

CIENCIAS ESPACIALES

Publicación Semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)
Universidad Nacional Autónoma de Honduras | Volumen 12, Número 1 Primavera, 2019
ISSN 2225-5249 (impreso), ISSN 2521-5868 (en línea)



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

Ciencias Espaciales

Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)
Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)
Tegucigalpa, M.D.C., Honduras

Volumen 12, Número 1 Primavera, 2019. ISSN 2225-5249 (impreso); ISSN 2521-5868 (en línea)

Portada

En la imagen de fondo se muestra un RPAS en vuelo de prueba en la Facultad de Ciencias Espaciales (autor: Ramon Bueso). En las imágenes con cortes hexagonales se muestra: una representación de Venus por los mayas en la Banca Celestial, ubicada en el Museo de las Esculturas de Copán Ruinas (autor: Eduardo Rodas); un mapa del Análisis de Visibilidad Satelital y Tiempo de viaje en cada Centro Regional de la Red Geodésica Activa de la UNAH (autor: Antonio Carías). La última imagen del panel hexagonal izquierdo es una representación a computadora del Observatorio espacial de rayos X Chandra (fuente: images.nasa.gov). Se muestra también el uso pedagógico de un dron o RPAS (autor: Ramón Bueso).

Directora

M. Sc. Vilma Lorena Ochoa López
(Facultad de Ciencias Espaciales, UNAH)

Edición

Máster Alex Matamoros Castro
(Ciencias Aeronáuticas, UNAH)

Consejo Editorial

Ph. D. Juan Gregorio Rejas Ayuga
(Universidad Politécnica de Madrid, España)
Ph. D. Yvelice Soraya Castillo
(Astronomía y Astrofísica, UNAH)
Máster José Valentin Mauri Guevara
(Astronomía y Astrofísica, UNAH)
Máster Yessica Yamileth Sosa Reyes
(Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, UNAH)
Máster Eduardo Rodas
(Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, UNAH)
Máster Celina Michelle Sosa
(Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, UNAH)

Consejo Científico

Ph. D. Jacopo Fritz
(Universidad Nacional Autónoma de México, UNAH)
Ph. D. Francisco Maza Vásquez
(Universidad de Alcalá, España)
Ph. D. Stanislaw Iwaniszewski
(Instituto Nacional de Antropología e Historia, México)
Ph. D. Victor Fernando Gómez
(Universidad Politécnica de Madrid, España)

Edición, arte y diagramación

Lic. Selvin Roberto Vásquez
(Astronomía y Astrofísica, UNAH)
Correo electrónico: selvin.vasquez@unah.hn

Ph. D. Javier Mejuto
(Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, UNAH)
Correo electrónico: javier.mejuto@unah.edu.hn

Contacto

M. Sc. Vilma Lorena Ochoa López
lorena.ochoa@unah.edu.hn

Para mayor información:

Página web:
<http://faces.unah.edu.hn/revistace/>

Correo electrónico:
revista.cespaciales@unah.edu.hn

Facultad de Ciencias Espaciales.

El 17 de abril de 2009, mediante Acuerdo N° 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).

CONTENIDO

Volumen 12, Número 1 Primavera, 2019

ARTÍCULO DE FONDO	4
Revista Ciencias Espaciales, diez años de evolución <i>Alex Matamoros, Nohemy Rivera-Gutiérrez</i>	5
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	17
Análisis de visibilidad satelital y tiempo de viaje en cada centro regional de la red geodésica activa de la UNAH en el año 2018 <i>Antonio Carías, Manuel Rodríguez, Yeny Castellanos, Yessica Sosa, Marcela Norori</i>	18
Combinando modelos de análisis multicriterio para localización de cosechas de agua en el sur de Honduras, año 2018 <i>José Cáceres-Coello</i>	28
Influencia de la silvicultura en la incidencia de <i>Dendroctonus frontalis</i> , Campamento, Olancho, mediante tecnologías de la información geográfica, 2000-2016 <i>Javier-Enrique Meza-Antúnez</i>	40
DEPARTAMENTO DE ARQUEOASTRONOMÍA Y ASTRONOMÍA CULTURAL	52
Modelo 3D plaza de las estelas Copán: análisis arqueoastronómico preliminar <i>Javier Mejuto-González, Eduardo Rodas-Quito</i>	53
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AERONÁUTICAS	61
Condiciones para la implementación de un marco regulatorio al uso de RPAS en Honduras <i>Omri Amaya, Ramón Bueso, Lenin Valeriano, Allister Stefan</i>	62
NOTAS INFORMATIVAS	77
Revista Ciencias Espaciales, instrucciones a los autores y criterios para el diseño, diagramación, maquetación	78

ARTÍCULO DE FONDO

REVISTA CIENCIAS ESPACIALES, DIEZ AÑOS DE EVOLUCIÓN

Alex Matamoros^{1,*}; Nohemy Rivera-Gutiérrez^{1,†}

¹Facultad de Ciencias Espaciales, UNAH

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v12i1.9673>

RESUMEN

Para la presente investigación se recogieron los datos más relevantes de las 18 publicaciones hechas de la Revista Ciencias Espaciales hasta su edición de otoño de 2017. Entre los resultados obtenidos destacan los siguientes: 1) Estadísticas relevantes: todas las revistas publicadas hasta 2017 suman un total de 177 artículos publicados en 3593 páginas; cada artículo tiene una extensión de entre 17 y 22 páginas y es producto de un trabajo de investigación, cuando el autor es un Profesor de la UNAH; la Revista Ciencias Espaciales (en adelante RCCEE) cumple con más del 70% de los requisitos establecidos para ser parte del Índice CAMJOL y es parte del Catálogo de dicho índice; hasta 2017 se calcula en un 65% la participación de autores externos; 2) lugar de la Revista Ciencias Espaciales entre las publicaciones de la UNAH: la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES) ha mantenido su publicación de forma continua, aun cuando no hayan contado con edición las revistas de las Facultades de Química y Farmacia, Odontología e Ingeniería, a pesar de ser más antiguas y contar con más profesores. La revista explica requisitos de publicación de forma y fondo, entre los que destacan el cumplimiento en el cuerpo del artículo con las partes de Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones, la inclusión de la revisión de pares externos, el mantener la coherencia de los resultados con los objetivos de la investigación. En general la presente investigación concluye en que la publicación de la RCCEE es una instancia académica en la cual la mayoría de los profesores de la FACES incorporan la investigación científica como parte de su asignación académica; además, cada número durante los diez años de existencia de la RCCEE ha contado con un Consejo Editorial mixto (profesores de FACES e investigadores externos). Se recomienda que en todo momento se conserve el equilibrio entre la visibilidad externa de los artículos y el fortalecimiento de la investigación local y se finaliza indicando que la sostenibilidad de la publicación de la RCCEE presenta todavía algunos desafíos

Palabras clave: Revista Ciencias Espaciales, publicación, visibilidad.

ABSTRACT

For the present investigation, the most relevant data of the 18 publications made of the Space Sciences Magazine until its fall edition of 2017 were collected. Among the results obtained the following stand out: 1) Relevant statistics: all the editions published until 2017 sum up a total of 177 articles published in 3,593 pages; each article has an extension of between 17 and 22 pages and is the product of their respective research reports, when the author is a Professor of UNAH. The Space Sciences Journal (hereafter, RCCEE) meets more than 70% of the requirements established to be part of the CAMJOL Index and is part of the Catalog of index. Until 2017, the participation of external authors is estimated at 65%; 2) Place of the Spacial Science Magazine among the publications of the UNAH: FACES has maintained its continuos publication when instead they do not have a journal of the Faculties of Chemistry and

*amatamoros@unah.edu.hn

†nohemy.rivera@unah.edu.hn

Pharmacy, Dentistry and Engineering despite being older and having more teachers. The journal explains requirements of publication of form and substance, among which the compliance in the body of the article with the parts of Introduction, Methodology, Results, Discussion and Conclusions, the inclusion of the review of external peers, maintaining the coherence of the results with the research objectives. In general, the present research concludes that the publication of the RCCEE is an academic instance in which most of the FACES professors incorporate scientific research as part of their academic assignment; In addition, each issue during the ten years of existence of the RCCEE has had a mixed Editorial Board (FACES professors and external researchers); It is recommended that the balance between the external visibility of the articles and the strengthening of local research must be maintained at all times and is concluded by indicating that the sustainability of the RCCEE publication still presents some challenges.

Keywords: Space Sciences Journal, publication, visibility.

1 *Introducción*

La Revista Ciencias Espaciales (RCCEE) es el principal medio de divulgación científica de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), en los campos de la Astronomía y Astrofísica, Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Arqueoastronomía y Astronomía Cultural y Ciencias Aeronáuticas. En parte, los trabajos allí publicados reflejan los avances logrados por esta Facultad en sus respectivos campos científicos, a partir de las investigaciones realizadas por sus profesores. Por otra parte, este medio de divulgación es aprovechado por profesores de otras Universidades y distintos profesionales e instituciones nacionales e internacionales que se encuentran desarrollando investigaciones y labores de docencia y vinculación en forma conjunta con FACES. En tal sentido, es de esperarse que la Revista cumpla la función de fortalecimiento de la investigación, aportando a las funciones académicas esenciales de docencia y vinculación.

Este artículo se enfoca en reflexionar sobre la evolución de la Revista Ciencias Espaciales en los primeros diez años de existencia, desde su creación en 2009, caracterizando, la producción que se ha desarrollado en este período de tiempo.

El objetivo principal de las revistas científicas consiste en divulgar los resultados científicos y tecnológicos producto de investigaciones actuales, y su impacto se mide principalmente por las citas que consiguen sus artículos; por lo tanto, las revistas buscan publicar investigaciones de autores de prestigio o resultados de relevancia o novedad. Por otra parte, los investigadores buscan divulgar los resultados de sus investigaciones, tomando en cuenta el prestigio de la publicación y la máxima visibilidad de sus productos entre la comunidad científica local o mundial a la que pertenecen. Es decir, el mundo de la publicación científica se enfoca en la visibilidad de las publicaciones, lo que influye en las decisiones de las revistas, particularmente de los consejos editoriales, en cuanto a qué y a quién publicar; y de los investigadores respecto a dónde publicar y bajo qué criterios. “Lo que provoca un proceso de retroalimentación positiva que consiste en que, con el progresivo aumento del prestigio de la revista, aumenta su difusión; lo que conlleva a que más autores de calidad les remitan sus trabajos, lo cual redundará en un nuevo aumento de prestigio” (Díaz *et al.*, 2001).

En la medida que la calidad de sus investigaciones aumenta, los investigadores optan por publicar en revistas de mayor prestigio, en detrimento de la publicación en las revistas de menor visibilidad. En esa búsqueda de la máxima difusión de sus resultados, tanto por razones curriculares como de financiación de su investigación, “los autores tienden a emplear el foro y el idioma que mejor les permita alcanzar este

objetivo” (Díaz *et al.*, 2001). Aunado a ello, los procesos de evaluación premian a la publicación en revistas de mayor prestigio. Es decir, diversos elementos y procesos institucionales nacionales e internacionales orillan a los autores a publicar en otras revistas diferentes a las locales. Por otra parte, existe otro grupo de académicos que aporta al proceso de divulgación de la ciencia formando parte de consejos científicos o como pares revisores de las revistas arbitradas. Formar parte de esos grupos, redundan en méritos para los académicos, en especial, si forman parte de revistas de mayor prestigio.

Según SCIMAGO, para el año 2018, estaban en el ranking 24.701 revistas (Scimago, 2018). La región de Europa oriental tiene la mayor presencia en ese ranking con 48 % de las revistas, seguido por Norteamérica. En los primeros 100 puestos se ubican revistas de Estados Unidos y Reino Unido principalmente, Holanda y Alemania abonan un par de revistas en esos primeros lugares. Mientras que América Latina participa con 832 revistas, quedando como la quinta región en cuanto a la cantidad de revistas consideradas en el ranking. De la región centroamericana, Costa Rica aporta 4 revistas.

En la categoría de Ciencias de la Tierra y Ciencias Planetarias de este ranking, se encuentran 1136 revistas. Las primeras 100 posiciones de esta categoría la encabeza Estados Unidos, luego se encuentran revistas de diferentes países como Reino Unido, Japón, Holanda, Francia, Polonia y China. Por región, la presencia de las revistas es similar al ranking general; con Europa oriental a la cabeza y Latinoamérica en una quinta posición (ver figura 1). Solamente 256 revistas de esta categoría son de acceso abierto, representando 22,5 %.

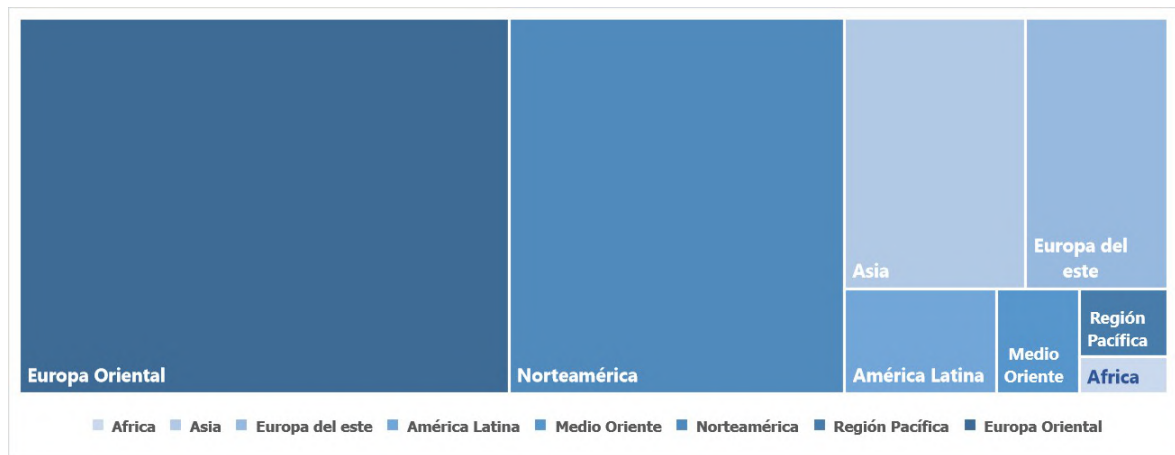


Figura 1: Revistas en ranking SCIMAGO, categoría de Ciencias de la Tierra y Planetarias, según región geográfica. Fuente: Scimago (2018)

La región latinoamericana, en la categoría de Ciencias de la Tierra y Ciencias Planetarias está representada con 50 revistas, mayormente de Brasil (ver figura 2). De ellas, 34 son de acceso abierto, que representa 68 %. No se encuentran revistas de la zona centroamericana.

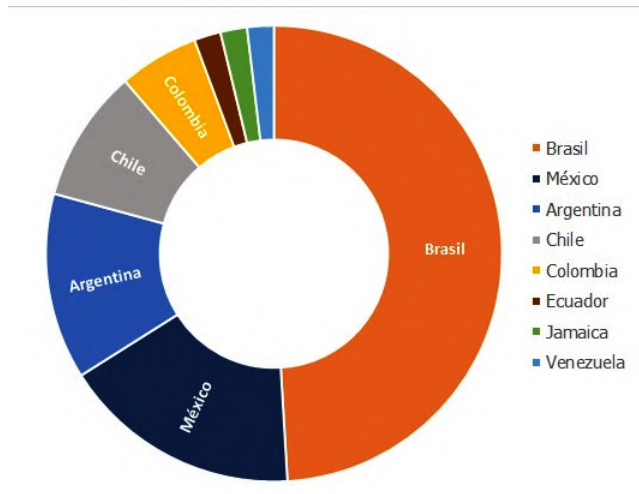


Figura 2: Revistas latinoamericanas en ranking SCIMAGO 2018, en la categoría de Ciencias de la Tierra y Ciencias Planetarias. Fuente: Scimago (2018)

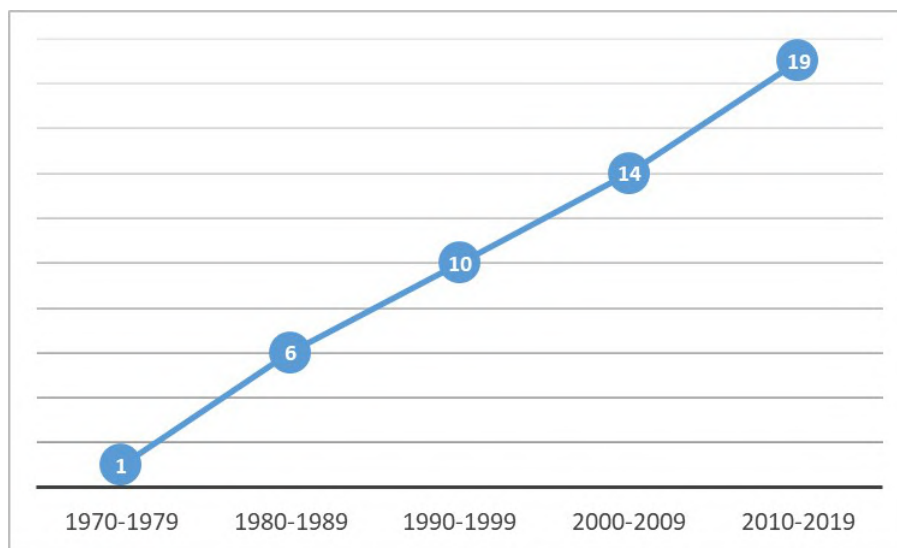


Figura 3: Antigüedad de las revistas latinoamericanas, en Ciencias de la Tierra y Planetarias. Fuente: Scimago (2018)

La antigüedad de estas revistas va desde publicaciones de la década de 1970 hasta revistas del año 2018 (ver figura 3). Se observa un incremento significativo de las revistas de reciente creación que forman parte del ranking. Asimismo, la publicación de algunas revistas no ha sido continua, sino que se declara el año de creación y otro u otros años de reactivación.

En la tabla 1 se presentan las primeras 10 revistas latinoamericanas en la categoría de Ciencias de la Tierra y Planetarias. Cuatro países lideran este ranking, México, Brasil, Chile y Argentina; publicadas, en gran parte, por universidades, bajo un esquema de acceso abierto.

Tabla 1: Ranking SCIMAGO de revistas de América Latina en la categoría de Ciencias de la Tierra y Planetarias, 2018

Revista	País	Institución	Inicio	Acceso abierto
Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica	México	Universidad Nacional Autónoma de México	1996	x
Andean Geology	Chile	Servicio Nacional de Geología y Minería	2009	x
Gaea	Brasil	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	2012/2016	
Brazilian Journal of Geology	Brasil	Sociedade Brasileira de Geologia	2013	x
Ameghiniana	Argentina	Asociación Paleontológica Argentina	1985/1992	
Brazilian Journal of Oceanography	Brasil	Universidade de Sao Paulo	2008	x
Atmósfera	México	Universidad Nacional Autónoma de México	1988	x
Revista Mexicana de Ciencias Geológicas	México	Universidad Nacional Autónoma de México	1996	x
Revista Brasileira de Paleontologia	Brasil	Sociedade Brasileira de Paleontologia	2010	x
Latin American Journal of Aquatic Research	Chile	Pontificia Universidad Católica de Valparaiso	2008	x

Fuente: [Scimago \(2018\)](#)

En un ámbito local, CAMJOL (por su nombre en inglés, Central American Journals Online) es una base de datos de revistas publicadas en Nicaragua, Honduras y El Salvador, donde se visibilizan 53 revistas de diferentes áreas del conocimiento [CAMJOL \(2019\)](#).

La publicación de revistas locales representa otro ámbito de la publicación científica. Pero su poca visibilidad no les permite estar incluidas en sistemas de mayor prestancia internacional como el Science Citation Index (SCI) u otros similares. Esta poca visibilidad hace que las revistas locales se enclaustran en su propio ámbito con pocas posibilidades de trascender a lo regional o al campo internacional.

Esto no beneficia a las instituciones en cuanto a visibilidad, pero podría beneficiar en el proceso formativo y desarrollo profesional de los docentes y estudiantes en el ámbito de la investigación y divulgación de resultados. Asimismo, trae beneficios en cuanto a la disponibilidad de bibliografía en el idioma local y disponibilidad de investigaciones y artículos en acceso abierto. Todo depende de los propósitos que busca cada revista.

Según datos de la Dirección de Investigación Científica Humanística y Tecnológica, actualmente la UNAH cuenta con 17 revistas de las cuales se reportan 14 revistas activas (ver tabla 2). Se puede decir que la mayoría de las diez facultades de la UNAH cuentan con una revista científica. Según el reporte, todavía carecen de este medio de divulgación, las Facultades de Química y Farmacia, Odontología e Ingeniería a pesar de ser en edad mucho mayores que la Facultad de Ciencias Espaciales y contar con número mucho mayor de profesores.

Tabla 2: Revistas publicadas en la UNAH

No.	Nombre de la revista	Unidad académica	Facultad
1	Revista de la Facultad de Ciencias Médicas	Unidad de Tecnología Educación en Salud	Facultad de Ciencias Médicas
2	Revista Acta Pediátrica Hondureña	Aula Dr. Osman Fajardo servicio de pediatría	
3	Revista Científica de la Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud	Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud	
4	Revista Médica de los Posgrados (inactiva)	Posgrado de Medicina	
5	Revista Población y Desarrollo: Argonautas y caminantes	Maestría en Demografía	Facultad de Ciencias Sociales
6	Revista de la Ciencias Sociales	Instituto de Investigaciones Sociales, Facultad de Ciencias Sociales	
7	Revista perspectiva del Desarrollo	Doctorado en Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Sociales	
8	Revista de la Escuela de Física	Escuela de Física	Facultad de Ciencias
9	Revista del Microbiólogo (inactiva)	Escuela de Microbiología	
10	Ciencias Espaciales	Facultad de Ciencias Espaciales	
11	Revista Economía y Administración	Instituto de Investigaciones Sociales	Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables
12	Revista de Derecho	Instituto de Investigaciones Jurídicas	Facultad de Derecho
13	Revista Antropa	Departamento de Letras	Facultad de Humanidades y Artes
14	Revista de Ciencia y Tecnología	Dirección de Investigación Científica Humanística y Tecnológica	
15	Revista Portal de la Ciencia		
16	Revista UNAH INNOV@(de divulgación científica)	Dirección de Innovación Educativa	
17	Revista Arte y Cultura (de divulgación científica)	Centro de Arte y Cultura	

Fuente: respuesta vía correo electrónico, Dirección de Investigación Científica Humanística y Tecnológica-UNAH

Considerando que normalmente las publicaciones científicas en la UNAH se hacen con una dosis importante de voluntariado de los profesores, el simple hecho de mantener en funcionamiento una revista requiere de un esfuerzo siempre meritorio. La función esencial de la docencia absorbe casi toda la labor académica, lo cual se convierte en un desincentivo para escribir y publicar. Además, cuando se publica en línea se deben atender los estándares de publicación de las plataformas con las que mantiene coordinación la DICU y el Sistema Bibliotecario de la UNAH. Por todo lo anterior, al hacer una revisión de las revistas publicadas en formato electrónico y con vínculo en la página principal de la UNAH, solamente se encuentran disponibles algunas de las revistas de cuatro Facultades (ver tabla 3); en términos cuantitativos sólo cuatro de las seis Facultades con revistas científicas se encuentran visibles en la página principal de la UNAH; además, solamente dos de las Facultades tienen actualizadas sus publicaciones.

Tabla 3: Publicaciones de la UNAH en línea

No.	Revista	Facultad	Números publicados en línea	Última publicación	Dirección electrónica
1	Población y Desarrollo: Argonautas y Caminantes	Ciencias Sociales	12	Año 2016	https://cienciasociales.unah.edu.hn/revistas/demografia-y-desarrollo/poblacion-y-desarrollo-argonautas-y-caminantes-12/
2	Revista de las Ciencias Sociales	Ciencias Sociales	4	Año 2018	https://cienciasociales.unah.edu.hn/revistas/revistas-ccss/revista-ccss-vol-4/
3	Revista de la Escuela de Física	Ciencias	13	Enero-junio 2019	https://fisica.unah.edu.hn/publicaciones/revista-ref/ultimo-volumen-ref/
4	Revista de la Facultad de Ciencias Médicas	Ciencias Médicas	23	Enero-junio de 2015	http://www.bvs.hn/RFCM/html/DocsIndex.htm
5	Revista Ciencias Espaciales	Ciencias Espaciales	19	Enero-junio 2018	http://faces.unah.edu.hn/revistace/

Fuente: elaborada en base a datos del portal de la UNAH (UNAH, 2019)

La evolución de una revista se puede analizar en función de la cantidad y calidad de sus artículos y, de la cantidad y prestigio de autores. La optimización de los impactos positivos de la RCCEE tomando en consideración los aspectos antes mencionados, evidencia como problema la falta de un recuento de los

impactos que ha logrado la Revista Ciencias Espaciales en el desarrollo de las funciones esenciales de docencia, investigación y vinculación de la FACES desde su primera publicación de Primavera de 2009 hasta la publicación de otoño de 2017.

2 Metodología

La presente investigación consiste en un análisis exploratorio a partir de la revisión bibliográfica de las 18 publicaciones de la Revista Ciencias Espaciales, desde sus inicios en 2009 hasta el número de otoño de 2017. Además se hizo una revisión de publicaciones similares con énfasis en la región latinoamericana.

3 Resultados

a. La Revista Ciencias Espaciales. Estadísticas generales

La Revista Ciencias Espaciales nació con la Facultad del mismo nombre en abril de 2009 y hasta la fecha ha publicado dieciocho revistas (18) a un ritmo de dos números por año. Es importante mencionar que se inició publicando dos volúmenes por año, pero esta práctica sólo se sostuvo durante el primer año, de 2010 en adelante se publican dos números por volumen (FACES, 2019). Hasta la fecha, un número equivale a una revista, que puede ser la de Primavera o la de Otoño; con lo cual no hay una numeración correlativa de los números; un volumen equivale a dos revistas; cada uno de los volúmenes tienen un número correlativo, el volumen de 2018 será el número 11.

