tablas deben presentarse, una tabla por página.
- Los autores deben entregar el manuscrito en un soporte electrónico (en CD-ROM, memoria o correo electrónico). Para la entrega tener en cuenta las siguientes consideraciones: a) Especificar claramente el nombre del archivo que contiene el artículo; b) Etiquetar el CD, memoria o el correo electrónico,

con el nombre abreviado del artículo y del autor; c) Facilitar la información sobre el software y hardware utilizado, si procede; d) Indicar el nombre del autor responsable a quien puede dirigirse avisos sobre el artículo.

### 3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO, DIAGRAMACIÓN Y MAQUETACIÓN DE LA REVISTA

#### De la Portada:

Texto:

- Ciencias Espaciales. Tipo: Times New Roman. Tamaño: 48. Color: blanco.
- Publicación semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)
- Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- Volumen, Año, Número, Temporada.
- ISSN:2225-5249
- URL: <http://www.faces.unah.edu.hn>

Imágenes y Logos:

- Logo de la UNAH
- Imagen alusiva al contenido

Color de fondo:

- Revista Ciencias Espaciales de Astronomía y Astrofísica: Azul Espacio. R:42, G:75, B:106
- Revista Ciencias Espaciales de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica: Verde Tierra R:0, G:124, B:103
- Revista Ciencias Espaciales de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural: R:130, G:47, B:44
- Revista Ciencias Espaciales de Ciencias Aeronáuticas: Azul Cielo. R:160, G:199, B:230

Dimensiones:

- 24.4 x 16 cm. Grosor varia

## **Del Lomo**

Texto:

- Ciencias Espaciales. Tipo: Times New Roman. Tamaño: 12, Color: Blanco.
- Volumen x, Año xxxx, Número x, Temporada xxxxxx.

## **De la contraportada:**

Imágenes y logos:

- UNAH
- Facultad de Ciencias Espaciales

## **Del interior de la Revista**

Texto:

- Tipo de letra: Arial Narrow. Tamaño: 12
- Espaciado: Anterior 0 puntos. Posterior 10 puntos. Interlineado: mínimo.
- Márgenes: superior: 0.8 pulgadas, izquierdo: 0.8 pulgadas, inferior: 1 pulgada, derecho: 0.5 pulgadas.
- Figuras: Tipo de letra: Arial Narrow. Tamaño: 12

Las páginas de la derecha deben llevar:

- En la parte superior: Revista Ciencias Espaciales, Volumen x, Año xxxx, Numero x, Temporada xxxxxx,
- En la parte inferior: Facultad de Ciencias Espaciales y el número de la página.
- Revista Ciencias Espaciales - NOTAS INFORMATIVAS 8
- Las páginas de la izquierda deben llevar:
- En la parte superior: Revista Ciencias Espaciales, Volumen x, Año xxxx, Número x, Temporada xxxxxx.
- En la parte inferior: Facultad de Ciencias Espaciales y el número de página.

El arte y diagramación de la Revista Ciencias Espaciales es aprobado por la Secretaria Ejecutiva de Desarrollo Institucional de la UNAH y la Editorial Universitaria. Las dimensiones de cada ejemplar son de 23.4 x 16 cm.

Fecha de última actualización: Julio de 2016.





Facultad de Ciencias Espaciales  
Edificio K-2, Ciudad Universitaria  
Tel/fax: (504) 2239-4948  
web: [www.faces.unah.edu.hn](http://www.faces.unah.edu.hn)