Tabla 4: Revistas publicadas entre 2009 y 2017

Tipo de ejemplar	Volúmenes	Números	Total volúmenes	Total números publicados
Impresa para público en general y digital abierta	3: Años 2009, 2010 y 2015	6: 2 de 2009, 2 de 2010 y 2 de 2015		
Impresa para público selecto y digital abierta	4: Años 2011, 2012, 2013 y 2014	8: 2 de 2011, 2 de 2012, 2 de 2013 y 2 de 2014	9	18
Versión digital abierta	4: 2 de 2016 y 2 de 2017	4: 2 de 2016 y 2 de 2017		

Fuente: elaborada en base a faces.unah.edu.hn/revistace/

Están disponibles en el sitio web de FACES, todas las revistas publicadas hasta los dos números de 2017 y hasta ese año suman un total de 177 artículos publicados en 3,593 páginas. Esta última cifra cobra relevancia si se considera que cada trabajo de investigación, al menos en aquellos proyectos que se presentan como parte de la carga académica, implica la elaboración de informes que en promedio tienen, en un cálculo conservador, una extensión de entre cincuenta y sesenta páginas, de las cuales se publican artículos que oscilan entre las 17 y las 22 páginas. Como muestra la figura 4, las revistas con mayor número de páginas fueron publicadas en 2015.



Figura 4: Número de páginas por revista y promedios

Actualmente la revista cuenta con un Consejo Editorial integrado por representantes de los cuatro departamentos de FACES y con un Consejo Científico conformado por colaboradores en los ámbitos nacional e internacional. El Departamento responsable se cambia cada año, y los dos números que se publican anualmente, se corresponden uno con la edición de Primavera en la que pueden publicar todos los departamentos, y el otro con la edición de otoño que se dedica a uno de los departamentos.

Hasta ahora, la RCCEE cumple con más del 70 % de los requisitos establecidos para ser parte del Índice CAMJOL y es parte del Catálogo de este. El cumplimiento con los treinta y ocho requisitos establecidos va desde las especificaciones de la portada hasta la inclusión de Consejo editorial, y la inclusión de un sistema de revisión con pares externos. Como se muestra más arriba, en la tabla 4, los formatos de salida de cada una de las revistas publicadas han variado según la disponibilidad financiera para hacer la publicación en papel.

Los autores de los artículos de la Revista Ciencias Espaciales exceden el número de profesores de la FACES; de hecho, el número de autores externos hasta 2017 se calcula en un 65 % y hasta ese año se habían publicado cuatro ediciones especiales en las que se contó con una colaboración externa que superó con mucho este 65 %. Estas ediciones especiales fueron las de Primavera y Otoño de 2015 que recogen las conferencias dictadas en la XIV Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información geográfica que se celebra con sedes rotativas y que contó con participaciones de la mayoría de países latinoamericanos y del Caribe; la de Otoño de 2016 fue auspiciada por el Instituto en Arqueoastronomía y Patrimonio Cultural y Natural (IARPACUNA), que recoge artículos principalmente de arqueólogos especialistas en la cultura maya, provenientes muchos de ellos de universidades norteamericanas; los trabajos presentados fueron expuestos en un evento público en Copán Ruinas, en el Año 2016. La de otoño de 2017 estuvo a cargo del Observatorio Universitario de Ordenamiento Territorial, y presenta las principales conferencias expuestas en el Segundo Seminario Científico Internacional de Cooperación Internacional para el Desarrollo Sustentable desarrollado en Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, Honduras en noviembre de 2016.

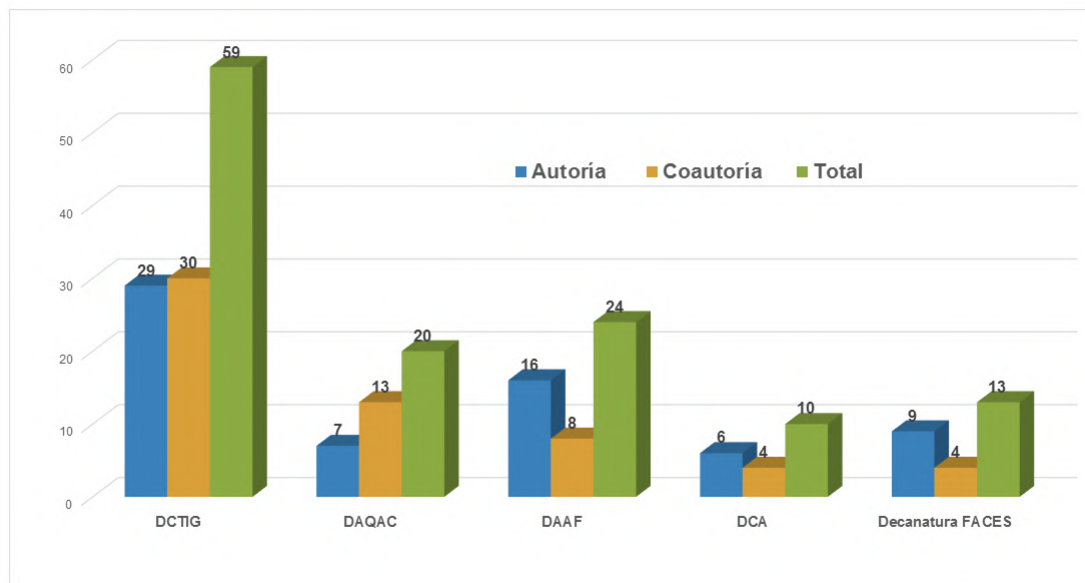


Figura 5: Autores agrupados por Departamento.

Los profesores de FACES tienen la libertad de publicar en la RCCEE o en otra que les parezca más oportuno; de ahí que como se muestra en el figura 5, se cuente con artículos de profesores de todos los departamentos como autores o coautores. Cabe mencionar que la coautoría se ha dado entre profesores del mismo Departamento, entre profesores de distintos Departamentos de FACES, entre profesores de FACES y de otras Facultades de la UNAH, y entre profesores de FACES y profesores y profesionales de otras universidades e instituciones.

Los artículos publicados han sido expuestos en eventos de divulgación científica importantes en la UNAH como lo son el Congreso de Investigación Científica organizado cada año por la Dirección de Investigación Científica Humanística y Tecnológica de la UNAH y la Jornada Científica de la FACES; además la revista ha recogido las exposiciones de tres eventos internacionales como se menciona más arriba. Todo esto contribuye a una mayor visibilidad de la labor científica de la Facultad e integra a los profesores a espacios de discusión científica de alto nivel.

Luego de esta visión de conjunto de lo que ha sido hasta ahora la RCCEE quedan pendientes de examinar una serie de datos en dos sentidos. Primero, en lo relacionado con la edición de la revista en sí misma y segundo, en relación con el impacto que la revista ha logrado en el desempeño de las funciones esenciales de la Facultad y en el contexto universitario en general. Ambos aspectos serán examinados en un segundo artículo que será publicado al finalizar la segunda parte de la presente investigación.

La Dirección de Investigación Científica en colaboración con el Sistema Bibliotecario y representantes de algunas Facultades como la de Ciencias Sociales, han sido en la UNAH hasta ahora las instancias encargadas de la formación práctica para la edición de revistas científicas. Esta formación ha consistido básicamente en jornadas de trabajo para dar a conocer los estándares internacionales para la indexación de revistas y en eventos para presentar experiencias de publicaciones de otras instituciones similares a la UNAH en el ámbito nacional e internacional. Hasta la fecha la RCCE es parte del catálogo CAMJOL que incorpora en su repositorio revistas de la región centroamericana, y que establece como requisito de ingreso a su índice el cumplimiento con el 70 % de sus requisitos, así como para entrar a su catálogo el 90%.

b. Línea de tiempo de la Revista

A partir de la creación de la revista, se han dado una serie de cambios, que van dándole forma a lo que hoy es esta publicación. En 2014, se amplió la gama de áreas del conocimiento que forman parte de la revista, con la incorporación de Ciencias Aeronáuticas. Y en función de incrementar la visibilidad, se forma parte de CAMJOL desde 2010 y se realizó la transición a un formato digital (ver figura 6).

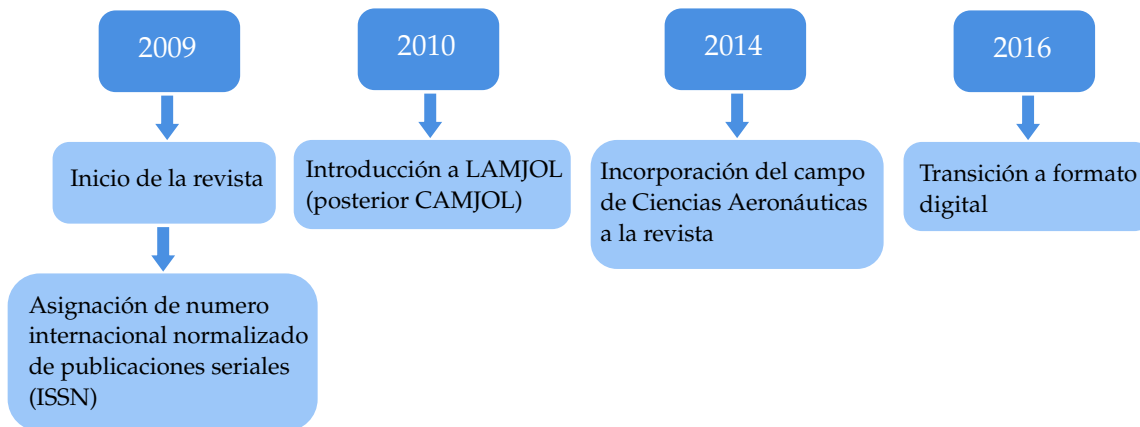


Figura 6: Hitos de la historia de la Revista Ciencias Espaciales

La Revista Ciencias Espaciales, en su evolución desde el momento de sus inicios y hasta la fecha, se puede decir que ha pasado al menos por tres momentos de evolución y se prepara para una cuarta fase, como se explica brevemente a continuación:

Fase 1: Embrionaria. Con el nacimiento de la FACES nace también la idea de una revista para divulgar el quehacer científico de la recién creada Facultad, se puede denominar a esta primera etapa embrionaria porque en ese momento no se cuenta con un comité editorial definido y estable, ni con un consejo científico con sus funciones definidas. Además su contexto próximo, conformado por profesores y colaboradores, no garantiza una producción científica para llenar de forma periódica una revista. Esta fase puede extenderse de 2009 a 2011.

Fase 2: Definición de identidad. Durante sus primeros cuatro años de edición la revista valiéndose de un grupo rotativo de editores, definió y dio cierta consolidación a las partes que conforman física y conceptualmente la revista. Se fueron definiendo aspectos como: el uso de colores y logos en la portada y contra portada, consejo editorial y consejo científico, notas informativas (política de publicación), ediciones por año y periodicidad, entre otras. Esta fase se solapa con la anterior, y puede situarse entre el 2011 y 2015.

Fase 3. Fortalecimiento de la investigación. En la actualidad la revista puede ser vista como un instrumento revulsivo de la investigación científica en la FACES. Con esta publicación los profesores de esta Facultad han visto fortalecida su condición de investigadores. Este fortalecimiento se manifiesta en los siguientes hechos: se ha adquirido experiencia como editores de una revista científica, se ha iniciado una dinámica de generación e intercambio de conocimiento propio de una comunidad científica dentro de la Facultad de Ciencias Espaciales y desde la Facultad con actores externos, se ha aportado elementos para una redefinición de los campos científicos de la Facultad, se han llevado a cabo ejercicios de interdisciplinariedad hacia adentro de la Facultad y desde los Departamentos con profesionales externos. Esta es en la fase en la que nos encontramos actualmente y se considera que, en buena medida inicia aproximadamente hacia 2015.

Fase 4. Posicionamiento de FACES en la Comunidad Científica. Esta fase se abre hacia el futuro y le puede servir a la Facultad para visualizarse a sí misma fortalecida en las capacidades de sus profesores para investigar y para publicar sus propios trabajos científicos en la propia revista y en otras cuyo prestigio y filosofía redunden en beneficio de la Facultad y de la UNAH. Se trata de un período de madurez editorial para aportar al mejoramiento de la posición de la UNAH, sin debilitar las funciones de la revista con respecto al fortalecimiento de las labores esenciales de la Facultad. Esta fase debe definir sus ciclos en un ejercicio de planificación estratégica del Consejo Editorial de la Revista Ciencias Espaciales.

4 *Discusión*

La expansión de los campos científicos en los países en desarrollo enfrenta barreras para el seguimiento a procesos de investigación y posteriormente para la publicación de sus resultados. La creación de revistas científicas, más allá, de un ejercicio mecánico y repetitivo, debe responder a propósitos concretos, que potencien la investigación científica en el país y que den oportunidades de participación a autores de otras regiones del mundo.

Desde la investigación publicada en formato de artículo científico se deberían fortalecer las funciones de docencia y vinculación. En cuanto a la docencia, las investigaciones realizadas podrían ser retomadas en el desarrollo de clases magistrales, podrían convertirse en incentivo para que los estudiantes de grado y posgrado propongan nuevas investigaciones y podrían orientar la aplicación de metodologías pedagógicas innovadoras; en lo relacionado con la vinculación universidad – sociedad las investigaciones podrían conformar la parte diagnóstica de algunos de los proyectos de vinculación desarrollados por los Departamentos y otras instancias de FACES, y deberían orientar la labor conjunta de la Facultad con otras facultades, otras universidades y otras instituciones externas a la UNAH.

La revisión del ranking mundial SCIMAGO deja claro que la región centroamericana está sub-representada. Esta limitada disponibilidad de revistas científicas en los campos del conocimiento de la Revista Ciencias Espaciales en Centroamérica, abre la posibilidad de posicionarse local y regionalmente; sin embargo, la inversión de recursos en este proceso debe partir de una definición clara de los objetivos que persigue esta publicación, tanto a nivel local como la proyección a nivel internacional. Una primera etapa de la vida de la revista marcada por sus primeros diez años ha fortalecido su presencia local. Es de esperarse que en una segunda década se tenga como meta una proyección internacional, sin desmedro de las capacidades investigativas y de publicación de la FACES.

5 *Conclusiones*

1. Como se muestra en cada número, durante sus diez años de existencia la RCCEE ha contado con un Consejo Editorial que ha estado pendiente de las publicaciones en los distintos momentos del proceso que va desde la elaboración de los artículos una vez finalizadas las investigaciones hasta su publicación en el sitio web de la Facultad. Con esto se puede afirmar que se ha instaurado una dinámica de investigación que, al considerar el artículo científico como su culminación, está contribuyendo al fortalecimiento de una cultura de investigación científica.
2. Los fuertes incentivos para publicar en revistas con mayor visibilidad a nivel internacional pueden ir en detrimento de publicaciones locales y regionales, con lo cual se puede privar a las instituciones que cuentan con revistas de los beneficios que se derivan de una publicación científica en términos de conformación de una comunidad científica dentro de los niveles afectados negativamente.

3. Como consecuencia de la conclusión anterior, una de las finalidades principales del Consejo Editorial debe ser la de definir su prioridad entre las opciones de fortalecer las propias capacidades de investigación y la publicación de resultados; o bien, mejorar la visibilidad de los propios investigadores y de la institución a la que se pertenecen, en el ámbito regional o internacional.
4. La orientación de la RCCEE hacia una publicación en línea ofrece una opción para distintos desarrollos dadas las ventajas de este tipo de publicaciones, entre las que se pueden mencionar, el menor costo, la ubicuidad tanto para la elaboración de los artículos como para su divulgación, el entrenamiento de editores y autores en el uso de formatos y plataformas digitales, un amplio espectro de contactos con la comunidad científica mundial relacionada con los campos científicos de la FACES, entre otros.
5. Son todavía desafíos:
 - a. Alcanzar estándares de calidad endógena y exógena de la revista e incentivos para los colaboradores externos que los incorporen de manera orgánica como autores y como pares del Comité Científico.
 - b. Garantizar el cumplimiento con la periodicidad y de los demás estándares que le permitan a la revista permanecer en el catálogo CAMJOL mejorando su estatus, así como aspirar a tener presencia en otras plataformas, sin desmedro de la labor de investigación propia de la Facultad.
 - c. La asignación realista a los profesores y equipos de investigación, de los tiempos necesarios para la elaboración de los artículos resultantes de las investigaciones como parte de la atribución académica de investigación.
 - d. El incremento de la interdisciplinariedad al interno de la FACES como primer paso para abordar trabajos científicos fruto de equipos que trasciendan la Facultad y la UNAH.
 - e. Desarrollar a partir de la propia experiencia editorial, espacios de divulgación científica accesibles para estudiantes de carreras de grado e incorporar como autores a los pasantes de posgrados.

6 Referencias

CAMJOL (4 de octubre de 2019). Información. Obtenido de <https://www.lamjol.info/>.

Díaz, M., Asensio, B., Llorente, G., Moreno, E., Montori, A., Palomares, F., Palomo, J., Pulido, F., Senar, J. C., y Tellería, J. (2001). El futuro de las revistas científicas españolas: Un esfuerzo científico, social e institucional. *Revista española de documentación científica*, 24(3):306–314.

FACES (7 de septiembre de 2019). Obtenido de <http://faces.unah.edu.hn/revistace/>.

Scimago (4 de octubre de 2018). Obtenido de <https://www.scimagojr.com/journalrank.php>.

UNAH (18 de diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.unah.edu.hn/>.

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

ANÁLISIS DE VISIBILIDAD SATÉLITAL Y TIEMPO DE VIAJE EN CADA CENTRO REGIONAL DE LA RED GEODÉSICA ACTIVA DE LA UNAH EN EL AÑO 2018

Antonio Carías^{1,*}; Manuel Rodríguez^{2,†}; Yeny Castellanos^{1,‡}
Yessica Sosa^{1,§}; Marcela Norori^{1,¶}

¹Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, UNAH

²Departamento de Física de la Tierra, UNAH

Recibido: 09/agosto/2019

Aceptado: 08/noviembre/2019

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v12i1.9627>

RESUMEN

El uso del sistema GPS contribuye en el mejoramiento de la posición, con la utilización de las estaciones de operación continua podemos llegar a altas precisiones con un mantenimiento de bajo costo, pero aun así todos estos elementos deben de ser analizados para que la red sea óptima. Este estudio busca identificar el tipo de observación GPS que tiene cada centro regional en donde están ubicados los receptores de medición continua GPS, los obstáculos que puede tener la antena ya instalada y la propia disponibilidad de satélites en la región hondureña. Así mismo la realización de un análisis de desplazamiento con relación tiempo-terreno el cual sirve para la planificación de las giras de supervisión-mantenimiento con el objetivo de que dichas giras sean rentables.

Palabras clave: GPS, acceso, visibilidad satelital.

ABSTRACT

The use of the GPS system contributes to the improvement of the position, with the use of continuous operation stations we can reach high precision with low-cost maintenance, but still all these elements must be analyzed so that the network is optimal. This study seeks to identify the type of GPS observation that each regional center has where the GPS continuous measurement receivers are located, the obstacles that the antenna may already have installed and the availability of satellites in the Honduran region. Likewise, the realization of a displacement analysis with a time-terrain relationship which serves to plan the supervision-maintenance tours so that these tours are profitable.

Keywords: GPS, acces, satellite visibility.

*antonio.carias@unah.edu.hn

†manuelr@uwalumni.com

‡ycastellanos@unah.edu.hn

§yessica.sosa@unah.edu.hn

¶johana.norori@unah.edu.hn

1 Introducción

El avance de la tecnología de la navegación por satélite es indudable, pero el tipo de precisión depende del tipo de receptor en este caso el geodésico multifrecuencia, el cual puede llegar a precisiones milimétricas. El mercado masivo de estos aparatos ha provocado un descenso en el precio de estos (GNSS Agency, 2013).

El mercado GPS en la actualidad ha tenido diferentes técnicas de diferenciación para tratar de mejorar la precisión y mitigar el error. El beneficio de la mejora del rendimiento de los receptores GPS de bajo costo ha llevado a su uso en aplicaciones tales como monitoreo de deslizamientos, tectónica de placas, trabajos de topografía, trabajos precisos con drones etc.

Teniendo una red de estaciones de operación continua GPS instaladas en los centros regionales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras es importante tener claro los aspectos de visibilidad de cada centro regional para así tener buena disponibilidad de los satélites, así mismo con los altos costos de movilización en el país, es importante conocer el costo promedio en tiempo de desplazamiento a cada centro regional para los respectivos mantenimientos que se puedan requerir en los diferentes equipos.

Para tener teóricamente claro el alcance del estudio revisaremos brevemente algunos de los conceptos que se analizaron:

1.1 Visibilidad satelital

El funcionamiento adecuado de un receptor GPS requiere la recepción ininterrumpida de la señal de al menos cuatro satélites GPS. Sin embargo, las señales de ondas de radio GPS no pueden penetrar bosques o casas en muchos casos, este empobrecimiento de la señal será temporal y, por lo tanto, no obstaculizará gravemente la posición cuando estemos en zonas rurales, pero con estructuras artificiales, como paredes, presas, edificios y puentes en zonas urbanas del interior de la ciudad con edificios muy altos, la visibilidad de los satélites GPS a menudo está limitada por períodos prolongados o simplemente no está disponible, a este error se le llama error de multitrayectoria.

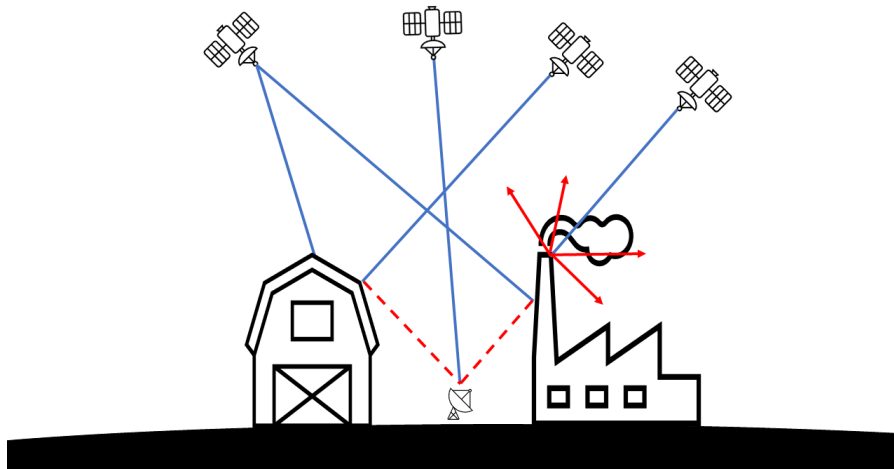


Figura 1: Error multitrayectoria.

Otro error importante de tener en cuenta en la visibilidad satelital es la geometría satelital, ya que esta cambia durante el tiempo debido al movimiento relativo en la órbita de los satélites. La distribución de los satélites sobre el horizonte de un observador influye directamente en la calidad de la posición derivada de ellos. Como algunos de sus precursores, la precisión de una posición GPS está sujeta a un fenómeno geométrico llamado dilución de precisión (DOP). Este número es algo similar a la fortaleza de la consideración de la figura en el diseño de una red de triangulación. DOP se refiere a la resistencia geométrica de la figura descrita por las posiciones de los satélites entre sí y los receptores GPS.

Un bajo factor DOP es bueno; un alto factor DOP es malo. En otras palabras, cuando los satélites están en la configuración óptima para una posición GPS confiable, el DOP es bajo; cuando no lo están, el DOP es alto (ver figura 2 y figura 3).

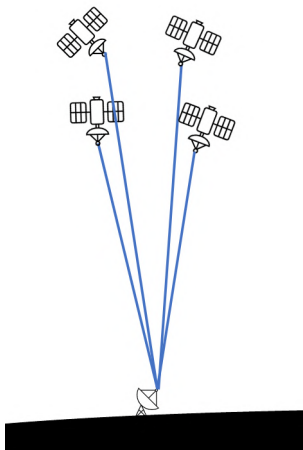


Figura 2: Mal PDOP

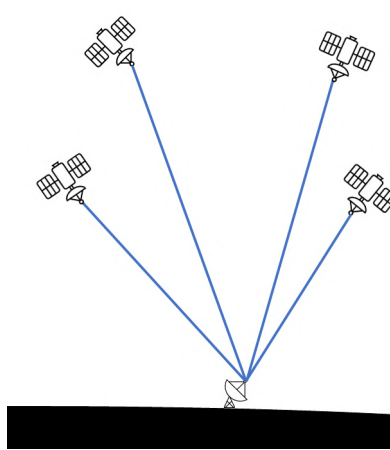


Figura 3: Buen PDOP

La premisa inicial para adquirir una coordenada es que al menos cuatro satélites deben de ser observables por encima de la máscara configurada en el receptor, sin embargo, si todos estos satélites están apiñados en una parte del cielo, es probable que la posición tenga una incertidumbre inaceptable y que el DOP, o dilución de precisión, sea alto. En otras palabras, un DOP alto es como una advertencia de que los errores reales en una posición GPS pueden ser más grandes de lo que podría esperar (Sickle, 2015).

1.2 Tiempo de viaje

Recientemente, la fiabilidad del tiempo de viaje se ha convertido en un factor muy importante para evaluar las condiciones del tráfico de una carretera determinada. El personal técnico espera contar con tiempos de viaje estables y confiables. Por lo tanto, la confiabilidad del tiempo de viaje puede considerarse como un factor importante en la evaluación de las condiciones del tráfico de la ruta elegida (Lee *et al.*, 2019).

La congestión y el estado de las carreteras es uno de los problemas más notorios a la hora de planificar la rentabilidad de un viaje por carretera. Debido a estos problemas, los conductores están tratando de encontrar las rutas más cortas y confiables para llegar al sitio destino. En cuanto a la fiabilidad del tiempo de viaje, ya existen algunos métodos con Sistemas de Información Geográfica (SIG) los cuales demuestran el tiempo de viaje con respecto a la vialidad y los diferentes accesos para llegar a los sitios destinos. Por lo tanto, la confiabilidad del tiempo de viaje se ha convertido en un importante criterio de desempeño para las giras de supervisión y mantenimiento, complementando las medidas tradicionales, como el retraso y

el tiempo promedio de viaje. En una investigación reciente, se han propuesto una variedad de medidas de rendimiento para cuantificar la fiabilidad y monetizarla. Esto incluye el tiempo de planificación, el tiempo de búfer, la desviación estándar, el coeficiente de variación, la asimetría, etc. (Lomax *et al.*, 2003).

2 Metodología

2.1 Disponibilidad del sistema GPS

El buen funcionamiento del sistema GPS es limitado, y depende mucho de la visibilidad, de la conexión satélite-receptor, la latitud de las regiones, la geometría satelital, el almanaque recibido de las estaciones de referencia etc.

Comenzando con la latitud de la región en análisis, Honduras al estar cerca de la zona ecuatorial la cual tiene buena disponibilidad del sistema GPS. A excepción de las zonas polares en donde hay mucho problema debido a que los satélites no orbitan por esas zonas.

Las antenas que están instaladas en los centros regionales pertenecen a la marca Ashtech tipo choke ring modelo 701945 las cuales reducen el ruido o efecto multi-trayectoria, ver figura 4. Y en la figura 5 se visualiza la ubicación de cada una de las estaciones permanentes ubicada en los Centros Regionales a nivel nacional



Figura 4: Antena GPS.

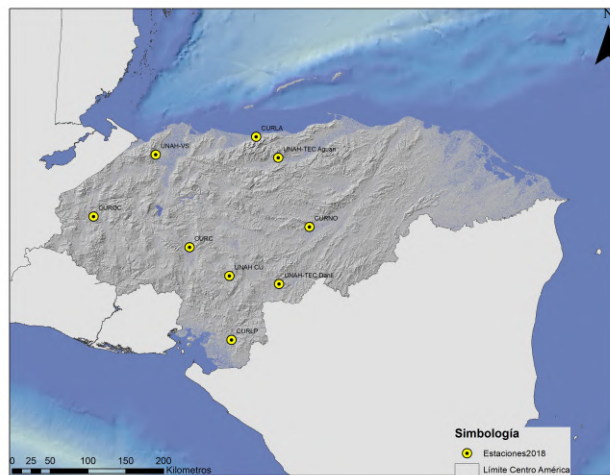


Figura 5: Ubicación de las estaciones permanentes.

En la observación realizada en el periodo del año 2018 para los diferentes centros regionales veremos que la disponibilidad es 24/7 y con una disponibilidad promedio de 12 satélites observables, así como se puede ver en la figura 6 y la figura 7, obtenidas del sitio <http://www.gnssmissionplanning.com/>.

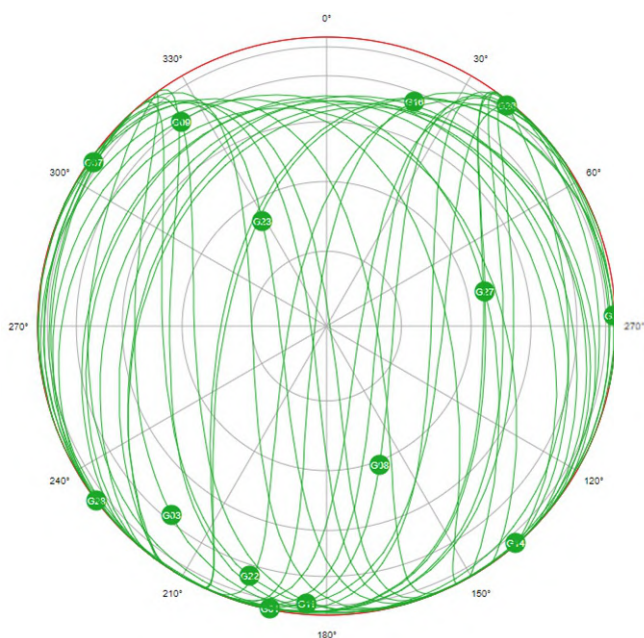


Figura 6: CURC.

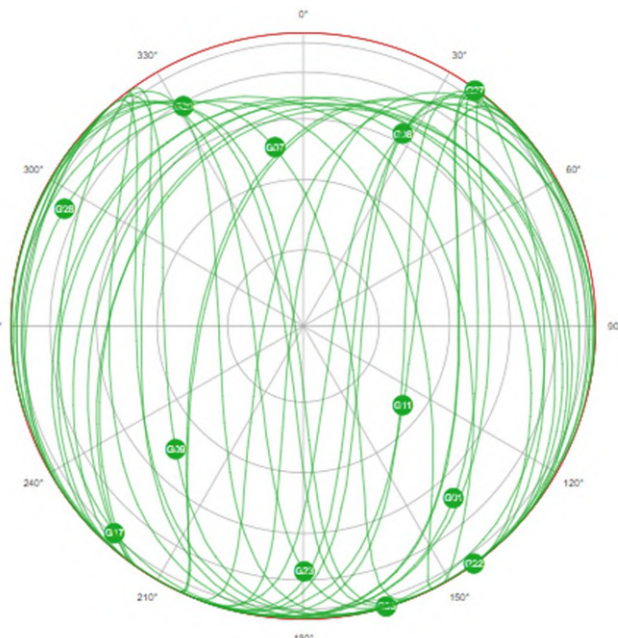


Figura 7: CURLA

La cobertura del cielo local varía en función de la latitud de la estación (Yahya y Kamarudin, 2008). Se observa que el problema en la visibilidad del satélite es más probable que se detecte, hacia la parte norte, donde casi no hay cobertura satelital. Al representar la configuración más deseable para el posicionamiento GPS, la cobertura local de GPS en los centros regionales está bien distribuida en todos los cuadrantes. En la figura 8 podremos observar los satélites observables en un periodo de 24 horas.



Figura 8: Observación satelital en 24 horas.

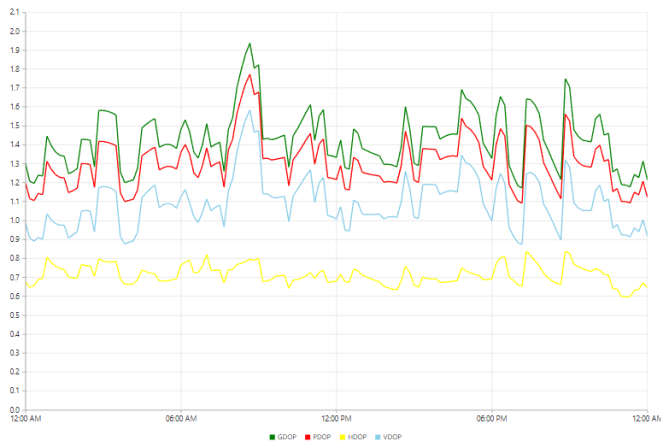


Figura 9: Valores DOP

Los valores de la figura 9 observados para el año 2018 presentan un buen valor en el HDOP que es la incertidumbre en la posición horizontal la cual da mayor precisión cuando menor es este valor, se considera que un valor por debajo de 4 es bueno, por lo tanto, todas las estaciones instaladas en los centros regionales están con valores muy buenos.

Se realizó un análisis de detección de obstáculos a nivel del suelo utilizando la metodología de línea vista calculada con una máscara de 15° la se refleja en la figura 10.

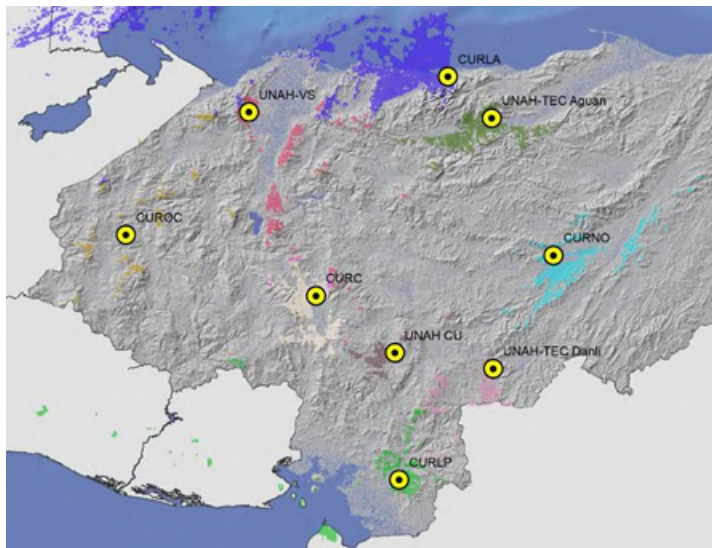


Figura 10: Análisis de visibilidad con máscara de 15° en cada centro Regional de la UNAH. Fuente: Antonio Carías

Como se muestra en la figura 10 es claro que los lugares en donde hay mucha montaña hay que elevar el ángulo de la máscara para mejorar la incertidumbre de la posición (DOP) asumiendo que la propagación de una señal libre de interrupciones debido a errores multi-trayectoria sean mitigados por el receptor GPS, en este caso está demostrado que estamos dentro de un buen margen de DOP.

2.2 Análisis del tiempo de viaje

El proceso de crear una superficie de tiempo refiere a que lo más importante es contar con las capas adecuadas para correr los diferentes análisis, por ejemplo, la capa de carreteras a nivel nacional es un elemento indispensable para ello, ver figura 11.

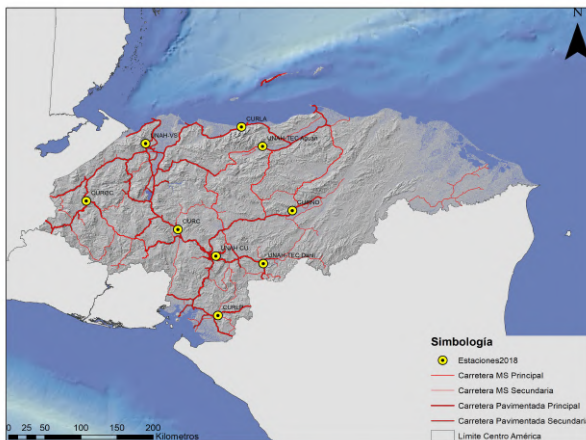


Figura 11: Carreteras que conducen a los Centros Regionales

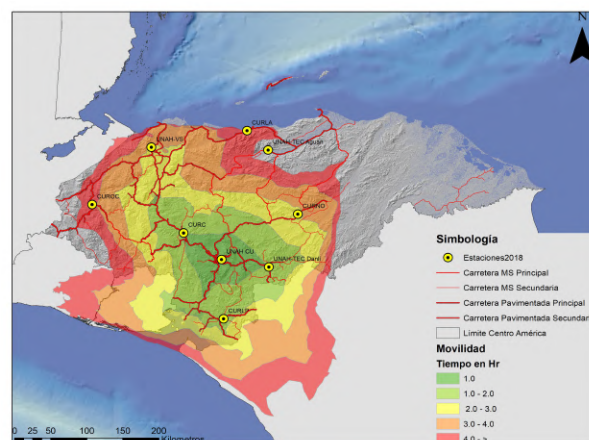


Figura 12: Análisis de tiempo de viaje

Estas capas de información deben de estar proyectadas en el sistema de trabajo que es el WGS84 zona 16 N, información como la distancia de conducción en medio rural el cual está configurado a 5 km por hora y convertidas a raster ya que las superficies de viaje basadas en raster han demostrado ser herramientas muy poderosas (Hallett y McDermott, 2011).

[Cherkassky et al. \(1994\)](#) analizan la complejidad de varios algoritmos de ruta más corta para todos y comparan su rendimiento aplicándolos a redes artificiales. Su implementación del algoritmo de Dijkstra con una estructura de datos de doble cubeta tiene el mejor tiempo de cálculo.

El modelo de Dijkstra es un procedimiento reconocido como el mejor de los modelos que resuelve el problema de la trayectoria más corta de origen único en un gráfico ponderado. Este algoritmo es de tipo “greedy” porque en cada iteración elige la mejor opción de las posibles con la esperanza de encontrar así la mejor solución global. Una característica de este algoritmo es la utilización de etiquetas en cada nodo cuya función es indicar en cada iteración del algoritmo la distancia del origen a dicho nodo. En cada iteración una de las etiquetas será “permanente”, es decir, indicará la distancia mínima final del nodo inicial a dicho nodo ([Revenga, 2008](#)).

El modelo de Dijkstra realiza $O(n^2)$ operaciones (sumas y comparaciones) para determinar la longitud del camino más corto entre dos vértices de un grafo ponderado simple, conexo y no dirigido con n vértices.

$$\text{Tiempo de ejecución} = O(|A|T_{dk} + |v|T_{dm}) \quad (2.1)$$

Donde:

$|A|$: Número de aristas

T_{dk} : Complejidad de disminuir clave

$|v|$: Número de vértices

T_{dm} : Complejidad de extraer mínimo

Crear áreas de tiempo de recorrido por vehículo crea áreas a las que se puede llegar en un tiempo de recorrido por vehículo especificado o que estén a una distancia de conducción dada. Se mide desde uno o varios puntos con la idea de responder la siguiente pregunta: ¿A dónde puedo ir desde aquí conduciendo 60 minutos? Es posible que se encuentre una respuesta a la pregunta solo con visualizar la figura [12](#).

Las superficies de tiempo de viaje se calcularon utilizando datos ráster, que tienen el potencial de error si no se tratan adecuadamente. Los datos de carreteras se rasterizaron a partir de datos de carreteras vectoriales utilizando el límite de velocidad como un atributo.

En la tabla 1 se muestra el resultado de determinar la relación de un centro con los demás, estimando los tiempos de viaje sobre la superficie y los vectores calculados.

Tabla 1: Cálculo de tiempo en segundos entre los diferentes centros

Nombre y destinos	Del punto	Al punto	Nombre del centro regional	Análisis de viaje/ segundos
Punto 3:4.0 - 5.0	4	5	CUROC	28598.99301
Punto 3:3.0 - 4.0	3	4	CUROC	20166.58498
Punto 3:2.0 - 3.0	2	3	CUROC	14242.00133
Punto 3:1.0 - 2.0	1	2	CUROC	9245.444546
Punto 3:0 - 1.0	0	1	CUROC	3037.799931
Punto 8:4.0 - 5.0	4	5	CURLP	31719.42087
Punto 8:3.0 - 4.0	3	4	CURLP	27464.82693
Punto 8:2.0 - 3.0	2	3	CURLP	21147.22411
Punto 8:1.0 - 2.0	1	2	CURLP	14287.43986
Punto 8:0 - 1.0	0	1	CURLP	5361.917203
Punto 4:4.0 - 5.0	4	5	CURC	27139.5998
Punto 4:3.0 - 4.0	3	4	CURC	25913.15708
Punto 4:2.0 - 3.0	2	3	CURC	26939.98447
Punto 4:1.0 - 2.0	1	2	CURC	17557.31173
Punto 4:0 - 1.0	0	1	CURC	5758.89151
Punto 9:4.0 - 5.0	4	5	UNAH CU	25932.77373
Punto 9:3.0 - 4.0	3	4	UNAH CU	29309.00874
Punto 9:2.0 - 3.0	2	3	UNAH CU	25095.36432
Punto 9:1.0 - 2.0	1	2	UNAH CU	18645.60022
Punto 9:0 - 1	0	1	UNAH CU	5961.47436
Punto 7:4.0 - 5.0	4	5	UNAH-TEC Danlí	31754.74513
Punto 7:3.0 - 4.0	3	4	UNAH-TEC Danlí	28878.31961
Punto 7:2.0 - 3.0	2	3	UNAH-TEC Danlí	22010.52377
Punto 7:1.0 - 2.0	1	2	UNAH-TEC Danlí	12596.49306
Punto 7:0 - 1	0	1	UNAH-TEC Danlí	5147.283001
Punto 6:4.0 - 5.0	4	5	CURNO	20236.32733
Punto 6:3.0 - 4.0	3	4	CURNO	13193.18809
Punto 6:2.0 - 3.0	2	3	CURNO	10330.94387
Punto 6:1.0 - 2.0	1	2	CURNO	8719.371144
Punto 6:0 - 1.0	0	1	CURNO	4230.65371
Punto 1:4.0 - 5.0	4	5	UNAH-VS	33099.82008
Punto 1:3.0 - 4.0	3	4	UNAH-VS	24216.8877
Punto 1:2.0 - 3.0	2	3	UNAH-VS	18496.44442
Punto 1:1.0 - 2.0	1	2	UNAH-VS	11990.7566
Punto 1:0 - 1	0	1	UNAH-VS	5131.074324
Punto 2:4.0 - 5.0	4	5	CURLA	19973.2247
Punto 2:3.0 - 4.0	3	4	CURLA	16654.58436

Nombre y destinos	Del punto	Al punto	Nombre del centro regional	Análisis de viaje/ segundos
Punto 2:2.0 - 3.0	2	3	CURLA	11335.21675
Punto 2:1.0 - 2.0	1	2	CURLA	7047.249758
Punto 2:0 - 1	0	1	CURLA	2998.75667
Punto 5:4.0 - 5.0	4	5	UNAH-TEC Aguan	13440.52524
Punto 5:3.0 - 4.0	3	4	UNAH-TEC Aguan	9901.48697
Punto 5:2.0 - 3.0	2	3	UNAH-TEC Aguan	8660.579801
Punto 5:1.0 - 2.0	1	2	UNAH-TEC Aguan	6754.826123
Punto 5:0 - 1	0	1	UNAH-TEC Aguan	2594.681673

3 Conclusiones

Con el objetivo de estar seguros sobre la buena visibilidad satélital y la propia geometría en la región, se caracterizaron diversos análisis con la cobertura espacial del GPS, también se verificó la incertidumbre de la posición (DOP) que también arrojó buenos resultados, en pocas palabras la red de las estaciones permanentes de la UNAH cuenta con una excelente posición GPS, buena disponibilidad de satélites en la región y relativamente no hay obstáculos significativos en cada uno de los centros en donde se encuentran instalados los receptores. Se podría recomendar bajar quizá a 10° la máscara asumiendo abarcar más observación para cada antena.

Con lo que respecta al tiempo de viaje entre los Centros Regionales, se presentó una metodología para evaluar la eficiencia de los esquemas de tiempo de viaje. La metodología propuesta se aplicó de manera adicional para estimar los tiempos y reducir la demanda del período y seguridad del tiempo de viaje, para ser más eficientes en los cálculos y desempeños a la hora de dar mantenimiento a los equipos instalados en los diferentes centros.

4 Agradecimientos

Se agradece a Charles De Mets de la Universidad de Wisconsin y a la Embajada Norteamericana, por su disposición en colaborar con la donación y traslado del equipo GPS ya que sin él no se podrían lograr los diferentes análisis que pueden surgir como subproductos de esta red ya instalada y destacar que es la única red GPS de estaciones activas distribuida a nivel nacional; al equipo colaborador de la Universidad de Alcalá.

5 Referencias

- Cherkassky, B. V., Goldberg, A. V., y Radzik, T. (1994). Shortest paths algorithms: Theory and experimental evaluation. En *Proceedings of the Fifth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, SODA '94*, p. 516–525, USA. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Hallett, L. F. y McDermott, D. (2011). Quantifying the extent and cost of food deserts in Lawrence, Kansas, USA. *Applied Geography*, 31(4):1210 – 1215. Local Food Systems and the Applied Geography of Food. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.09.006>.
- Lee, S.-B., Lee, S. M., y Lee, K.-Y. (2019). A Gini coefficient based evaluation on the reliability of travel time forecasting. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 31(4):314 – 319. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.12.001>.
- Lomax, T., Schrank, D., y Turne, S. (2003). Selecting travel reliability measures. Technical report, Texas Transportation Institute.
- Revenge, J. M. A. (2008). Flujo en redes y gestión de proyectos. teoría y ejercicios resueltos. En *Flujo en redes y gestión de proyectos. Teoría y ejercicios resueltos*.
- Sickle, J. V. (2015). *GPS for land surveyors*. Taylor and Francis Group.
- GNSS Agency, E. (2013). GNSS market report. Technical report, GSA European GNSS Agency.
- Yahya, M. H. y Kamarudin, M. (2008). Analysis of GPS visibility and satellite receiver geometry over different latitudinal regions. En *Analysis of GPS Visibility and Satellite Receiver Geometry over Different Latitudinal Regions*.

COMBINANDO MODELOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LOCALIZACIÓN DE COSECHAS DE AGUA EN EL SUR DE HONDURAS, AÑO 2018

José Cáceres-Coello^{1,*}

¹Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, UNAH

Recibido: 02/agosto/2019

Aceptado: 14/octubre/2019

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v12i1.9635>

RESUMEN

En Honduras 137 de los 298 municipios son considerados vulnerables a la sequía según el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la desertificación y la sequía (PAN) que es el instrumento técnico y estratégico elaborado en el año 2005 por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). La captación de agua de lluvia, también denominada "cosecha de agua", puede ser una de las soluciones para enfrentar el reto que plantea la baja disponibilidad del líquido en diversas regiones del país. En esta investigación se compararon y combinaron dos modelos para seleccionar los sitios óptimos para el establecimiento de cosechas de agua en los municipios de Caridad, Aramecina, Goascorán, Langué y Alianza. El método de Combinación Lineal Ponderada (WLC) y Método Binario, se aplicó sobre seis criterios espaciales, y posteriormente se construyó un modelo combinando ambos resultados, obteniendo un 3% del total del área de estudio (3,529.28 Ha) con un potencial alto para la construcción de cosechas de agua.

Palabras clave: Ponderación Booleana, Combinación Lineal Ponderada, Sistemas de Información Geográfica, Cosechas de Agua, corredor seco.

ABSTRACT

In Honduras, 137 of the 298 municipalities are considered vulnerable to drought under the National Action Plan to Combat Desertification and Drought (PANLCD), which is the technical and strategic instrument developed in 2005. Rainwater harvesting, also known as "water harvesting", may be one of the solutions to meet the challenge posed by the low availability of liquid in various regions of the country. In this research, two models were compared and combined to select the optimal sites for the establishment of water harvests in the municipalities of Caridad, Aramecina, Goascorán, Langué and Alianza. The method of Weighted Linear Combination (WLC) and Binary Method were applied on six spatial criteria, and a model was subsequently constructed combining both results, obtaining 3% of the total area of study (3,529.28 Ha) with a high potential for construction of water crops.

Keywords: Boolean weighting, Geographic Information Systems, water harvesting, dry corridor.

*jcaceres@unah.edu.hn

1 *Introducción*

En Honduras 137 de los 298 municipios son considerados vulnerables a la sequía según el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (PANLCD) que es el instrumento técnico y estratégico elaborado en el año 2005 (FAO, 2014).

De acuerdo al Informe de Evaluación de Impacto de la Sequía (FAO, 2014), en relación a las pérdidas de granos básicos en el ciclo de primera del 2014, se define que las familias en condiciones de extrema pobreza del Corredor Seco, son las más afectadas, familias que producen para la subsistencia y sin apoyos adicionales para la producción.

La zona denominada corredor seco de Honduras, comprende 132 municipios ubicados en 14 departamentos de la zona sur, occidental y central del país, y se le llama así debido a las pocas precipitaciones y una marcada época seca que causa la escasez de agua para los habitantes y para sus cultivos.¹ El corredor seco de Honduras, es también parte del corredor seco centroamericano (CESPAD y Trocaire, 2016).

Actualmente el gobierno de Honduras, a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería, tiene planeado desarrollar una fuerte inversión en proyectos de cosecha de agua para mitigar los efectos de la sequía prolongada, sin embargo, la selección de estos sitios no responde a variables de localización espacial, ni se estudia la idoneidad de los sitios seleccionados, por lo cual el desarrollo de este proyecto permitirá la optimización de la inversión pública en este tipo de proyectos mediante de la identificación y selección de sitios que provean el mayor potencial de captación de agua lluvia (Cáceres, 2017).

En el año 2015 los problemas derivados por la Sequía en el Corredor Seco Hondureño se han agravado, según un informe de la (FAO, 2014). Honduras está en la lista de cuatro países centroamericanos que urgen ayuda internacional para paliar los efectos derivados por la prolongada canícula. Este es el segundo año consecutivo en que la cosecha de cereales (maíz) de la temporada principal en la región se ha visto afectada negativamente por la grave sequía relacionada con El Niño.

El fenómeno de la sequía es, entre las incertidumbres geográficas, la que ocasiona mayores pérdidas de producción en las regiones sin riego y, en muchas ocasiones, también en las que cuentan con él. La desertificación consiste en una degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas producida por las variaciones climáticas y la actividad del hombre. Las Cosechas de Agua son las captaciones de las aguas pluviales en las quebradas de invierno. Cada sistema implica estudios, diseño y ejecución de las obras hidráulicas y embalses para la captación y almacenamiento de aguas pluviales y líneas de conducción, así como el desarrollo y adopción de sistemas de riego de tipo complementario a nivel de la parcela de cada productor.

La captación de agua de lluvia puede ser una de las soluciones para enfrentar el reto que plantea la baja disponibilidad del líquido en diversas regiones del país donde la escasez de agua para consumo es producto de la falta de infraestructura para almacenamiento y de distribución del agua, la contaminación del agua superficial y subterránea y la ingobernabilidad en la gestión de este sector. Al captar y usar el agua de lluvia, con una tecnológica adecuada se puede contar con alternativas para el abastecimiento de agua a un bajo costo. La captación de agua de lluvia, también denominada “cosecha de agua”, consiste en colectar el agua de las precipitaciones pluviales en una superficie para su almacenamiento y posterior uso (Cáceres, 2017).

Para comprar y combinar los modelos para el establecimiento de cosechas de agua en la zona sur del país se abordarán los siguientes objetivos específicos:

- Generar la cartografía de los modelos de localización óptima existentes
- Comparar estadísticamente la correspondencia entre ambos modelos
- Construir un modelo integrado de localización óptima
- Generar la cartografía del modelo integrado final

2 Metodología

El agua es uno de los recursos naturales más importantes de las regiones áridas del mundo ([Allison et al., 1998](#)) y hay zonas del mundo que tienen una grave escasez de agua. La escasez de agua, tradicionalmente, ha restringido el desarrollo donde el mismo se basa en suministros suficientes, fiables y duraderos en términos de cantidad y calidad ([Dottridge y Gibbs, 1998](#); [Heathcote, 1983](#)).

El corredor seco de Honduras se caracteriza por precipitaciones irregulares, además, los períodos de canícula son más extensos, y se intensifican cuando está presente el fenómeno de El Niño, porque se reducen las lluvias entre un 30-40%. En el 79% de los 1,800 casos, dura 2 meses o menos, y solo en los eventos más críticos, la anomalía es aumentada por un déficit de precipitación total anual o se prolonga a todo el período de la postera (agosto a octubre) ([FAO, 2014](#)).

La búsqueda de nuevos recursos de agua tiene una alta prioridad en el país debido a la situación actual de los recursos hídricos disponibles. Entre estos recursos está la captación de agua por las presas y estanques. Captación de agua se aplica en las regiones áridas y semiáridas donde las precipitaciones son o no suficientes para mantener un buen crecimiento de los cultivos y pastos o cuando, debido a la naturaleza errática de precipitación, el riesgo de fracaso de la cosecha es muy alta ([Prinz y Singh, 2000](#)).

Antes de la construcción de nuevos esquemas de recolección de agua, los sitios óptimos para estos esquemas deben ser cuidadosamente seleccionados en base a los parámetros físicos y socio-económicos que caracterizan la zona específica. La capacidad de los SIG para manipular los datos geográficamente referenciados da a los tomadores de decisiones una excelente herramienta para elegir los mejores sitios para los esquemas de recolección de agua.

El alcance del estudio es la comparación de modelos para la identificación de zonas óptimas para el desarrollo de proyectos de cosecha de agua en la zona sur de Honduras.

El enfoque del estudio es estrictamente cuantitativo, ya que se pretende cuantificar la cantidad de área adecuada para el desarrollo de proyectos de cosecha de agua. Basado en un tipo de estudio correlacional, mediante la construcción de un modelo espacial multicriterio a partir de las variables seleccionadas para determinar la idoneidad de una zona para captar agua de lluvia.

La población del estudio la conforma el territorio de los municipios, que serán priorizados, pertenecientes al departamento de Valle.

Se realizó un análisis de correlación entre dos modelos de localización óptima de cosechas de agua generados previamente, método de ponderación lineal combinada (WLC) ([Cáceres, 2017](#)) y método booleano ([Cáceres, 2018](#)), para conocer la significancia estadística entre ambos modelos.

Luego se procedió a generar un modelo integrado entre ambos productos para obtener un modelo final de localización óptima considerando ambas metodologías.

3 Resultados

El área de estudio seleccionada se basó en previos estudios realizados en la zona del corredor seco, específicamente en cinco municipios de la cuenca baja del Río Goascorán, pertenecientes al departamento de Valle (ver figura 1). Estos municipios fueron clasificados como sequía moderada según el índice de sequía de Palmer. El área de estudio abarca los municipios de Caridad, Aramecina, Langue, Goascorán y Alianza, y cubre un área total de 68,533 hectáreas y se encuentra habitada por 54,699 habitantes distribuidos en 343 caseríos (INE, 2013).

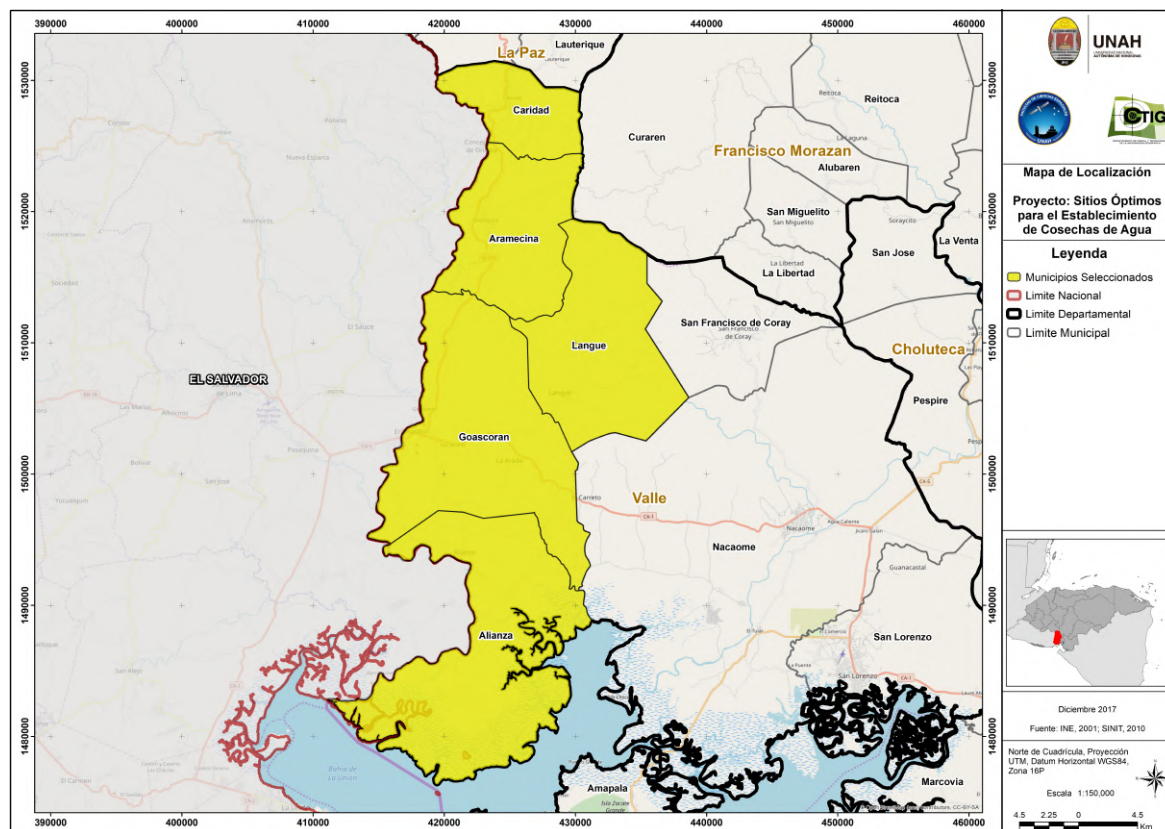


Figura 1: Área de estudio.

La cobertura forestal (ver figura 2) se tomó del Mapa Forestal y Cobertura del Suelo 2014 elaborado por el Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) derivado de imágenes RapidEye. Según el Mapa, el área de estudio se compone principalmente de bosque latifoliado seco (34%), pastos y/o cultivos (30%), vegetación secundaria seca (18%), entre otros. Las precipitaciones varían de 1,780 a 2,060 mm anuales (ver figura 3), encontrándose las mayores precipitaciones en la parte norte del área de estudio y en el sur en la zona costera. La elevación de la zona de estudio varía de cero en la zona costera localizada al sur del área de estudio hasta los 1,260 m.s.n.m. en la parte norte (ver figura 4). La dirección del flujo de agua superficial es hacia el sur, siguiendo la pendiente natural del terreno (ver figura 5).

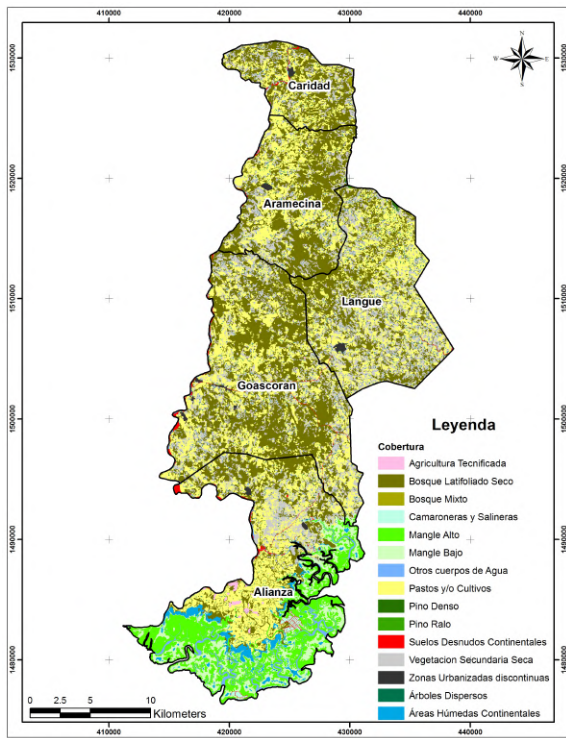


Figura 2: Cobertura forestal.

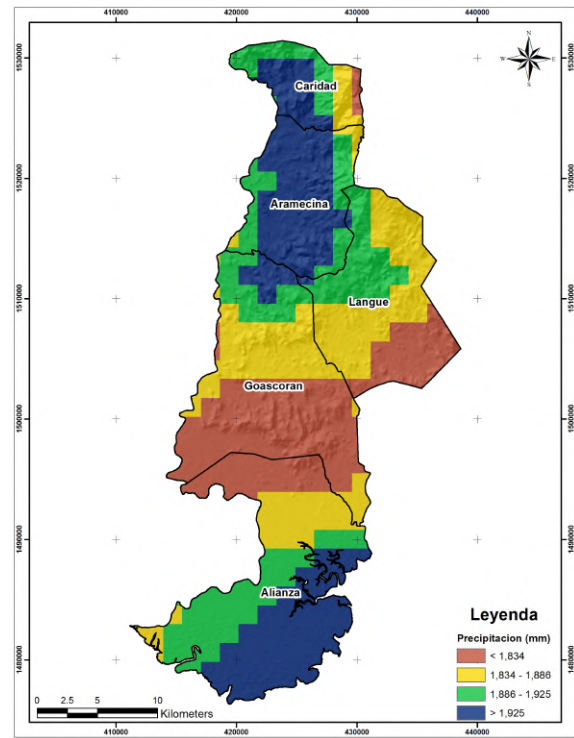


Figura 3: Precipitaciones.

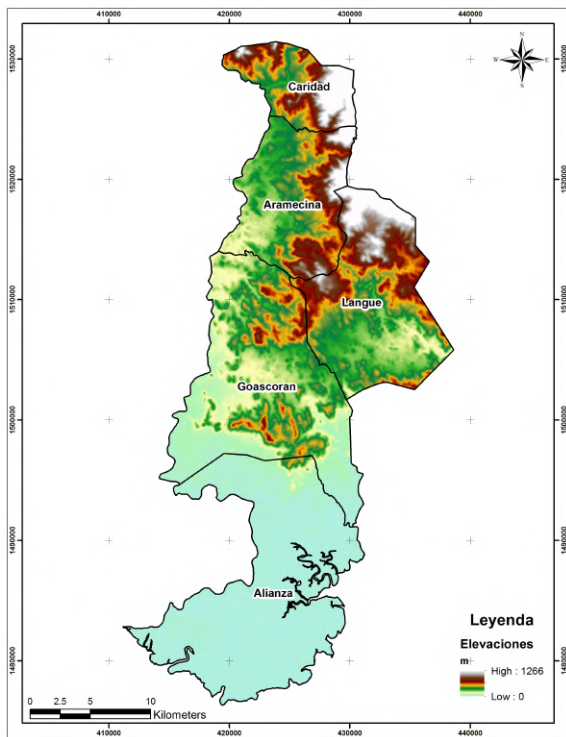


Figura 4: Elevaciones.

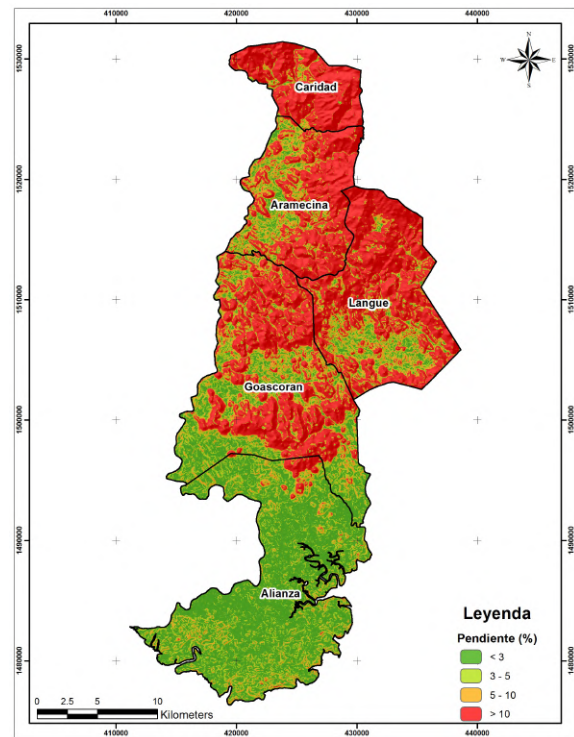


Figura 5: Pendientes.

Seis criterios en combinación lineal ponderada (WLC) y ponderación Binaria fueron usados en esta investigación para seleccionar los sitios óptimos para la construcción de sistemas de cosecha y conservación de agua dentro del área de estudio. Estos criterios incluyen, precipitación anual, pendiente (%), distancia a cuerpos de agua, cobertura del suelo, distancias a centros urbanos y distancia a red vial (Shatnawi, 2006; Giap *et al.*, 2003) tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Pesos, Rangos y Ponderación de los seis criterios utilizados

Parámetros	Rangos	Ponderación WLC		Ponderación binaria
		Peso	Ponderación	
Precipitación anual (mm)	<1,834	6	1	0
	1,834 - 1886		2	0
	1,836 - 1925		3	1
	> 1925		4	1
Pendiente (%)	> 10	5	1	0
	5 - 10		2	0
	3 - 5		3	1
	>3		4	1
Cobertura de suelo	Bosques y superficies húmedas *	4	1	0
	Zonas productivas y/o urbanas **		2	0
	Zonas de transición ***		3	1
	Zonas no consolidadas ****		4	1
Distancia a cauces (m)	> 2,000	3	1	0
	1,000 - 2,000		2	0
	500 - 1,000		3	1
	< 500		4	1
Distancia a centros poblados (m)	> 2,000	2	1	0
	1,000 - 2,000		2	0
	500 - 1,000		3	1
	< 500		4	1
Distancia a red vial (m)	> 2,000	1	1	0
	1,000 - 2,000		2	0
	500 - 1,000		3	1
	< 500		4	1

***Bosque y superficies húmedas:** bosque latifoliado seco, bosque mixto, pino denso, pino rolo, mangle alto, mangle bajo, otros cuerpos de agua, camaroneras y salineras

****Zonas productivas y/ o urbanas:** agricultura tecnificada, zonas urbanizadas discontinuas

*****Zonas de transición:** pastos y/o cultivos, árboles disperso

******Zonas no consolidadas:** vegetación secundaria seca, suelos desnudos, áreas húmedas

Los criterios utilizados en la WLC y la ponderación Binaria fueron implementados utilizando programas especializados en el manejo de información geográfica, mediante el cual se utilizaron procesos de reclasificación para definir la ponderación pertinente para cada categoría según lo mostrado en la tabla 1. En las figuras 6 a 8 se muestran los resultados obtenidos al realizar los procesos de reclasificación en ambos

modelos.

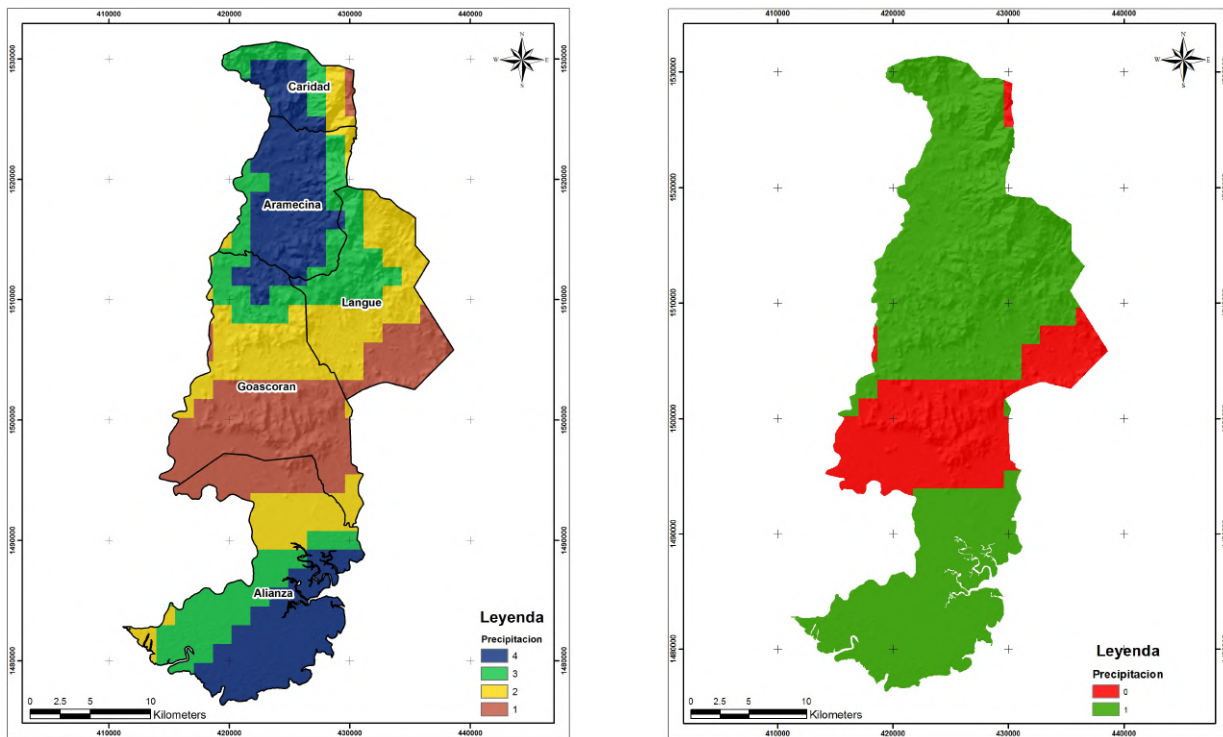


Figura 6: Precipitación Anual.

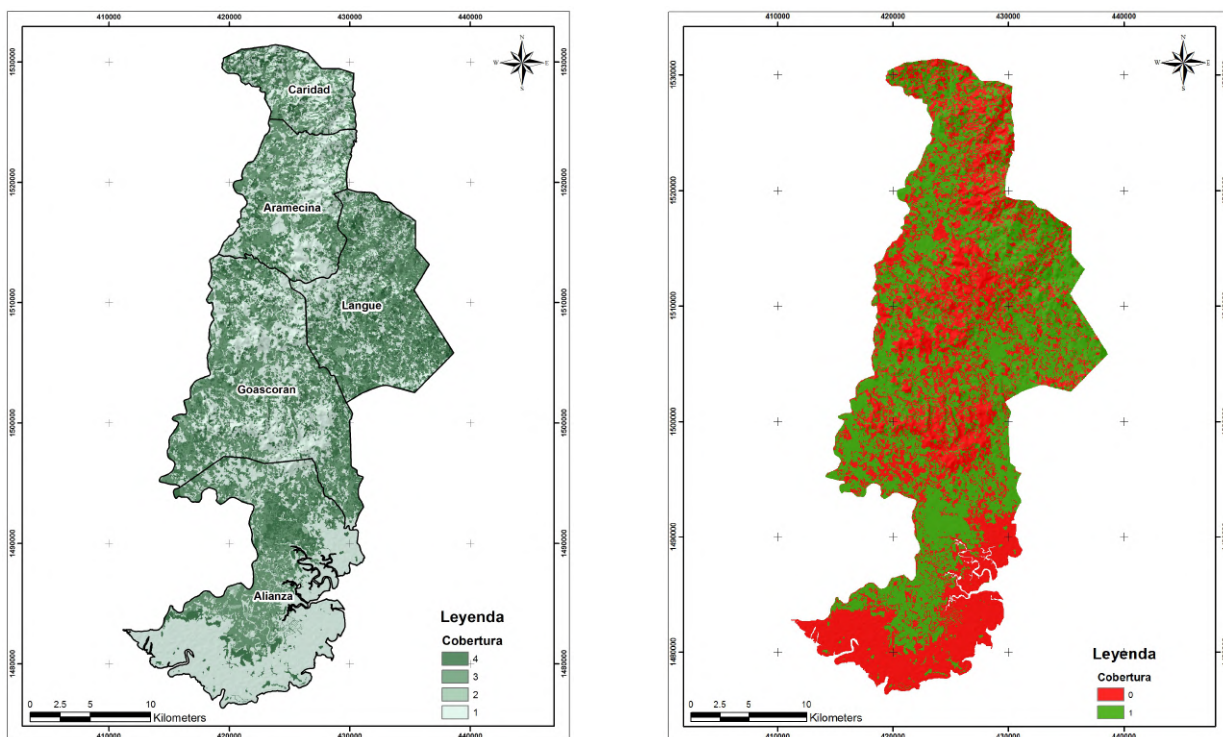


Figura 7: Cobertura del suelo.

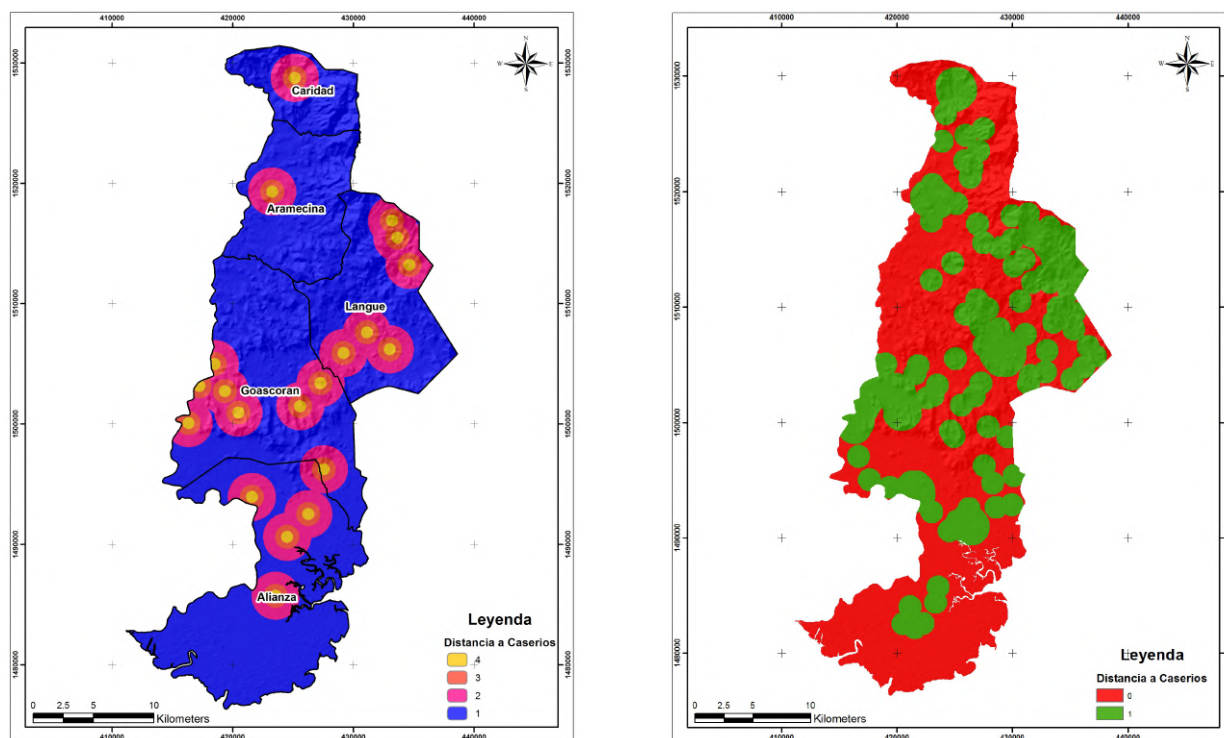


Figura 8: Distancia a centros poblados.

El valor mínimo calculado por el método WLC fue de 23, mientras que el máximo fue de 84, al mismo tiempo el valor mínimo calculado por el método Binario fue de 0, mientras que el máximo fue de 1. En base a los valores obtenidos se definieron dos categorías, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Clasificación del nivel de adecuación y el resultado final del método WLC y modelo binario

Método					Total
	Clase	23 - 43.33	43.33 - 63.66	63.66 - 84	
WLC	Nivel de adecuación	No adecuado	Poco adecuado	Adecuado	
	Área (ha)	19,945.64	4,1467.02	7,116.3	68,529.49
	Porcentaje del total del área	29.11	60.50	10.39	100
					Total
	Clase	0	1		
Binario	Nivel de adecuación	No adecuado	Adecuado		
	Área (ha)	64,998.08	3,529.28		68,527.36
	Porcentaje del total del área	94.85	5.15		100

4 Discusión

Se realizó un análisis multivariado de ambos modelos, tomando 2,500 valores de forma aleatoria, para describir estadísticamente el comportamiento de los mismos, el resultado se presenta en la tabla 3. Esta

tabla muestra el resumen estadístico para cada una de las variables seleccionadas. Incluye medidas de tendencia central, de variabilidad, y de forma. De particular interés aquí es el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden usarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a $+2$ indican desviaciones significativas de la normalidad, las cuales tenderían a invalidar muchos de los procedimientos estadísticos que se aplican habitualmente a estos datos. Tanto el método binario como el WLC muestran curtosis estandarizada fuera del rango esperado:

Tabla 3: Resumen estadístico del análisis multivariado entre ambos modelos

	Binario	WLC
Recuento	2,500	2,500
Promedio	0.0576	0.8356
Desviación estándar	0.233032	0.596586
Coefficiente de variación	404.57 %	71.3961 %
Mínimo	0.0	0.0
Máximo	1.0	2.0
Rango	1.0	2.0
Sesgo estandarizado	77.566	1.49286
Curtosis estandarizada	127.062	-3.62315

Posteriormente se realizó un análisis de correlación para conocer la relación entre las variables, el resultado se presenta en la tabla 4. Esta tabla muestra las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a $+1$, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor p que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores p abajo de 0.05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0 %. Tanto el modelo binario como el WLC tienen valores p por debajo de 0.05.

Tabla 4: Tabla de correlaciones momento producto de Pearson

	Parámetros	WLC
Binario	<i>Correlación</i>	0.3560
	<i>Tamaño de muestra</i>	(2500)
	<i>Valor-P</i>	0.0000

En esta investigación, se encontró que el valor mínimo calculado por el método combinado fue de 0, mientras que el máximo fue de 84. Con base a los valores obtenidos se definieron dos categorías, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Clasificación del nivel de adecuación y el resultado final del método Combinado

Clase	0	50 - 67	67 - 84	Total
Nivel de adecuación	No adecuado	Poco adecuado	Adecuado	
Área (ha)	65,016.68	1,430.09	2,080.46	68,527.35
Porcentaje del total del área	94.88	2.09	3.04	100

Se encontró que las áreas óptimas para el establecimiento de cosechas de agua en la zona de estudio, según el modelo combinado, cubren un área de 2,080.46 ha (ver figura 9), lo cual representa un 3 % del total del área, mientras que las áreas restantes se clasifican como poco adecuado (2 %) y no adecuado (95 %).

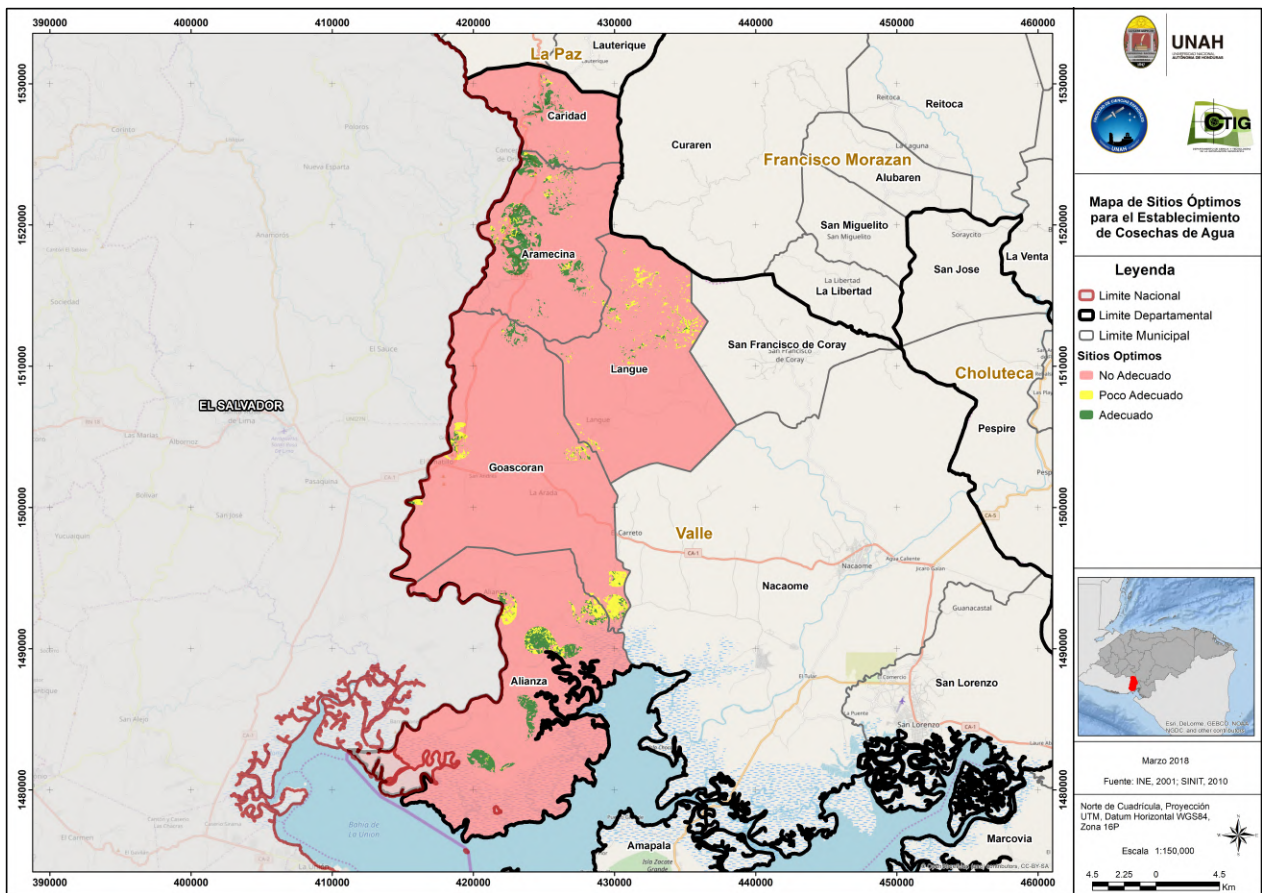


Figura 9: Mapa de localización de sitios óptimos.

5 Conclusiones

El corredor seco de Honduras, específicamente los municipios seleccionados pertenecientes al Departamento de Valle, es catalogado como una zona muy seca y con escasez de agua, sin embargo, tal y como se ha encontrado en este estudio, las precipitaciones de la zona son considerables, por lo cual se evidencia una falta de infraestructura para retener y aprovechar sosteniblemente el recurso agua de la zona. Los proyectos de cosecha de agua han sido utilizados en zonas donde no se posee infraestructura de gran envergadura, como alternativas viables para aprovechar las precipitaciones de la zona.

En esta investigación se compararon dos modelos análisis espacial para seleccionar los sitios óptimos para el establecimiento de cosechas de agua en los municipios de Caridad, Aramecina, Goascorán, Langué y Alianza. El método de Combinación Lineal Ponderada (WLC) y Método Binario, se aplicaron sobre seis criterios espaciales, y posteriormente se construyó un modelo combinando ambos resultados, resultando en la identificación de un 3% del total del área de estudio (3,529.28 ha) con un potencial alto para la construcción de cosechas de agua.

6 Referencias

- Allison, R., Higgit, D., Kirk, A., Whrburton, J., Al-Homoud, A., Sunna, B., y White, I. (1998). *Geology, Geomorphology, Hydrology, Groundwater and Physical Resources*, pp. 21–46. Arid land resources and their management: Jordan's desert margin.
- CESPAD y Trocaire (2016). Desde la mirada de sus pobladores: diagnóstico de la escasez de alimentos y la sequía en el corredor seco de Honduras. Technical report, Centro de Estudio para la Democracia.
- Cáceres, J. (2017). Localización óptima de zonas potenciales para cosecha de agua lluvia en la zona sur de Honduras, año 2016. *Revista Ciencias Espaciales*, 10(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.5377/ce.v10i1.5819>.
- Cáceres, J. (2018). Localización óptima de zonas potenciales para cosecha de agua lluvia mediante criterio booleano en la zona sur de Honduras, año 2017. *Revista Ciencias Espaciales*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v11i1.7172>.
- Dottridge, J. y Gibbs, B. (1998). *Water for sustainable development*, pp. 111–118. Arid land resources and their management: Jordan's desert margin.
- FAO (2014). Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación (PAN-LCD) 2014-2022. Technical report, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Giap, D. H., Yi, Y., Cuòng, N. X., Diana, J. S., y Lin, C. K. (2003). Application of gis and remote sensing for assessing watershed ponds for aquaculture development in thai nguyen, vietnam. En *Application of GIS and Remote Sensing for Assessing Watershed Ponds for Aquaculture Development in Thai Nguyen, Vietnam*.
- Heathcote, R. (1983). *The arid lands: Their use and abuse*. London: Longman Group Limited.
- INE (2013). Censo de población y vivienda 2013. Obtenido de <http://170.238.108.229/index.php/catalog/69>. Honduras: Instituto Nacional de Estadística.
- Prinz, D. y Singh, A. (2000). Water resources in arid regions and their sustainable management. *Annals of Arid Zone*, 39.

Shatnawi, G. (2006). Determine the best sites for water harvesting projects (dams & hafirs) in northeastern badia using gis applications. Unpublished M.Sc. thesis, Al Al-Bayt University, Mafraqa.

INFLUENCIA DE LA SILVICULTURA EN LA INCIDENCIA DE *Dendroctonus frontalis*, CAMPAMENTO, OLANCHO, MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, 2000-2016.

Javier-Enrique Meza-Antúnez ^{1,*}

¹Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, UNAH

Recibido: 12/junio/2019

Aceptado: 04/noviembre/2019

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v12i1.9639>

RESUMEN

La presente la investigación se enmarco en desarrollar una respuesta científica a la problemática del gorgojo descortezador del pino, realizando una comparación entre los bosques de que han sido tratados bajo silvicultura versus los bosques que no han recibido ningún tratamiento silvicultural en el municipio de Campamento, Olancho, para determinar la influencia de la silvicultura en estos brotes de plaga de *Dendroctonus frontalis*. El objetivo general consistió en analizar las variaciones en la incidencia de la silvicultura el impacto de plaga de gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis*, determinado mediante Tecnologías de la Información Geográfica en el municipio de Campamento, Olancho, en el periodo 2000-2016. Este análisis se realizó utilizando las herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica, para determinar si hay diferencias en los daños causados por el gorgojo descortezador del pino. Se utilizó herramientas de análisis espacial disponibles en los softwares especializados, se realizó mediante las metodologías y técnicas del análisis espacial de los datos geográficos. Se pudo concluir que existe una variación porcentual en la incidencia de la silvicultura de 19.86 % en el área afectada por plaga bosque de pino y bosque mixto sin manejo forestal en el área de estudio equivalente a 466.52 hectáreas. Además, existe una variación porcentual en la incidencia de la silvicultura de 14.54 % en el área afectada por plaga bosque de pino y bosque mixto con manejo forestal en el área de estudio equivalente a 1959.65 hectáreas.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, Análisis espacial, autocorrelación espacial, asociación espacial, silvicultura.

ABSTRACT

The present research aims to develop a scientific response to the problem of the pine bark beetle, making a comparison between the forests that have been treated under forestry versus the forests that have not received any treatment in the municipality of Campamento, Olancho, to determine the influence of forestry on these plague outbreaks of *Dendroctonus frontalis*. The general objective was to analyze the variations in the incidence of silviculture the impact of the pest of bark beetle *Dendroctonus frontalis* pine, determined by Geographic Information Technologies in the municipality of Campamento, Olancho, in the period 2000-2016. This analysis will be done using technological tools such as Geographic Information Systems, to determine if there are differences in the damage caused by the pine bark beetle.

*javier.meza@unah.edu.hn

To achieve these objectives, spatial analysis tools available in specialized software will be used to perform a spatial analysis of the different geographic data. The identification and analysis of the influence of silviculture on the incidence of pine bark beetle advance will be made through the methodologies and spatial analysis techniques that can be carried out using GIS. It was concluded that there is a percentage variation in the incidence of forestry of 19.86 % in the area affected by pine forest plague and mixed forest without forest management in the study area equivalent to 466.52 hectares. In addition, there is a percentage variation in the incidence of forestry of 14.54 % in the area affected by pine forest plague and mixed forest with forest management in the study area equivalent to 1959.65 hectares.

Keywords: Geographic information systems, apatial analysis, spatial autocorrelation, apatial association, forestry.

1 *Introducción*

Cabe decir que, por ser un evento reciente en el país, no existe un estudio actualizado en el que se determine la influencia de la silvicultura en la incidencia de plagas (*Dendroctonus frontalis*) en los bosques de pino, por lo que esto representa una opción de contar con un análisis que nos muestre esta problemática desde otra perspectiva, que permita encontrar nuevas alternativas de intervención para mitigar los impactos que provoca este fenómeno. El 50 % del territorio hondureño está cubierto de bosques (5.4 millones de ha), del cual un 36.7 % (1.94 millones de ha) corresponden a bosques de pino y un 5 % (0.3 millones) a bosques que combinan pino con otras especies (ICF, 2016).

Datos del BID (2016) indican que desde el año 2012 el bosque de pino que fue afectado por la plaga del gorgojo descortezador, que hasta diciembre del 2016 había destruido aproximadamente 508,000 Ha de bosque (25 % del área total de pino), lo que equivale a la deforestación que habría ocurrido en 110 años. Es importante resaltar que esta área no perdió por completo, esta deberá ser objeto de evaluación de regeneración natural, para terminar el grado de restauración que presente.

El área de cobertura de pino se ha visto severamente afectada por la plaga del gorgojo descortezador del pino. Así mismo, así mismo existe debilidad en la gestión para promover practicas silviculturales apropiadas que fomenten el buen manejo forestal, falta de incentivos forestales, la tala ilegal y los incendios forestales han influenciado de gran manera la perdida de cobertura del bosque de pino.

A consecuencia de los efectos del cambio climático, Honduras está atravesando una de las peores situaciones por las plagas forestales sobre los bosques de pino, en especial la del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus spp*) que, sumándose a otras amenazas existentes como los incendios forestales y la tala ilegal, ponen en precario el disfrute de los derechos humanos y, por ello, condiciones básicas de vida digna de las y los habitantes (CONADEH, 2016).

Sobre la base de las consideraciones anteriores este estudio permitirá determinar la necesidad de crear incentivos al buen manejo forestal en las diferentes regiones forestales ubicadas a lo largo del país. Por otra parte, la investigación generará información geográfica en el tema de plagas y enfermedades forestales para el país, lo que es primordial para el buen manejo de los recursos forestales y a la vez se utilizará como un insumo para las instituciones que dirigen el Sector Forestal. A la vez será fundamental realizar acciones de restauración forestal en estas áreas afectadas para su recuperación. Por otro lado, esta investigación también ayudará a los propietarios privados de bosques de pino y servirá para la generación de nuevos proyectos de incentivos y políticas forestales nacionales para el fomento del buen manejo forestal de los bosques.

El manejo de las plagas y la prevención de su dispersión son aspectos fundamentales para ayudar a asegurar el mantenimiento de la sanidad de los bosques y alcanzar los objetivos de la silvicultura sostenible (FAO, 2012).

Así mismo es importante entender que la silvicultura preventiva tiene el propósito de modificar la estructura del combustible disponible y así satisfacer los objetivos de protección contra incendios forestales, asociando esta protección al mejoramiento de la producción y la calidad del medio ambiente.

2 Metodología

Área de estudio.

El área de estudio fue el municipio de Campamento, en el departamento de Olancho, el cual tiene una extensión territorial de 379.58 km² y está ubicado al Suroeste del departamento, limita al Norte: con los municipios de Concordia y Juticalpa, Al Sur: con el Municipio de Teupasenti en el departamento de El Paraíso, al Este con el municipio de Juticalpa y al Oeste con el municipio de Guaimaca, departamento de Francisco Morazán (ver figura 1). Campamento cuenta con 11 aldeas y 117 caseríos. Las principales actividades económicas de este municipio son: agricultura, silvicultura, caza y pesca.

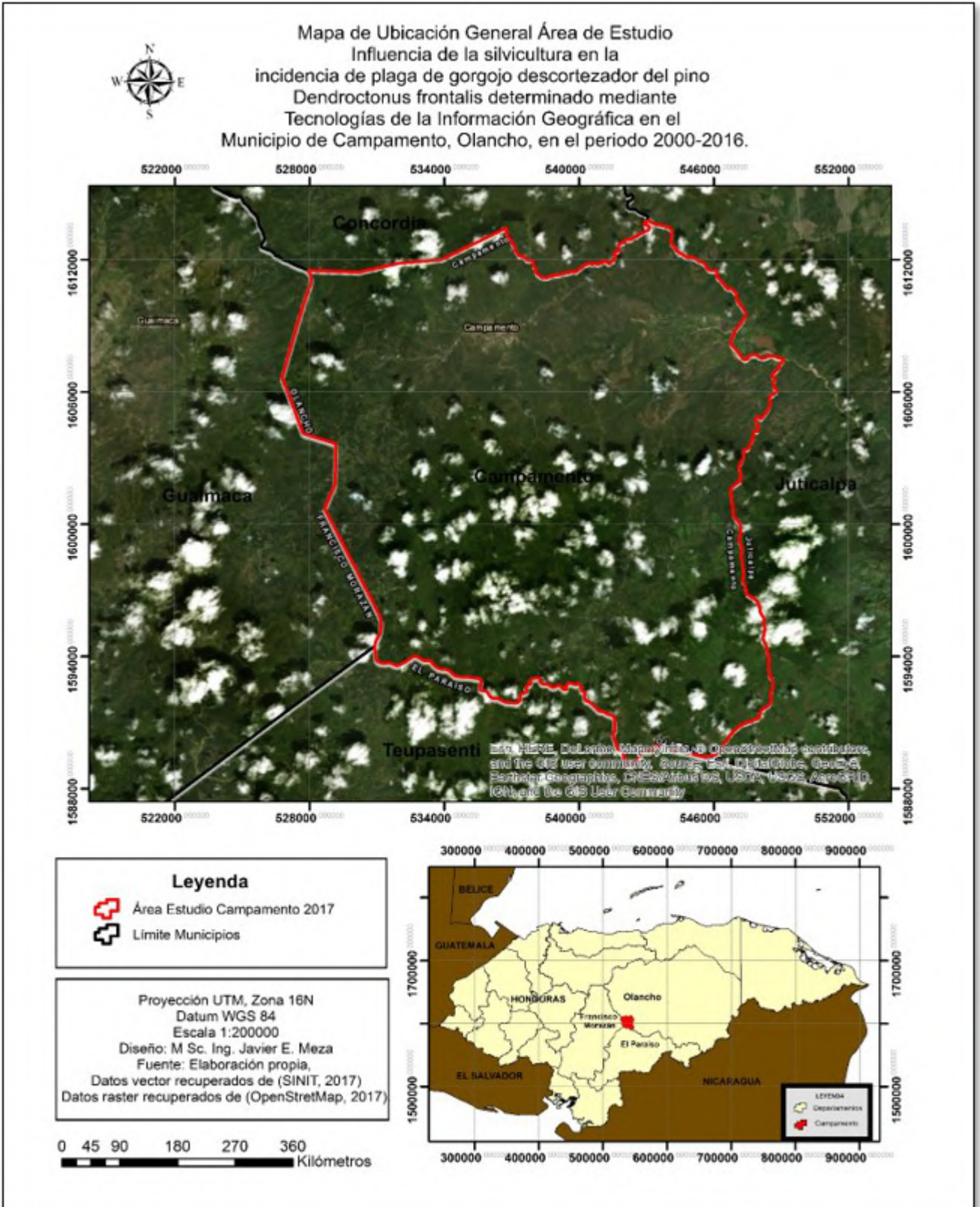


Figura 1: Mapa de ubicación área de estudio.

Para el análisis e interpretación de los datos la investigación se realizó 4 etapas.

Etapas I: selección de la información

Esta etapa consistió en la selección de la geodatabase, diseñada en el Sistema de Información Geográfica con la base de los datos vectoriales de planes de manejo y de las áreas afectadas por la plaga en el municipio de Campamento, departamento de Olancho. En esta investigación se utilizó el formato shapefile el cual es el formato de datos vectorial más popular y extendido en el trabajo con un SIG. Se trata de un formato vectorial que guarda la localización de elementos geográficos y atributos a ellos asociados, pero no es capaz de almacenar relaciones topológicas (Alonso, 2015). La información referente utilizada en esta investigación es la siguiente:

- Cobertura/uso de la tierra: se utilizó un producto geoespacial que tuviera cubrimiento completo del contexto espacial de Honduras y específicamente el municipio de Campamento, Olancho. La fuente de datos usada procede del Mapa Forestal y de cobertura de la tierra de Honduras elaborado en 2014 por el ICF con apoyo del programa EDDS-GIZ-CAD. Imágenes de alta resolución espacial fueron utilizados para tener unidades de mapeo mínimas de 0.5 hectáreas (Hernandez, 2016).
- Capa de información geográfica de planes de manejo forestal vigentes a nivel nacional y específicamente en Olancho (ICF, 2015).
- Capa de información geográfica del área afectada por la Plaga del Gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* (ICF, 2017).
- Capa de municipios de Honduras (SINIT, 2017). Ver tabla 1: especificaciones de geodatabase

Tabla 1: Especificaciones GEODATABASE

Especificaciones	
Projected Coordinate System	WGS_1984_UTM_Zone_16N
Projection	Transverse_Mercator
Geographic Coordinate System	GCS_WGS_1984
Datum	D_WGS_1984
Prime Meridian	Greenwich
Angular Unit	Degree

Etapas II: recopilación de la información

Se realizó una compilación de los planes de manejo de la zona de la Región Forestal ICF Olancho en donde se han realizado diferentes tratamientos silvícolas en el municipio de Campamento durante el periodo comprendido en los años 2000 a 2016 (ver figura 2).

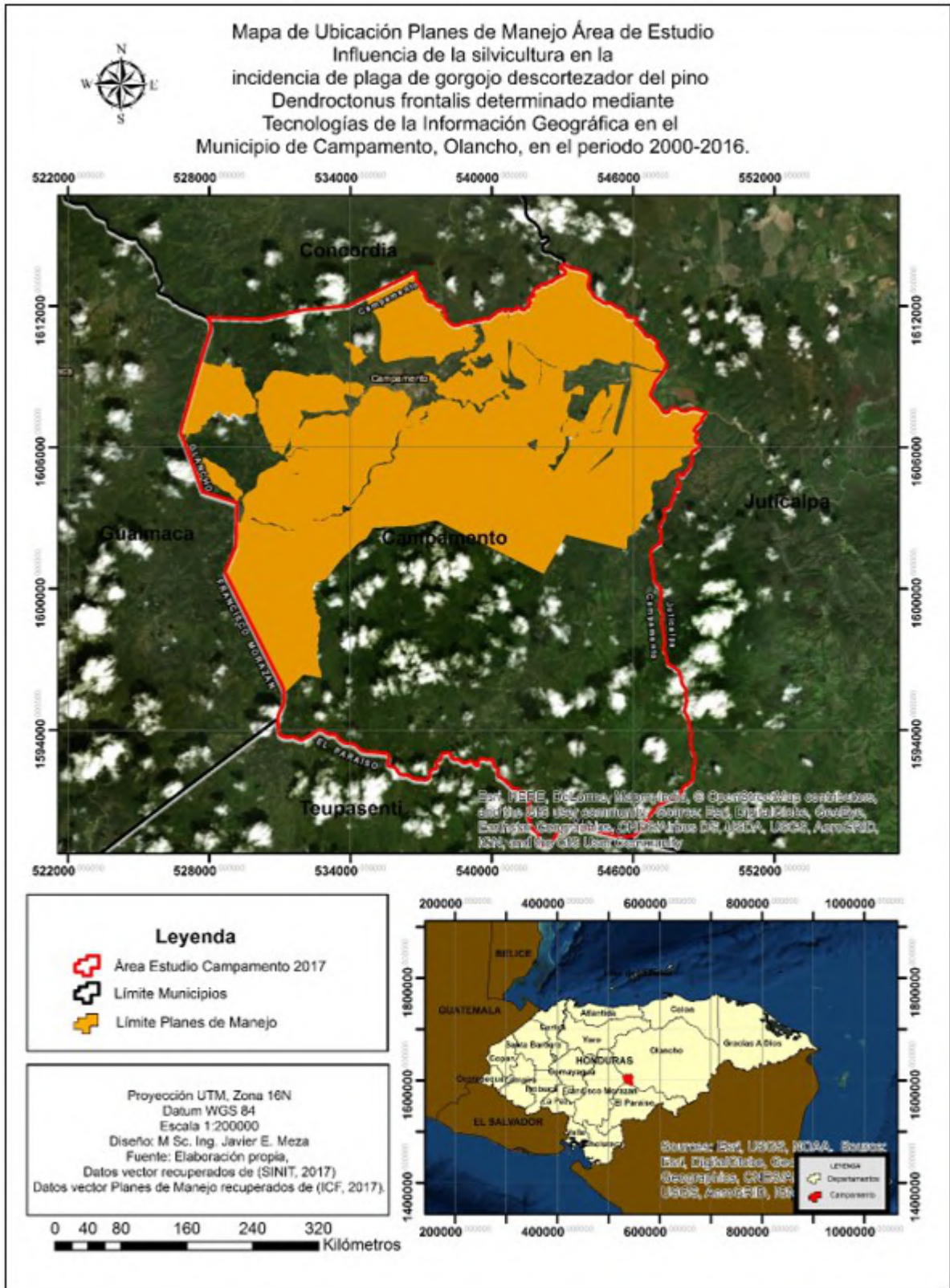


Figura 2: Mapa de ubicación planes de manejo área de estudio.

Etapa III: análisis espacial utilizando herramientas SIG en el área de estudio.

Utilizando herramientas geoespaciales con software especializado en Sistemas de Información Geográfica se seleccionó el área de estudio de la capa vector del Sistema de Información Territorial SINIT. Así mismo, se realizaron varios cortes de las áreas de interés dentro del municipio de Campamento, para elaborar el mapa de uso actual y luego las consideraciones anteriores (ver figura 3). Posteriormente se realizó una selección de los planes de manejo dentro del área de interés.

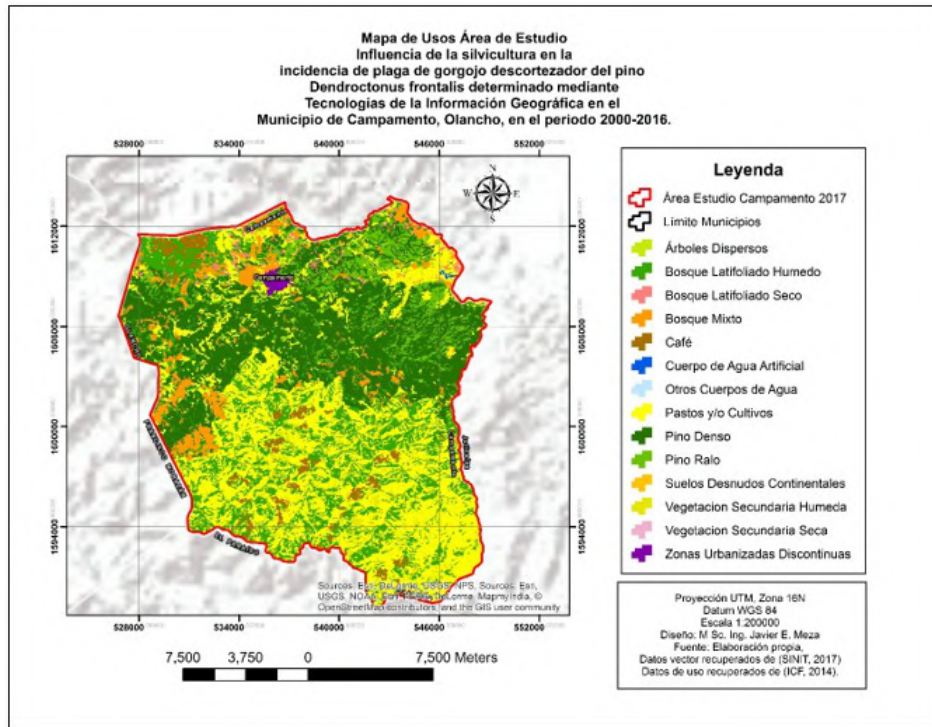


Figura 3: Mapa de usos de área de estudio.

A continuación, se realizó dos cortes, el primero de las áreas que se encuentran afectadas por la plaga del gorgojo descortezador dentro del área que se encuentra en el interior de los planes de manejo y el segundo corte del área afectada por la plaga del gorgojo descortezador que se encuentra fuera del área con régimen de manejo forestal. En ese mismo sentido se realizó la extracción o corte de la información de la capa del mapa de uso del 2014, proporcionada por el Instituto de Conservación Forestal. Dejando solamente el área de estudio que corresponde al municipio de Campamento.

Etapa IV: socialización y validación de resultados, esta permitió validar los resultados con los beneficiarios y actores de este estudio.

3 Resultados

Un aspecto importante que resaltar es que, del total del área de estudio, menos de la mitad (41.68 %) tiene cobertura de bosque de coníferas y bosque mixto que es sujeta a manejo forestal. Además, puede observarse que el 85.16 % de esa área se encuentra bajo un régimen de manejo forestal, lo cual es muy positivo, tomando en consideración lo que muestra el análisis de los resultados (ver figura 4).

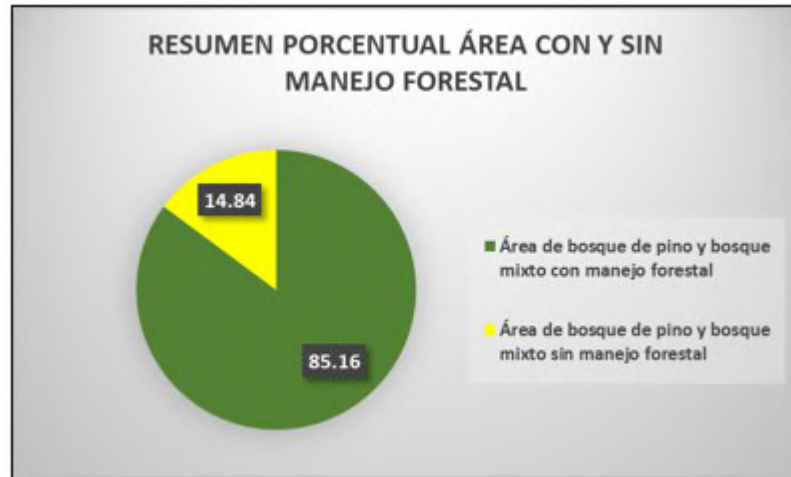


Figura 4: Gráfica resumen porcentual área con y sin manejo forestal.

Las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 muestran los resultados de la investigación en donde se puede apreciar que hay una diferencia porcentual en el grado de afectación de plaga entre el bosque que fue manejado, bajo un régimen silvicultural y el bosque no fue manejado, los datos se pueden ver en la tabla 2, tabla 3 y tabla 4.

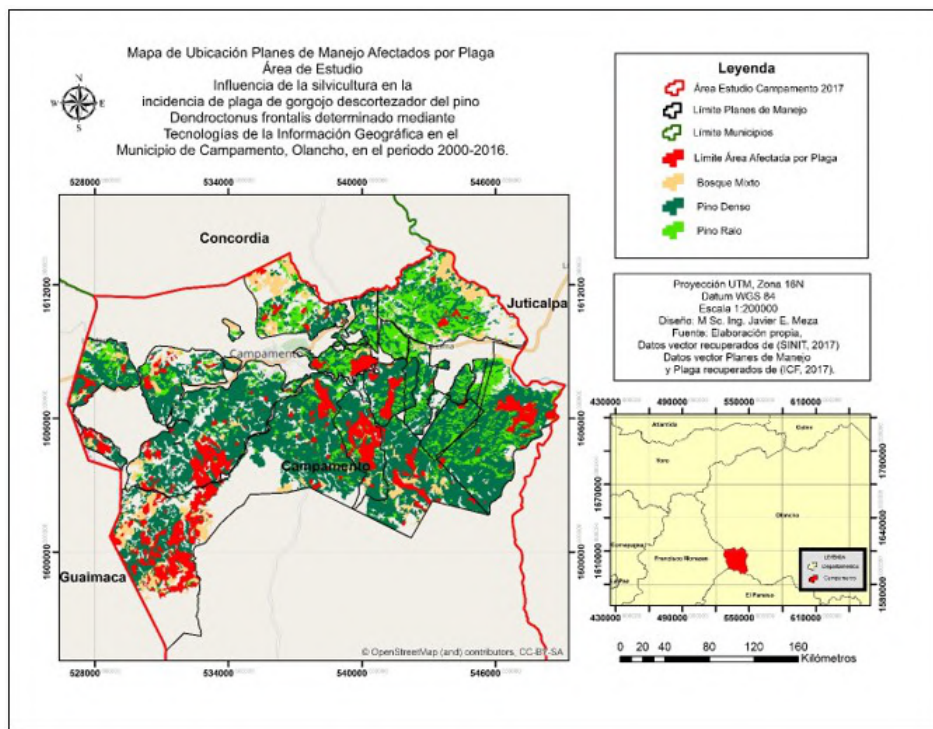


Figura 5: Mapa de ubicación planes de manejo afectados por el gorgojo descortezador.

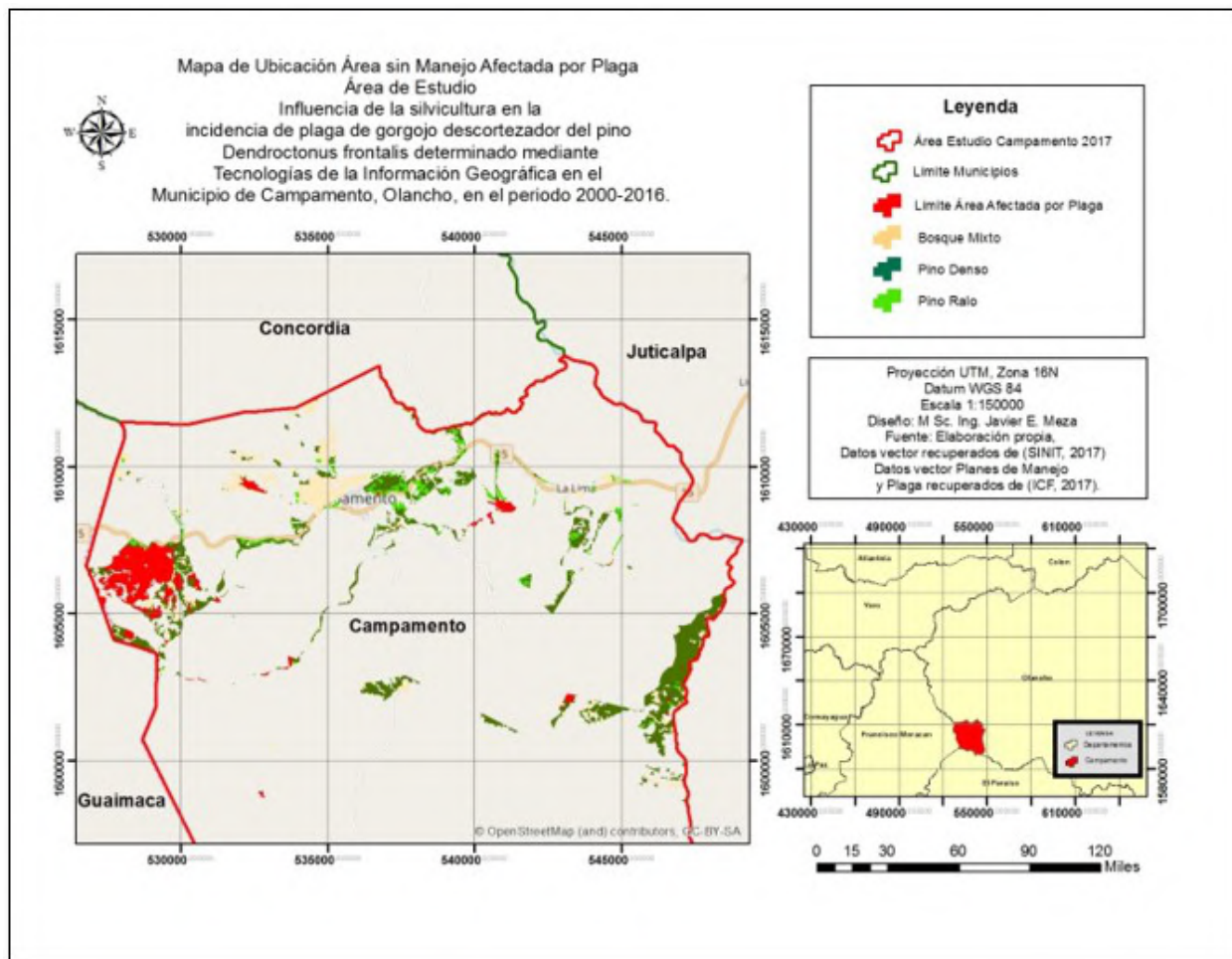


Figura 6: Mapa de ubicación área sin planes de manejo afectada por gorgojo descortezador.



Figura 7: Gráfica área porcentual afectada en bosque con planes de manejo.

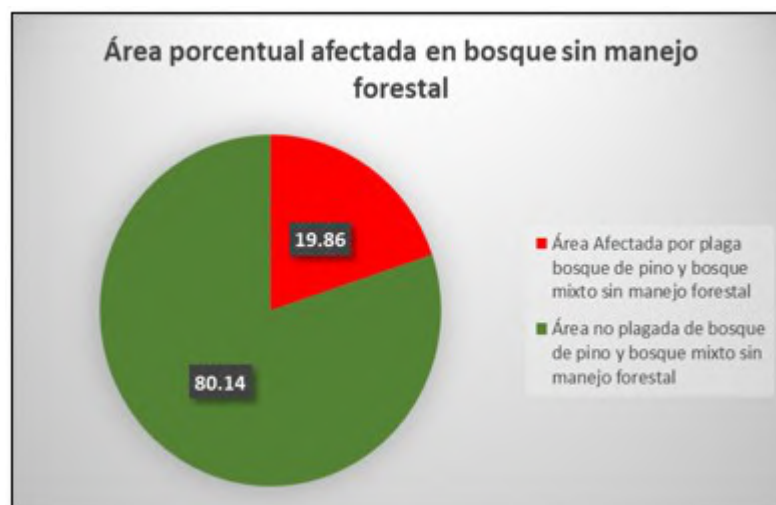


Figura 8: Gráfica área porcentual afectada en bosque sin planes de manejo forestal.

Tabla 2: Resumen área con y sin manejo forestal

Descripción	Área (ha)	Porcentaje
Área de bosque de pino y bosque mixto con manejo forestal	13473.31	85.16
Área de bosque de pino y bosque mixto sin manejo forestal	2348.64	14.84
Total	15821.95	100.00

Fuente:recuperado de Mapa Forestal ICF (2014)

Tabla 3: Resumen área afectada bajo manejo forestal

Descripción	Área (ha)	Porcentaje
Área Afectada por plaga bosque de pino y bosque mixto con manejo forestal	1959.65	14.54
Área no plagada de bosque de pino y bosque mixto con manejo forestal	11513.66	85.46
Área total bosque de pino y bosque mixto con manejo forestal	13473.31	100.00

Fuente: recuperado de datos vector ICF (2017)

Tabla 4: Resumen área afectada sin manejo forestal

Descripción	Área (ha)	Porcentaje
Área Afectada por plaga bosque de pino y bosque mixto sin manejo forestal	466.52	19.86
Área no plagada de bosque de pino y bosque mixto sin manejo forestal	1882.12	80.14
Área de bosque de pino y bosque mixto sin manejo forestal	2348.64	100.00

Fuente: recuperado de datos vector ICF (2017)

4 *Discusión*

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando se puede observar que el mayor grado de afectación se encuentra en el área de bosque de coníferas y en el bosque mixto que no ha recibido ningún tratamiento silvícola, lo que muestra en un primer análisis la importancia que tiene efectuar manejo forestal en estas áreas, para de alguna manera incidir en el impacto negativo que provoca el gorgojo descortezador de los pinos.

Hecha la observación anterior se hace necesario que la Administración Forestal del Estado fomente el manejo forestal a través de los incentivos al manejo forestal que se encuentran en la Ley Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre y a la vez que se operativicen los mismos, para poder reducir el impacto negativo que provocan estos episodios de plaga.

De los anteriores planteamientos se deduce la necesidad de realizar este tipo de estudios, los cuales pueden desarrollarse a nivel local, regional y nacional para contar con nuevos elementos que vengán a ayudarnos a tomar decisiones e impulsar el desarrollo forestal del país, en un país en donde más del 70 % de la superficie es de vocación forestal, lo cual no se ve reflejado en el Producto Interno Bruto (PIB).

Los resultados muestran la necesidad de más datos y análisis, para los cual se requieren soluciones innovadoras y los sistemas de información geográfica representan una excelente opción ante esta problemática y sobre todo se necesita realizar más investigación y monitoreo constante para evitar los daños provocados por este fenómeno que provoca pérdidas económicas y ecológicas al país.

5 *Conclusiones*

Existe una variación porcentual en la incidencia de la silvicultura de 19.86 % en el área afectada por plaga bosque de pino y bosque mixto sin manejo forestal en el área de estudio equivalente a 466.52 hectáreas. Lo que muestra una variación porcentual que refleja una mayor afectación en áreas de bosque que no tienen un régimen silvicultural.

Hay una diferencia porcentual en la incidencia de la silvicultura de 14.54 % en el área afectada por plaga bosque de pino y bosque mixto con manejo forestal en el área de estudio equivalente a 1959.65 hectáreas.

Existe una variación estadística o diferencia porcentual de 5.32 % entre el bosque manejado y el bosque no manejado, lo que podría ser un indicador sobre la importancia de realizar silvicultura. No obstante, es importante realizar más estudios en otras áreas, para tener más datos al respecto.

Se puede observar que la densidad de los bosques de pino es una característica determinante en la incidencia de plaga. Es evidente entonces que resultara útil realizar otras investigaciones, para determinar la incidencia del factor densidad en la afectación del gorgojo descortezador del pino.

En los bosques que tienen planes de manejo y que hay tenido un régimen silvicultural intenso se puede observar una intensidad menor en el grado de afectación de la plaga del gorgojo descortezador del pino. Lo que es un indicador de la necesidad que existe de manejar los bosques, bajos regímenes silviculturales adecuados.

Área total bosque de pino y bosque mixto es de 15,821.95 que representa un 41.68 % del área de estudio. De esta el 85.16 % (13,473.31 ha) se encuentran bajo un régimen de manejo forestal y 2,438.64 ha que representan el 14.84 % que se encuentran sin ningún manejo forestal, en esta última se encuentra el mayor porcentaje de afectación 19.86 %.

6 Referencias

Alonso, D. (2015). Cómo calcular el área de un polígono con ArcGIS, QGIS y gvSIG. <https://mappinggis.com/2015/07/como-calcular-el-area-de-un-poligono-con-arcgis-qgis-y-gvsig/>.

BID (2016). Proyecto Manejo Sostenible de Bosques. Proyecto BID HO-L1179.

CONADEH (2016). Informe Especial El gorgojo descortezador del pino y otras graves amenazas ambientales a la vida digna de los hondureños y hondureñas. Technical report, CONADEH.

FAO (2012). *Guía para la Aplicación de Normas Fitosanitarias en el Sector Forestal*.

Hernandez, A. (2016). Reporte Simulación con la Herramienta para la Evaluación de Suelos y Aguas Swat.

ICF (2014). Geoportal del Sector Forestal de Honduras, Instituto de Conservación Forestal. <http://geoportal.icf.gob.hn/geoportal/main>.

ICF (2015). Geoportal del Sector Forestal de Honduras, Instituto de Conservación Forestal. <http://geoportal.icf.gob.hn/geoportal/main>.

ICF (2016). Informe plagas.

ICF (2017). Unidad de Control de Plagas.

SINIT (2017). Sistema Nacional de Información Territorial.

DEPARTAMENTO DE ARQUEOASTRONOMÍA Y ASTRONOMÍA CULTURAL

MODELO 3D PLAZA DE LAS ESTELAS COPÁN: ANÁLISIS ARQUEOASTRONÓMICO PRELIMINAR

Javier Mejuto-González^{1,*}, Eduardo Rodas-Quito^{1,†}

¹Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, UNAH

Recibido: 03/junio/2019

Aceptado: 10/octubre/2019

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v12i1.9629>

RESUMEN

En este trabajo se presenta el modelo 3D de la plaza de las estelas del sitio arqueológico de Copan. Este se realizó principalmente con tres objetivos: conocer la motivación para construir dichos monumentos, entender la importancia de algunas fechas en el calendario maya al relacionar las decoraciones e inscripciones con las fechas en que ocurren los fenómenos solares según la posición de los monumentos analizados y el tipo de relación que los gobernantes creyeron tener entre ellos y las diferentes deidades en el panteón maya, especialmente las relacionadas con el dios solar, K'inich Ajaw. La conclusión de este estudio es que parece haber una relación entre las estelas A-H y A-I de carácter astronómico enraizado en la cosmovisión maya con la finalidad de justificar el poder dinástico real en Copán ruinas.

Palabras clave: Astronomía cultural, arqueoastronomía, Ajaw, Copán ruinas.

ABSTRACT

In this work a 3D model for the stela plaza of the archaeological site of Copan is presented. This model will help understanding the motivation behind the stelae as well as understanding the relevance of some dates in the Mayan calendar by relating the decorations and inscriptions with solar events and the relationship between the rulers and other divine entities (especially those related to the solar god, K'inich Ajaw). According to this study it appears an astronomical relationship between stelae A-H and A-I probably as an attempt to justify the royal power in Copan.

Keywords: Cultural astronomy, archaeoastronomy, Ajaw, Copan ruins.

1 Introducción

Los estudios arqueoastronómicos, como cualquier otro estudio de tipo geoespacial, requieren de una serie de recursos para la toma de datos en el campo. Sin embargo, en los últimos tiempos es posible reducir costes –aunque no eliminarlos– a través del uso de modelos digitales que permiten el estudio de ciertos elementos sin el desplazamiento físico al lugar de estudio. Parece obvio comentar que estos estudios y los resultados relacionados con el mismo serán tan relevantes como lo sea el modelo que se obtenga. Por

*javier.mejuto@unah.edu.hn, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8936-7236>

†eduardo.rodas@unah.edu.hn, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6956-0987>

tanto, en la elaboración de dichos modelos se deben controlar de manera muy especial los factores que afectan la precisión de los resultados derivados del uso de estos modelos. Las dimensiones del sitio en estudio, su estado de conservación y las mismas herramientas para la creación y manipulación de modelos son algunos de las variables a controlar por parte del investigador. Como consecuencia de ello, además de la comprensión de la motivación de quienes construyeron estas estructuras antiguas, también permite indagar en los elementos intangibles que están asociados a dichos restos y que son del interés no solo de los estudiosos de las antiguas sociedades sino que de las comunidades en que se encuentran, dado el potencial turístico y económico que dicho interés provoca en la sociedad en general. Por otro lado, este estudio requiere, al menos en el caso de la Arqueoastronomía, la observación de ciertos fenómenos celestes, los que no son frecuentes sino que suceden en épocas específicas del año, por tanto el tiempo es un factor que limita la realización de pruebas de verificación de las hipótesis planteadas por los arqueoastrónomos y surge la necesidad de crear modelos digitales que permitan acortar el tiempo invertido en su estudio y la reducción y falsación de hipótesis.

En el caso de las Ruinas de Copán, como en una gran mayoría de sitios arqueológicos, los monumentos están en constante riesgo de destrucción debido tanto a procesos naturales de erosión como factores antropogénicos. Este hecho tiene que ser tomado en cuenta antes de proponer cualquier desarrollo que puede agravar este problema (CATIE, 1984).

Estudios arqueoastronómicos han evidenciado que el sector norte de la Plaza Principal del Parque Arqueológico de Copán Ruinas, denominado Plaza del Sol, fue construido por los Mayas para marcar alineamientos astronómicos del Sol (Pineda de Carías *et al.*, 2009). Sin embargo, no están fácilmente disponibles modelos tridimensionales (3D) y de realidad virtual que permitan estudiar con más profundidad estos alineamientos. Tampoco se cuenta con bases de datos y sistemas de información geográfica que utilicen tecnologías de vanguardia para estudios arqueoastronómicos más extensos.

2 Metodología

La metodología empleada consistió en el modelado tridimensional del sector norte de la plaza principal a partir de los datos obtenidos de los mapas ya realizados en las diferentes investigaciones llevadas a cabo en el Parque Arqueológico de Copán Ruinas (PACR) y con el modelo desarrollado, realizar el análisis y simulación de las luces y sombras generadas por la interacción de la iluminación solar con las estelas, las que podrían coincidir en el tiempo con eventos importantes del ciclo solar anual, que se corresponden, a su vez, con eventos de relevancia en la vida social de los antiguos habitantes mayas del lugar.

Aunque ya existen actualmente otras herramientas que permiten realizar análisis virtuales del PACR, tales como el proyecto MayaArch3D (www.mayaarch3d.org; Schwerin *et al.*, 2011), éstos se circunscriben al análisis desde el punto de vista antropológico de restos materiales, es decir, aspectos tales como el estilo de las esculturas, estilo de decoraciones de monumentos, cerámicas o de escritura, entre otros así como del punto de vista patrimonial, al preservar digitalmente un modelo virtual de los artefactos encontrados en el PACR para posteriores análisis, sin generar daño ni desgaste al artefacto original por la necesaria exposición a los elementos naturales y a los instrumentos de análisis. Por otro lado, estos modelos existentes fueron diseñados para el análisis individual de los artefactos, no para estudiar las interacciones que tienen entre sí o con el medio que les rodea. Sin embargo, si quien investiga tiene habilidades de tipo informático, es posible hacer una transferencia de estos modelos de alta calidad a software de tipo astronómico, como Stellarium (Zotti *et al.*, 2017) y a partir de allí identificar las relaciones entre fenómenos astronómicos y orientaciones de estructuras en sitios arqueológicos. Dado que el estudio descrito en el presente trabajo

es de tipo preliminar, no es necesario manejar la gran cantidad de datos que hay que transferir desde las bases de datos de los sitios descritos en este párrafo, por lo que se optó por buscar alternativas más sencillas que se pudieran utilizar con los datos con que ya se cuenta del sitio bajo estudio.

Por tanto fue necesario utilizar una herramienta que permitiera incorporar diversas formas de análisis de los modelos 3D existentes, desde las posiciones relativas de cada artefacto que permitiera un análisis de sus interacciones, hasta la forma cómo la iluminación solar crea patrones en las sombras de los mismos. Se encontró que para el presente análisis, el software “SketchUp” en su versión 8, www.sketchup.com, cumplía con los requerimientos necesarios, ya que es un software gratuito y con el mismo se pueden crear modelos 3D de estructuras, dándoles una forma muy aproximada al real, los que se pueden georeferenciar ingresando las coordenadas de un punto específico del modelo y de esta manera, simular la iluminación del Sol y por tanto las sombras generadas por las estructuras de interés. Estas sombras, a su vez, permitieron encontrar patrones que se pueden relacionar con las fechas de eventos que pudieron haber sido importantes en la sociedad de los mayas antiguos. De esta forma, se puede:

- i. Conocer la motivación para construir dichos monumentos
- ii. Entender la importancia de algunas fechas en el calendario maya al relacionar las decoraciones e inscripciones con las fechas en que ocurren los fenómenos solares según la posición de los monumentos analizados
- iii. El tipo de relación que los gobernantes creyeron tener entre ellos y las diferentes deidades en el panteón maya, especialmente las relacionadas con el dios solar, K'in.

Los modelos digitales permiten realizar estudios muy cercanos a la realidad, volviendo innecesaria la exposición de los artefactos originales a los correspondientes riesgos inherentes del estudio. Para obtener resultados realistas, es muy importante que al elaborar los modelos digitales, se tomen los datos más detallados y precisos a partir de los originales. Para esto, se procedió como sigue:

- i. Se tomaron medidas físicas directamente de los originales
- ii. Se tomaron datos de diversas fuentes documentales para corroborar los datos ya recolectados así como para obtener otros con que todavía no se contaba
- iii. Con estos datos, se procedió a su organización y clasificación en una base de datos digital, por monumento estudiado
- iv. Finalmente, se definió el área de estudio sobre un mapa del área de interés, en este caso, la Plaza Principal.

Con estos datos ya organizados y clasificados, se elaboraron los modelos digitales con la herramienta SketchUp. Se corrieron simulaciones de sombras de estructuras en diversas fechas, buscando aquellas en que coincidieran los extremos de las sombras con la base o esquina de otro monumento, agregándose estas fechas en la base de datos, por monumento que la generaba, a lo largo de un período correspondiente a un año trópico. También se registró el monumento con el que coincidía cada uno de ellos en esta relación de luz y sombras.

3 Resultados

Se construyó un modelo 3D virtual del sector Norte de la Plaza Principal de Copán Ruinas, utilizando las siguientes fuentes para los datos del modelo:

- 1) Google Earth, gracias a la capacidad de SketchUp de georreferenciar estructuras elaboradas con este software, utilizando este servicio web de información geográfica
- 2) Datos de campo obtenidos por docentes del Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural (dimensiones de las estelas).

Con estos datos, se procedió a generar modelos virtuales de estelas y escalinata oeste de la Plaza Principal, utilizando para ello el software SketchUp, que permite la creación de modelos de este tipo de forma realista, a partir de las dimensiones que el usuario ingrese. Los modelos para cada estela y la estela se ubicaron en las posiciones geográficas que les corresponden gracias a la capacidad de SketchUp de descargar del servicio Google Earth la fotografía del sitio geográfico que especifique el usuario y sobre él, ubicar los modelos virtuales generados. Luego, se georreferenció el mapa descargado a las coordenadas correspondientes. En las figuras 1, 2, 3 y 4 se presentan capturas de pantalla del modelo elaborado.

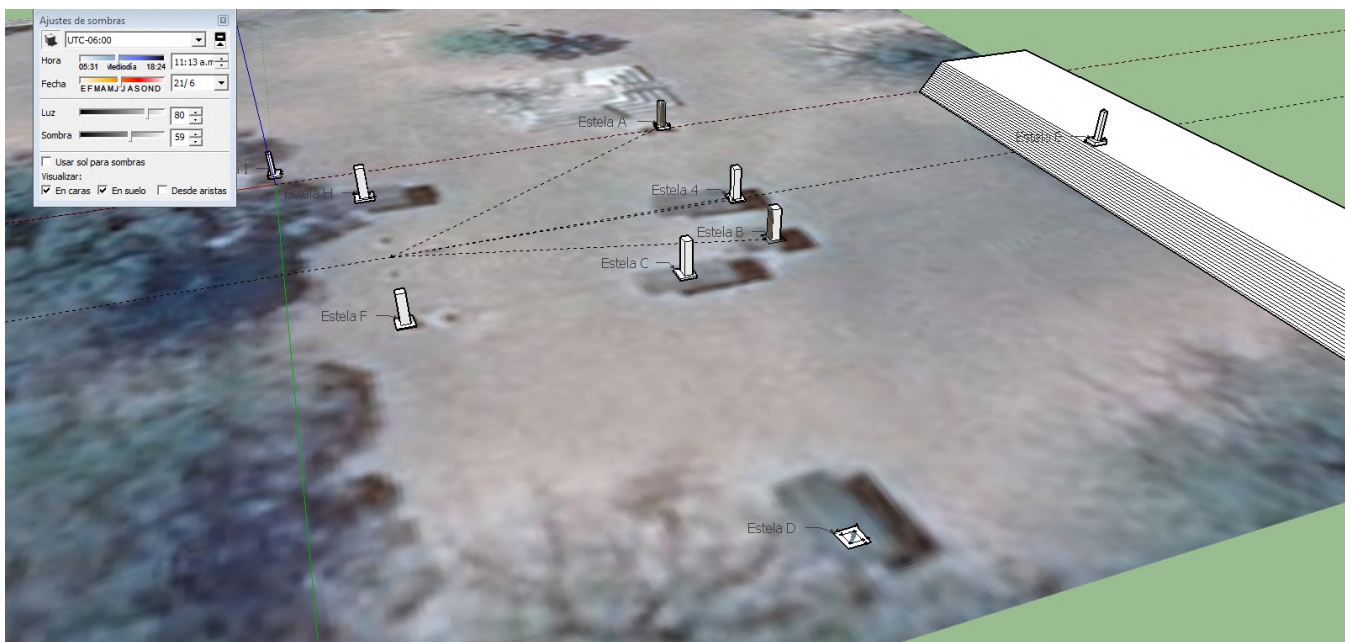


Figura 1: Vista desde el norte del modelo virtual de la Gran Plaza de Copán.

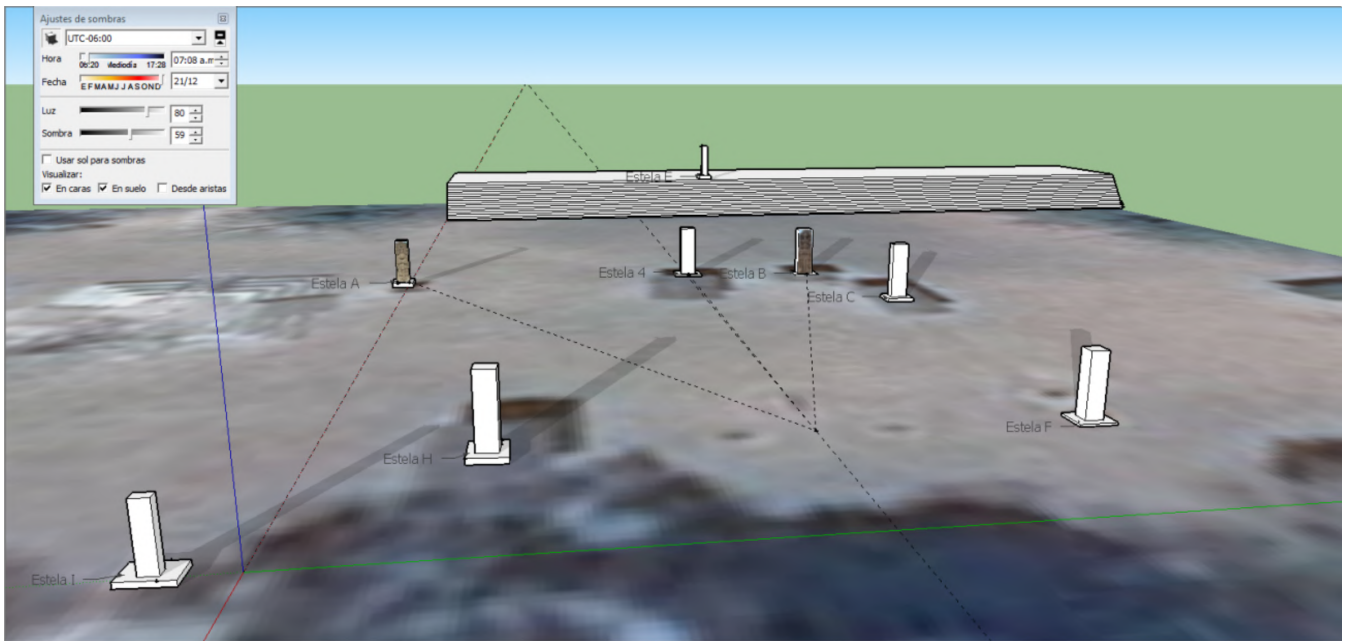


Figura 2: Vista desde el este del modelo virtual de la Gran Plaza de Copán

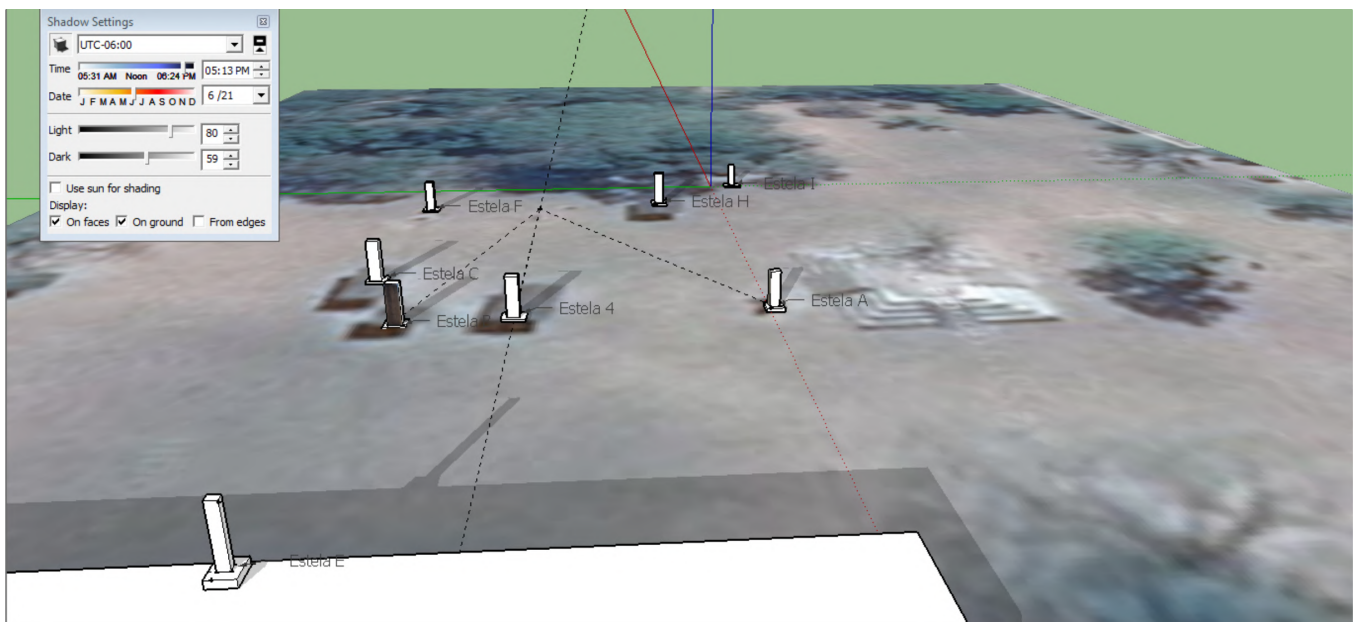


Figura 3: Vista desde el oeste del modelo virtual de la Gran Plaza de Copán.

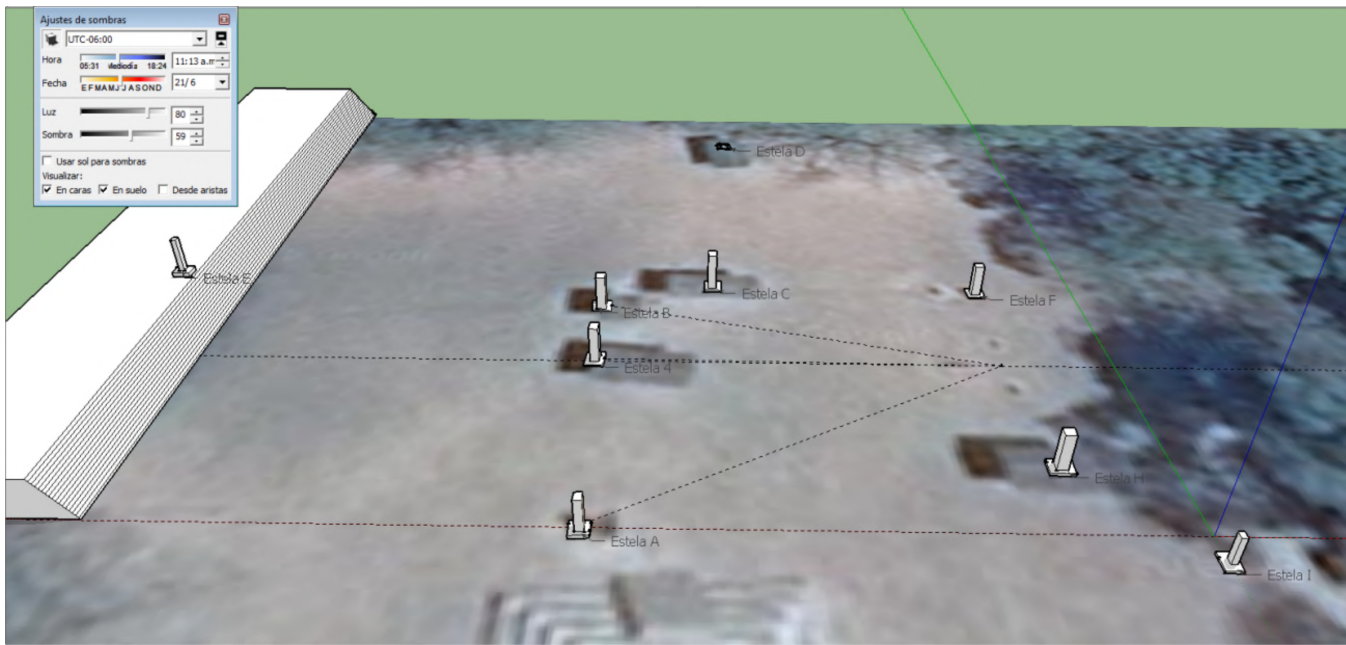


Figura 4: Vista desde el sur del modelo virtual de la Gran Plaza de Copán.

El siguiente paso fue utilizar la capacidad de SketchUp de simular la posición del Sol según la hora del día y la época del año. De esta manera se identificaron las fechas en que coinciden las sombras proyectadas por cada estela sobre las otras de esta misma Plaza, identificándose alineaciones en varias fechas, las que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Posibles alineaciones entre estelas de la Gran Plaza de Copán.

Nº. Alineación	Fechas que ocurre (dd/mm-dd/mm)	(A)manecer/(O)caso	Estela proyectando la sombra	Estela recibiendo sombra
1	29/01-12/11	A	H	4
2	17/03-26/09	A	I	A
3	21/03-21/09	A	F	C
4	06/04-07/09	A	F	B
5	06/04-08/09	A	I	Esquina NE est.4
6	25/04-19/08	A	H	A
7	17/05-25/07	A	F	4
8	01/02-10/11	O	4	F
9	09/02-1/11	O	B	C
10	21/02-20/10	O	A	H
11	11/03-02/10	O	E	C
12	11/03-02/10	O	B	F
13	15/03-27/09	O	E	F
14	22/03-21/09	O	E	B
15	28/03-14/09	O	A	I
16	28/03-14/09	O	C	F
17	25/04-14/09	O	E	4
18	05/05-07/08	O	4	H
19	21/05-22/07	O	A	H
20	21/05-22/07	O	C	I

4 *Discusión y resultados*

Tras el análisis de las sombras se identificaron un total de 20 posibles alineaciones de tipo solar entre las estelas de la Plaza Principal. Sin embargo, tras el análisis astronómico y cultural respectivo se descartaron las alineaciones 1 y 2 ya que para que se den es necesario que el Sol se encuentre en un punto por debajo del horizonte local, por tanto, no es posible que ocurran dichas alineaciones. Dada la gran cantidad de alineaciones restantes, se concentró el estudio en aquellos alineamientos cuyas fechas tengan un especial significado astronómico. Por lo tanto, se analizan las orientaciones número 3 (equinoccio de primavera), 4, 5 (dado que ocurren en la misma fecha) y 6 (día del paso del Sol por el cenit) en el orto solar y los alineamientos 14 (equinoccio de primavera), 15 y 16 (dado que ocurren en la misma fecha) y 17 (día del paso del Sol por el cenit) para el ocaso solar. Los datos de estas alineaciones se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Posibles alineaciones entre estelas de la Gran Plaza de Copán

Nº. Alineación	Fechas que ocurre (dd/mm-dd/mm)	(A)manecer/(O)caso	Estela proyectando la sombra	Estela recibiendo sombra
3	21/03-21/09	A	F	C
4	06/04-07/09	A	F	B
5	06/04-08/09	A	I	Esquina NE est.4
6	25/04-19/08	A	H	A
14	22/03-21/09	O	E	B
15	28/03-14/09	O	A	I
16	28/03-14/09	O	C	F
17	25/04-14/08	O	E	4

Para la mayoría de los alineamientos parece existir cierto patrón interpretativo en el que a través de un sacrificio de sangre se renueva el universo y se asegura la prosperidad del sitio de Copán y sus habitantes, realizándose -a juzgar por las relaciones que infieren las sombras de estelas entre ellas- en el orto u ocaso solar de los equinoccios o fechas cercanas, así ocurre con las alineaciones 4 y 14. Con el mismo tema de renovación cósmica aparecen las alineaciones 5 y 17 pero en este caso son las dos únicas estelas que respetó Waxaklajun Ubah Kawiiil previas a su mandato, ambas de su abuelo K'ahk' U Ti' Chan Yopaat y ambas proyectan la sombra sobre la estructura 4 que amerita mayores investigaciones ya que esta estructura, a falta de una datación concluyente, se supone posterior a este período. Por último, las alineaciones 3 y 16 son de tema cosmogónico pero ninguna parece tener una explicación astronómica en la base y podría ser meras coincidencias como en los casos desechados previamente.

Fijemos la atención ahora en los alineamientos 6 y 15. El alineamiento 6 se produce en el orto del paso del sol por el cenit -tanto el primero como el segundo- proyectando la estela H su sombra sobre la estela A. La estela A representa al decimotercer gobernante de Copán Waxaklajun Ubah Kawiiil, como dios patrono de Copán y hace referencia al ciclo de muerte, resurrección y apoteosis para honrar a su abuelo K'ahk' U Ti' Chan Yopaat que gobernó el sitio entre los años 578 y 628 d.C. En la estela H el mismo Waxaklajun Ubah Kawiiil se hace representar como creador del cosmos en la figura del dios del Maíz, la fecha de advocación de esta estela 9.14.19.5.0 solamente difiere 260 días de la de la estela A, 9.15.0.0.0. Por lo tanto, están relacionadas (Agurcia Fasquelle y Véliz, 2010) con el ciclo sagrado de 260 días, Tzolkin y el período de visibilidad como estrella vespertina y lucero del alba de Venus. Es aceptado en la bibliografía el carácter agrícola del ciclo de 260 días y así se traduce de la relación entre las estelas H y A. La estela H y Waxaklajun Ubah Kawiiil como dios del Maíz proyecta su sombra sobre la estela A que posee motivos del ciclo de Muerte, Resurrección y Apoteosis. El dios de maíz, representando como el Ajaw proyecta esta

sombra el día del paso del Sol por el cénit, día que marca el inicio de la época lluviosa en mesoamérica y que por lo tanto tiene un eminente protagonismo en la preparación anual de los campos de siembra.

En cuanto al alineamiento 15, involucra las estelas A e I. Como se ha comentado previamente la estela A representa al decimotercer gobernante de Copán Waxaklajun Ubah Kawiiil honrando a su abuelo K'ahk' U Ti' Chan Yopaat.

Durante mucho tiempo la estela I ha llamado la atención por estar empotrada en la gradería Sur de la plaza principal -sin haber sido destruida por Waxaklajun Ubah Kawiiil quien modificó esta plaza para colocar sus estructuras- por lo tanto cabe pensar que se trata de una estela de importancia para el decimotercer gobernante de la dinastía. Esta estela fue realizada por K'ahk' U Ti' Chan Yopaat haciendo referencia a tres de los dioses patronos de Copán: Chan Te' Ch'oktaak, B'alu'n Te'Witz y B'alu'n k'awiil. También aparece el gobernante mítico K'ihnich Yajaw Hu'n haciendo referencia al asentamiento del poder de la dinastía preponderante en Copán.

Teniendo en cuenta estas dos estelas y que es la A la que proyecta su sombra sobre la I durante los ocasos los días de los equinoccios podemos inferir que Waxaklajun Ubah Kawil pretendía conectarse con su pasado dinástico a través de su abuelo y el gobernante mítico K'ihnich Yajaw Hu'n. Asimismo se hace representar como un dios patrono de Copán aunándose a los 3 dioses patronos que aparecen en la estela I. Todo ello se hace coincidir con el ocaso en los equinoccios, donde el sol se oculta exactamente por el Oeste, representando la muerte de sus antepasados, en especial, la de su abuelo que lo conecta directamente con la dinastía gobernante de Copán y celebrando el ciclo Muerte-Resurrección-Apoteosis del Sol se identifica con el K'ihnich Ajaw, mediante este juego de sombras.

Por lo tanto, parece haber una relación entre las estelas A-H y A-I de carácter astronómico. En ambos casos el Ajaw utiliza elementos de la cosmovisión maya para apoyar su poder dinástico basado en elementos que incluyen la visión cultural maya de Venus y el Sol y sus respectivas divinidades con hierofanías que se expresan a través de sombras proyectadas en días específicos del año teniendo en cuenta el horizonte local.

5 Referencias

Agurcia Fasquelle, R. y Véliz, S. (2010). Manual de los monumento de copán. Obtenido de <http://famsi.org/research/copan/monuments/CopanMonumentManual.pdf>, Copán, Honduras.

CATIE (1984). *Plan de Manejo y Desarrollo del Monumento Nacional Ruinas de Copán*. Turrialba, Costa Rica.

Pineda de Carías, M. C., Véliz, S. V., y Agurcia Fasquelle, R. (2009). Estela d: Reloj solar de la plaza del sol del parque arqueológico de copán ruinas, honduras. *Yaxkin*, 15:111–138.

Schwerin, J. v., Richards-Rissetto, H., Remondino, F., Agugiario, G., Forte, M., y Maqueda, R. (2011). The mayaarch3d project: Digital technologies for research in maya archaeology. Technical report. Obtenido de <http://mayaarch3d.org>.

Zotti, G., Schaukowitsch, F., y Wimmer, M. (2017). Beyond 3d models: Simulation of temporally evolving models in stellarium. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 18(4):501–506. Obtenido de [http://maajournal.com/Issues/2018/Vol18-4/63_Zotti%20et%20al%2018\(4\).pdf](http://maajournal.com/Issues/2018/Vol18-4/63_Zotti%20et%20al%2018(4).pdf).

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AERONÁUTICAS

CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MARCO REGULATORIO AL USO DE RPAS EN HONDURAS

Omri Amaya^{1,*}, Ramón Bueso^{1,†}, Lenin Valeriano^{2,‡}, Allister Stefan^{3,§}

¹ Departamento de Ciencias Aeronáuticas, Facultad de Ciencias Espaciales, UNAH

² Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil

³ Ik Unmanned Aerial Solutions

Recibido: 1/noviembre/2019

Aceptado: 20/noviembre/2019

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v12i1.9638>

RESUMEN

El presente artículo resume los resultados de una investigación que tuvo como objeto de estudio conocer las Condiciones para la Implementación de un Marco Regulatorio al Uso de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (RPAS) en Honduras. La investigación aplica un proceso de Investigación – Acción en el cual se involucraron la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (entidad regulatoria) y la Universidad Nacional Autónoma de Honduras como entidades regulatoria y de investigación respectivamente. La dinámica permitió elaborar una planificación en donde los avances de la investigación se han utilizado para la modificación de la misma planificación con la mediación de consensos entre las partes, las cuales se han vuelto investigadoras y ejecutoras de su propia planificación.

La normativa de RPAS resultante del proceso de investigación presentado debe tomar en cuenta la seguridad operacional en el uso masivo de estos artefactos, así como sus distintas aplicaciones que van del ámbito recreativo al del trabajo y negocios, pasando por el amplio campo de la investigación científica.

La Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC) es el ente mediador del espacio aéreo nacional y coordina la reglamentación nacional, para conceptualizar e implantar una normativa sobre RPAS, convirtiendo este reto en una oportunidad de apoyo interinstitucional por parte de la UNAH a través del Departamento de Ciencias Aeronáuticas (DCA), adscrita a la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES).

Palabras clave: Sistemas de aeronaves no tripuladas (RPAS), dron, Departamento de Ciencias Aeronáuticas DCA, Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), aeromodelismo, aeropuerto.

ABSTRACT

This article presents the results of an investigation that had as an object of study to know the Conditions for the Implementation of a Regulatory Framework for the Use of Unmanned Aircraft Systems (UAS) in Honduras. The research applies a Research - Action process in which the Honduran Civil Aviation Agency (regulatory entity) and the National Autonomous University of Honduras were involved as academic and research entities respectively. The dynamics allowed to elaborate a planning where the

*omri.amaya@unah.edu.hn

†ramon.bueso@unah.edu.hn

‡lvaleriano@ahac.gob.hn

§info@ik-uas.com

advances of the investigation have been used for the modification of the same planning with the mediation of consensus between the parties, which have become investigators and executors of their own planning.

The RPAS regulations resulting from the research process presented must take into account safety in the mass use of these devices, as well as their different applications ranging from recreational to work and business, through the broad field of scientific research.

The Honduran Civil Aviation Agency (AHAC) is the mediator of the national airspace and coordinated the national regulations, to conceptualize and implement regulations on UAS, making this challenge an opportunity for interagency support by UNAH through the Department of Aeronautical Sciences (DCA), attached to the Faculty of Space Sciences (FACES).

Keywords: Remotely Piloted Aircraft (RPAS), drone, DCA Department of Aeronautical Sciences, Honduran Civil Aviation Agency (AHAC), aeromodelling.

1 *Introducción*

Los Sistemas de Aeronave Pilotada a Distancia RPAS conocidos como drones, han evolucionado de una manera acelerada con el impulso de las nuevas tecnologías; con la irrupción de la tecnología y la masificación de uso de RPAS se vuelve un desafío el cumplimiento con los estándares de seguridad que garanticen a los usuarios y al público en general la prevención de incidentes y accidentes.

La investigación abordada en este artículo buscó apoyar el rol que le corresponde a la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC) como ente regulador de la aeronáutica en Honduras, específicamente en el establecimiento de un marco regulatorio para el uso y aplicación de los artefactos denominados RPAS comúnmente conocidos como drones. La instauración de estas regulaciones tiene básicamente dos grandes momentos, primero la elaboración y aplicación de un instrumento normativo denominado Circular de Obligatorio Cumplimiento (COC), con el cual se establecen parámetros de uso y aplicación transitorios y en un segundo momento se diseña un instrumento de aplicación permanente, conocido como Regulación de Aeronáutica Civil, incorporando elementos que atienden un amplio espectro de indicaciones, pautas y restricciones para los usuarios de RPAS, garantizando la seguridad operacional en distintos sentidos y capitalizando las lecciones aprendidas durante el tiempo de aplicación de la COC.

2 *Metodología*

2.1 *Temporalidad y enfoque*

La investigación se desarrolló desde Enero a Diciembre del 2018 y aplicó una metodología de Investigación - Acción Participativa (IAP), puesto que la información recogida por los investigadores procedente de un equipo más amplio compuesto por representantes de la UNAH y la AHAC, alimentó una dinámica de planificación en la cual de forma dialéctica se hicieron correcciones sobre la marcha a las acciones de la misma planificación, generando de esta manera un espiral de pasos sucesivos en los que se investiga al mismo tiempo que se interviene (Montero y León, 2002).

2.2 *Tipo de diseño*

Se siguió un diseño participativo en el cual se involucró “a los miembros del grupo o comunidad en todo el proceso de estudio (desde el planteamiento del problema hasta la elaboración del reporte) y la implementación de acciones...” (Sampieri *et al.*, 2010). La lógica participativa representa un proceso por medio

del cual los sujetos investigados, en la práctica, son auténticos coinvestigadores, participando activamente en el problema a ser investigado, la información obtenida, los métodos y técnicas a ser utilizados, el análisis e interpretación de los resultados, la decisión de qué hacer con los resultados y las acciones que se programaran en el futuro, conjugando los conocimientos del investigador con los conocimientos prácticos y vivencias de los participantes.

2.3 Aplicación de la metodología IAP

La aplicación de la metodología IAP al ámbito aeronáutico en materia de cooperación y asesoría es la primera iniciativa en este campo en nuestro país. Si bien la línea de tiempo de la investigación reportada se extiende de enero a diciembre de 2018 la investigación continúa y este lapso de tiempo se inscribe en un período mayor, el cual se puede dar por satisfecho cuando en Honduras se cuente con una Regulación de Aeronáutica Civil para RPAS. En base a este horizonte se ha reelaborado la planificación y se han establecido de manera consensuada las distintas fases del proceso.

Las etapas y fases de la Investigación Acción Participativa (IAP) para todo el proceso son las siguientes:

Tabla 1: Etapas y fases de la investigación acción participativa. Fuente: [Montero y León \(2002\)](#).

Etapas de pre-investigación: síntomas, demanda y elaboración del proyecto.

0. Detección de la necesidad de una normativa sobre RPAS basados en experiencias de otros países.
1. Eventos de Capacitación para diagnosticar la necesidad de la normativa.
2. Planteamiento de la investigación a través de la creación de un grupo de trabajo interinstitucional UNAH-AHAC.

Primera etapa. Diagnóstico.

Conocimiento contextual del campo aeronáutico y las normas y regulaciones establecidas para su organización y de esa forma definir la problemática a partir de la documentación existente y de entrevistas a expertos institucionales e internacionales.

3. Comisión de seguimiento constituida
4. Documentación técnica y legal consultada como marco normativo
5. Esquema del documento como un marco normativo.
6. Proceso de diseño y socialización del proyecto para analizar las reacciones y sugerencias de grupos para afinar detalles de la normativa propuesta.
7. Primera propuesta de normativa.

Segunda etapa. Programación.

Proceso de apertura a todos los conocimientos y puntos de vista existentes, utilizando métodos cualitativos y participativos.

8. Mesas de trabajo (entrevistas grupales a la base social).
9. Análisis de los resultados de las mesas de trabajo.
10. Entrega y discusión de la segunda propuesta de normativa.
11. Realización de talleres a personal involucrado

Tercera etapa. Conclusiones y propuestas

Negociación y elaboración de propuestas concretas.

12. Construcción del programa de socialización de la normativa al público involucrado.
13. Elaboración y entrega del informe final

Etapas de post-investigación: puesta en práctica del programa de socialización y evaluación. Nuevos síntomas

2.4 Detección de síntomas y elaboración de proyecto.

El antecedente principal de los trabajos sobre RPAS del DCA es la investigación finalizada en Julio del 2017 “Control autónomo de sistemas aéreos No Tripulados Tipo Cuadricóptero” (Carías, 2016). En este documento se declara que «Honduras, como signatario de Convenio de Chicago, y miembro activo de la Organización de la Aviación Civil Internacional, ya posee el borrador de la Regulación de Aeronáutica Civil denominada “Regulación de Aeronaves No Tripuladas, Aeronaves de Modelismo y Fuegos Artificiales». Esta legislación todavía pendiente de aprobación obedece a la gran afluencia de este tipo de vehículos en el espacio aéreo hondureño; sin embargo, el avance de la dimensión legislativa no se corresponde con el conocimiento, análisis y desarrollo de la parte técnica” (Carías, 2016). Otro referente para el DCA en materia de RPAS fue una jornada realizada en España en 2016 en donde se presentó un estado del arte del uso y aplicación de los RPAS a nivel mundial, la visión reportada en este evento permitió encuadrar el caso de Honduras en un panorama mundial logrando identificar grandes vacíos que deben ser atendidos.

Bajo las experiencias descritas en el inciso anterior, el Departamento de Ciencias Aeronáuticas impartió el Seminario: “Introducción a Sistemas Aéreos No Tripulados de Operación Remota” (DCA, 2017), del cual se desarrollaron dos ediciones con la siguiente asistencia:

Tabla 2: Fechas de los eventos de capacitación a personal de la AHAC por parte de la UNAH.

Nº. Edición	Fecha	Nº. de participantes
Primera (ver figura 1)	31 de julio del 2017	18
Segunda (ver figura 2)	23 de octubre del 2017	16

En dichos eventos (UNAH, 2017) la AHAC confirmó que las capacitaciones en la temática y la normativa para la operación de RPAS en Honduras no existían, y que lo descrito en el RAC 02 “Reglas del Aire” mostraba “vacíos” que generaban algún tipo de confusión, ya que no se podía dar respuesta a solicitudes de operadores ni a denuncias de “drones” vistos cerca de la operación de aeronaves tripuladas.



Figura 1: Primer grupo capacitado en el proceso de incorporación de una normativa en RPAS en Honduras.



Figura 2: Segundo grupo capacitado en el proceso de incorporación de una normativa en RPAS en Honduras.

En vista de lo relatado, la UNAH por medio del DCA desarrolló una reunión con personal de la AHAC para plantearse el proceso a seguir para conformar un equipo de trabajo interinstitucional que redactara la normativa sobre RPAS.

3 Resultados

3.1 Imperativos de la legislación hondureña y orientaciones OACI

La ley de Aeronáutica Civil de Honduras aprobada en 2017, indica entre sus finalidades “promover el desarrollo nacional apoyando y fomentando la realización de las actividades vinculadas al subsector de aeronáutica civil, creando las condiciones necesarias y ejecutando acciones administrativas, técnicas y operacionales de regulación y promoción para operar servicios de transporte aéreo interno e internacional en forma ordenada, segura, eficiente y confiable...” a tenor con dicha ley, le corresponde a la AHAC proponer una opción normativa no solo para establecer parámetros y requisitos para la operación de los RPAS, sino también para la creación de espacios para entrenamiento, la promoción de certificación de centros de instrucción aeronáuticos con programas de entrenamiento aprobados, la promoción de certificación de operadores comerciales de RPAS y el incentivo de actividades de motivación de las buenas prácticas del uso de RPAS en el espacio aéreo hondureño; estos cometidos se pueden lograr apoyando la creación de centros instrucción aeronáutica, clubes aéreos, museos, centros de educación superior y de investigación aérea pública y privada en el ámbito de los RPAS, todo en aras de la seguridad operacional. Por otra parte, dado que nuestra nación es miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), se procedió a seguir los lineamientos que este organismo establece como propuesta para una correcta implementación de una normativa que aborde el uso de los RPAS en el país. Dicha implementación responde a un proceso que se resume en el siguiente gráfico (ver figura 3).

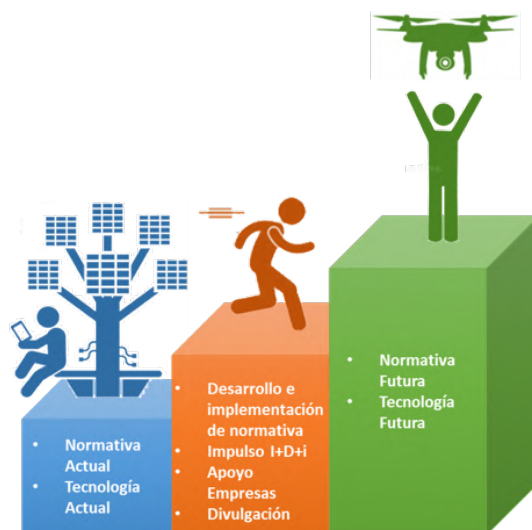


Figura 3: Elemento esenciales a tomar en cuenta en el proceso de implementación de una normativa en RPAS en un estado miembro de OACI.

A continuación, las recomendaciones generales por parte de la OACI en el proceso de implementación de una normativa de RPAS (OACI, 2019):

a. Comprensión de la situación

La OACI les confirma a las autoridades de aviación civil que estas tienen la responsabilidad de garantizar la seguridad operacional de la aviación y proteger al público de los peligros en la aviación.

- i. Los RPAS pueden utilizarse como juguetes o ser diseñadas para usuarios profesionales, con pesos que varían desde decenas de gramos hasta miles de kilogramos.
- ii. Las RPAS pueden transportar carga y estar equipadas con cámaras y otros sensores p. ej., fotodetección y telemetría (LIDAR) o infrarrojos.
- iii. Los modos de operación pueden variar desde operaciones con visibilidad directa visual (VLOS) y operaciones más allá de la visibilidad directa (BVLOS) hasta operaciones de bandadas de dispositivos automáticos en red que vuelan en formación.

b. ¿Para qué se utilizan?

Como entidad que reglamenta, es fundamental reconocer los beneficios sociales que aportan los RPAS y la necesidad de facilitar operaciones de manera segura e incluir: actividades humanitarias, búsqueda y salvamento, extinción de incendios, supervisión de infraestructuras, así como investigación y desarrollo (*I + D*). Los beneficios económicos de los RPAS son igualmente importantes; no obstante, independientemente de sus beneficios sociales y económicos, su uso puede plantear problemas de seguridad operacional que la entidad que reglamenta debe tener en cuenta. El uso recreativo de los RPAS puede generar aún más inquietudes.

c. ¿Dónde vuelan?

El entorno físico de cada estado es diferente y la entidad que reglamenta tiene que tener en cuenta los emplazamientos operacionales de los RPAS. Dicha entidad tiene que responder a la demanda de operar UAS teniendo en cuenta los siguientes aspectos relativos al entorno físico:

- i. La proximidad de aeródromos, espacios aéreos controlados o rutas aéreas de mucho movimiento. Por ejemplo, Singapur opera en espacio aéreo controlado con tráfico aéreo muy activo,
- ii. Zonas urbanizadas/densamente pobladas versus zonas rurales/abiertas. Por ejemplo París o la ciudad de Nueva York City versus campos agrícolas o el interior de Australia,
- iii. La conveniencia de operar RPAS cerca de parques nacionales, zonas de acceso restringido/prohibido y zonas delicadas,

d. ¿Quiénes los operan?

- i. Personas particulares y organizaciones compuestas por una sola persona,
- ii. Organizaciones de tamaño pequeño o mediano, incluidas las de aficionados,
- iii. Organizaciones multinacionales,

Otras consideraciones y recomendaciones:

La entidad que reglamenta debería determinar áreas de interés clave y formular reglamentos que puedan aplicarse eficazmente. Los reglamentos de un Estado deberían abarcar todas las operaciones de RPAS en el espacio aéreo interior de modo que el marco normativo que se establezca sea compatible con los reglamentos aeronáuticos existentes y con los reglamentos de otros sectores. Esto debería incluir:

- i. Espectro de frecuencias: muchos estados reglamentan las bandas de frecuencias que un producto podría utilizar, esto incluiría el enlace de mando y control (C2),
- ii. Transporte de mercancías peligrosas y otros materiales peligrosos p. ej., muestras médicas,
- iii. Derechos de los propietarios de terrenos e inmuebles, reglas sobre la intrusión ilegal en propiedades privadas y respeto de la vida privada,
- iv. Códigos penales,
- v. Asuntos relativos a aduanas e inmigración,
- vi. Seguridad operacional del producto-la legislación relativa a la seguridad operacional de los productos puede aplicarse a los RPAS fabricados como juguetes/dispositivos electrónicos.

3.2 Comisión de seguimiento constituida

El comité conformado para la elaboración de una regulación para RPAS en respuesta a la situación específica de Honduras, tuvo como función el establecer los requerimientos para el uso de RPAS, con un enfoque basado en pruebas e incremental que puede ser beneficioso para una industria como la hondureña que no está madura y que podría evolucionar de manera diferente de lo esperado por la autoridad de aviación civil; es ahí donde un proceso ordenado es fundamental.



Figura 4: Comisión de seguimiento de normativa de RPAS en Honduras.

Dicho comité inicio funciones en febrero del 2018 y cuenta con miembros de la UNAH y de AHAC (ver figura 4). Dicho comité inicio funciones posteriores a la reunión del 5 de febrero del 2018, siendo sus miembros el Abogado Lenin Valeriano por parte de la AHAC, el Master Omri Amaya por parte de la UNAH y el Doctor Allister Stefan como experto en RPAS.

3.3 Elementos de una regulación típica

Para la selección de marcos regulatorios a consultar se tomaron en cuenta los siguientes criterios: se priorizo la normativa con mayor tiempo de aplicación y que el país donde se aplicaran fuera del ámbito latinoamericano; además se examinaron los casos en los que la normativa tuvo niveles relevantes de rechazo por parte de la comunidad de operadores y en donde esta comunidad hizo saber sus quejas a la Autoridad Aeronáutica; tal es el caso de Costa Rica, en donde los medios publicaron encabezados como: “Polémico reglamento para uso de drones entró en vigencia este martes” de (Monumental, 2018) y otros como: “Operadores de drones desconformes con nueva regulación” del diario La República (República, 2018); por lo cual el comité busco asesoría en otras entidades de países amigos. Aplicando los criterios antes mencionados se tomaron como referencias las normativas siguientes:

- i. Circular Reglamentaria N°.002 de Colombia (Aerocivil, 2015).
- ii. Circular Obligatoria que Establece los Requerimientos para Operar un Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) en el Espacio Aéreo Mexicano (de Aeronáutica Civil de México, 2017).
- iii. Regulación de los Vehículos Aéreos No Tripulados de El Salvador (de Aviación Civil, 2018).

Es de resaltar en la normativa consultada, la claridad con la que expresan los requerimientos a los operadores RPAS de sus estados, así como que su implementación se ha desarrollado de manera progresiva. Ya

teniendo estas normativas como formato para establecer los estándares mínimos del cuerpo de contenido, se integraron las consideraciones propuestas por la OACI para definir los requerimientos a establecer en la regulación que se proponga. Específicamente se tomó en cuenta la Guía Práctica OACI sobre los UAS (OACI, 2019), en donde metodológicamente, se describen tópicos que complementan cada uno de los elementos que la reglamentación debía abordar.

Dichos elementos son presentados en la siguiente figura:



Figura 5: Elemento esenciales a tomar en cuenta en el proceso de implementación de una normativa en RPAS en un estado.

Ya definidos los elementos fundamentales que formarían parte de la normativa, se procedió a la evaluación consensuada de qué figura legal debería ser utilizada para este primer paso de la legalización de la operación de drones en el espacio aéreo hondureño. Es así que se propone la figura Circular de Obligatorio Cumplimiento, desde la cual se pueden abordar los elementos esenciales de una normativa, conservando la condición de documento experimental que permite recoger información para la elaboración posterior de un RAC definitivo.

4 *Discusión*

La socialización/consulta tuvo como fin el presentar tanto elementos del proceso de creación de la normativa, así como un enfoque de lo que la irrupción de la tecnología RPAS significa para la es y, sus limitaciones y ventajas tanto a nivel de características de vuelo como de aplicaciones a diferentes ámbitos tanto recreativos como comerciales. Para las consultas hechas a distintos públicos se preparó un documento de Circular de Obligatorio cumplimiento (COC) tomando como principal referente el Reglamento No. 002 de Colombia; a continuación se resumen los principales aportes de las consultas hechas.

a. Reunión con experto en navegación aérea AHAC

El Departamento de Navegación Aérea de la AHAC, encabezado por el Ingeniero Heriberto Sierra, destacó los riesgos provocados por el vuelo de drones en las servidumbres aeronáuticas, confirmando la necesidad de establecer perímetros alrededor de dichas infraestructuras, de manera que disminuya lo más posible el riesgo de colisión entre aeronaves tripuladas y RPAS.



Figura 6: Demostración por parte del Ingeniero Sierra haciendo uso del AIP de las zonas críticas aledañas a los aeródromos en Honduras.

La fuente principal para el análisis por parte de Navegación Aérea fue el documento electrónico conocido como AIP (Publicación de Información Aeronáutica por sus siglas en inglés), en el cual se pueden visualizar los diferentes aeropuertos internacionales, así como los aeródromos y helipuertos oficiales por parte de la AHAC, su posición geográfica, dimensiones y características principales, determinándose de esta manera que dada su categoría, cada tipo de RPAS deberá tener un perímetro diferente para el acercamiento a las áreas de operaciones de aeronaves tripuladas (AHAC, 2019).

a. Primer seminario regional en navegación aérea

En la Exposición N°. 11 denominada “Panel de Expertos: Retos de la Integración de los RPAS al Espacio Aéreo Hondureño” se concluyó que no todos los usos de RPAS representan un desafío para la aeronáutica que se desarrolla en aeródromos y aeropuertos en términos de invasión de los espacios utilizados; sin embargo, al considerar todo el espectro de diseños, pesos y sistemas de control, usos y aplicaciones, se vio que existen muchas circunstancias en las que se da conflictividad entre los RPAS y las aeronaves. El momento por el que pasa Honduras de gran auge de vehículos aéreos no tripulados tanto por su masiva comercialización como por los múltiples usos que se les está dando, es más que oportuno para generar una regulación que establezca las limitaciones necesarias para incorporar estos artefactos (DCA, 2018).



Figura 7: Poster publicitario e integrantes de mesa de trabajo en el I Seminario de Navegación Aérea del DCA.

b. XII Congreso de Investigación Científica, UNAH 2018

En el XII Congreso de Investigación Científica de la UNAH (ver figura 8) se contó con la presentación de un diseño para un uso específico de RPAS denominado “Desarrollo de un Sistema de UAV para la determinación de flujos turbulentos atmosféricos”; la cual fue brindada por el Doctor Oscar Garibaldi, quien es docente e investigador de la Universidad Tecnológica. Su ponencia proporcionó los razonamientos para el desarrollo de la Normativa de RPAS en lo correspondiente a la innovación, investigación y desarrollo.



Figura 8: Poster publicitario del XII Congreso de Investigación Científica de la UNAH y foto de la ponencia del Doctor Oscar Garibaldi.

c. Reuniones con las Fuerzas Armadas

En las dos reuniones sostenidas con las Fuerzas Armadas (ver figura 9) se hizo ver la perspectiva que las entidades de Defensa tienen acerca de estos dispositivos, lo que puso de manifiesto la necesidad de incorporar en la normativa componentes que garanticen aquellos aspectos de la seguridad nacional que están en manos de esta Dependencia del Estado. Las actividades realizadas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3: Fechas de los eventos de capacitación a personal de la AHAC por parte de la UNAH.

Item.	Fecha	Tema	Lugar	Nº. de participantes
Socialización	06 de julio del 2018	Conferencia RPAS a miembros de la Fuerza Aérea Hondureña	FAH	10
Socialización	20 de noviembre del 2018	Conferencia RPAS a miembros de la Fuerza Aérea Hondureña	FAH	15

Las siguientes fotografías fueron tomadas durante las actividades realizadas:



Figura 9: Actividades de capacitación a personal de la Fuerza Aérea Hondureña.

Primera propuesta de normativa

El Borrador de la Normativa, presentada para la validación por parte de la sociedad hondureña, fue denominada: Circular de Obligatorio Cumplimiento, “REGISTRO DE OPERADORES Y LIMITACIONES DE OPERACIÓN DE SISTEMAS DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA (RPAS)”, Numero COC-ATL-002-2018, se presentó con el siguiente contenido:

- Denominación
- Objetivo
- Normativa de referencia
- Aplicabilidad
- Base jurídica:
- Definiciones y abreviaturas:
- Clasificación:
- Limitaciones de operación de “RPAS” en el espacio aéreo hondureño.
 - a. Requerimientos y limitaciones generales para todas las categorías:
 - b. Requerimientos y limitaciones de operaciones para uso comercial e institucional/gubernamental:

- Autorizaciones especiales de operación (excepciones):
- Zonas autorizadas para actividades recreativas y áreas de prueba para desarrollo tecnológico
- Distribuidores y fabricantes
- Procedimiento y requisitos para el registro e identificación de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS)
- Aspectos de inscripción
- Procedimiento y requisitos para registro de piloto remoto de RPAS
- Requisitos mínimos piloto remoto/observador:
- Solicitud de operación RPAS comercial:
- Solicitud de operación para uso institucional/gubernamental
- Procedimiento y requerimientos para la emisión de autorizaciones especiales:
- Requisitos
- Vigencia de los permisos
- Disposiciones sancionatorias/casos de aplicación y procedimiento:
- Fecha de efectividad
- Anexos
 - Anexo 1: Formulario de registro RPAS
 - Anexo 2: Registro de piloto remoto/Observador RPAS
 - Anexo 3: Solicitud para operaciones comerciales RPAS
 - Anexo 4: Solicitud para operaciones especiales (Exenciones)
 - Anexo 5: Cuerpo de conocimientos para piloto remoto/Observador
 - Anexo 6: Contenido del manual del operador

5 Conclusiones

- La investigación constata la urgencia de contar en Honduras con una regulación que reglamente desde la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil el campo de uso y aplicación de los RPAS, el cual en la actualidad está experimentando un enorme crecimiento.
- Para la presente investigación la UNAH ha puesto a la disposición de la Autoridad de la Aeronáutica Civil Hondureña una metodología de investigación que ya ha sido aplicada a diversas temáticas de la aeronáutica civil generando productos tangibles; es de esperarse que los resultados de la presente investigación no solo sean concretos, sino que también se apliquen con la celeridad que se requiere.

- Una de las garantías de aplicación de los resultados obtenidos es el equipo que ya fue constituido para la presente investigación, tanto la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil como la UNAH son voces autorizadas para elaborar una propuesta de regulación que sobre la base del rigor científico ponga orden en la incorporación de los RPAS a los espacios aéreos nacionales.
- Un plan estratégico para la elaboración y aplicación de un RAC aplicables al uso y aplicación de RPAS comporta al menos cinco momentos: 1) un estudio de estado del arte sobre la regulación de RPAS; 2) la redacción y aplicación una circular de obligatorio cumplimiento; 3) la elaboración de un RAC para RPAS; 4) la divulgación masiva de esta regulación y de las indicaciones de uso y aplicación de RPAS; 5) la aplicación de la regulación; hasta ahora se ha trabajado hasta el segundo momento.
- A todo este proceso debe dársele seguimiento con al menos tres actores: la AHAC, la UNAH y los usuarios de RPAS.

6 *Siglas utilizadas*

AHAC: Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil

BVLOS: Más allá de la visibilidad directa del piloto (por su nombre en inglés Beyond Visual Line of Sight).

COC: Circular de Obligatorio Cumplimiento.

DCA: Departamento de Ciencias Aeronáuticas.

I+D+i: Innovación más Desarrollo más Investigación.

LIDAR: Dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado (por sus siglas en inglés Laser Imaging Detection and Ranging)

RPAS: Vehículo aéreo no tripulado (por sus siglas en inglés Remotely Piloted Aircraft System).

UNAH: Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

VLOS: Al alcance de la visibilidad externa del piloto (por sus siglas en inglés Visual Line of Sight).

7 *Referencias*

Aerocivil (2015). Circular reglamentaria N°.002 «operadores de drones disconformes con nueva regulación». Bogota.

AHAC (2019). Archivo situacionista hispano. http://www.ahac.gob.hn/AIPMH_AMDT_0519/AIP_1905/Eurocontrol/HONDURAS/20190620AIRAC/html/indexesES.html.

Carías, O. A. A. (2016). Control autónomo de sistemas aéreos no tripulados tipo cuadricóptero. Tegucigalpa: DCA.

DCA (2017). Informe de seminario introducción a sistemas aéreos no tripulados de operación remota (RPAS). Documento no publicado.

DCA (2018). Informe final proyecto “necesidad de formación de profesionales en el área de navegación aérea a nivel superior en honduras a mayo 2018”. Technical report, UNAH, Tegucigalpa: FACES-UNAH.

de Aeronáutica Civil de México, D. G. (2017). Circular obligatoria que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano.

de Aviación Civil, A. (2018). Regulación de los vehículos aéreos no tripulados. San Salvador: AAC.

Montero, I. y León, O. G. (2002). Clasificación y descripción de las metodologías de investigación en psicología. *International journal of clinical and health psychology*.

Monumental, R. (2018). Radio monumental. Obtenido de Polémico reglamento para uso de drones entró en vigencia este martes: <http://www.monumental.co.cr/2018/02/13/polemicoreglamentoparausode-dronesentroenvigenciaestemartes/>.

OACI (2019). Guía práctica oaci sobre los uas. Obtenido de Antecedentes y recomendaciones generales: <https://www.icao.int/safety/UA/UASToolkit/Pages/Narrative> México: DGAC MX Background_es.aspx.

República, L. (2018). Obtenido de Operadores de drones disconformes con nueva regulación: <https://www.larepublica.net/noticia/operadores-de-drones-disconformes-con-nueva-regulacion>.

Sampieri, R., Collado, C., y Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

UNAH, U. (2017). El uso de drones será regulado en honduras. Obtenido de YOUTUBE: <https://youtu.be/5dZTR9xbZ4I>.

NOTAS INFORMATIVAS

REVISTA CIENCIAS ESPACIALES, INSTRUCCIONES A LOS AUTORES Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO, DIAGRAMACIÓN Y MAQUETACIÓN

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 según el departamento responsable de la coordinación de la publicación. Las composiciones RGB para cada color de fondo se encuentran en la sección 3 de estas notas informativas, “Criterios para el diseño, diagramación y maquetación de la revista”.

La Revista Ciencias Espaciales tiene un Director y un Consejo Editorial integrado por académicos de la Facultad y externos 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 son evaluados por pares ciegos.

El consejo editorial se reserva 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 usar figuras y datos en caso de ser necesario. Si un artículo tiene varios autores, debe presentarse evidencia que todos los coautores desean publicarlo.

La Revista Ciencias Espaciales se encuentra indexada en la base de datos de Central American Journal Online (CAMJOL).

2 INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

2.1 Para los editores

Los manuscritos son evaluados por el consejo editorial en consulta con pares ciegos. En ocasiones, los autores pueden sugerir revisores. Los editores garantizan el anonimato de los revisores. Los editores tienen la decisión final sobre la publicación de los manuscritos. 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 espacio sencillo de acuerdo a la plantilla disponible en <http://faces.unah.edu.hn/revistace/>. El orden de las secciones es el siguiente:

- Título
- Resumen en idioma español
- Resumen en idioma inglés
- El cuerpo del artículo
- Agradecimientos si se considera necesario
- Referencias bibliográficas

2.2.1 Título

- 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 su grado académico, su filiación, su dirección de correo electrónico y de preferencia el identificador ORCID.

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.
- El resumen no debe incluir citas bibliográficas, ni siglas ni abreviaturas, a menos que sean las convencionales conocidas.

- 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 cuerpo del artículo

Al inicio de cada sección, los títulos de primer nivel deben escribirse en letras mayúsculas y minúsculas cursivas 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. La enumeración de los distintos niveles se hará de acuerdo a la plantilla utilizada por la Revista Ciencias Espaciales y que está disponible en <http://faces.unah.edu.hn/revistace/>.

Se recomienda que el cuerpo del artículo 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 el propósito de la investigación, por tanto, es importante que se presenten de forma clara los objetivos, la fundamentación teórica, el problema abordado y, cuando corresponda, la hipótesis. Se debe enunciar de forma resumida la justificación del estudio.

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 garantizando rigor científico. Puede incluir aspectos como el escenario en el cual se desarrolló la investigación, el o los objetos de estudio, el tamaño de la muestra, condiciones de trabajo, métodos de recolección y análisis de datos.

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 los aspectos más relevantes de las mismas. Recuerde que las tablas y figuras deben tener una numeración correlativa y siempre deben estar referidas 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. Debe centrarse en los resultados de la investigación y hacer hincapié en aquellos aspectos nuevos e importantes del estudio. 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 comparan 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. Asegúrese de fundamentar sus conclusiones en datos sólidos y suficientes.

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 debe incluir en los agradecimientos a los entes que brindaron el apoyo financiero y otros recursos.

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 y tablas

Las figuras y tablas se deben entregar por separado en formato PDF, JPG, PNG, TIFF o GIF (con una resolución mínima de 300 dpi). Los créditos de las imágenes deben estar incluidas en la leyenda de las mismas. Aquellas imágenes cuyo autor no sea el mismo del artículo deberán contar con la debida autorización. En caso de importarse tablas de datos desde otro software en formato de figura, se tratarán igual que las figuras de imágenes, o alternatively se pueden crear dentro del texto usando la función de diseño de tabla de Word o \LaTeX , según el formato establecido en la plantilla correspondiente.

2.2.7 Abreviaturas y símbolos

En las siglas, abreviaturas y símbolos, use únicamente las de uso común (ejemplo: ONU, UNESCO, OACI, entre otros). 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.

2.2.8 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 Palatino, tamaño 11.
- Las páginas se numeran consecutivamente comenzando por la página del título hasta terminar con la última referencia citada.
- 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.
- Los autores externos a la Facultad de Ciencias Espaciales deben entregar el manuscrito vía email al correo electrónico: revistace@unah.edu.hn.

3 CRITERIOS PARA EL DISEÑO, DIAGRAMACIÓN Y MAQUETACIÓN DE LA REVISTA

3.1 De la portada:

Texto:

- La cabecera donde se inserta el texto del título y los datos de la publicación debe tener una altura de 8 cm.
- «CIENCIAS ESPACIALES». Tipo: Times New Roman. Tamaño: 67. Color: blanco.
- «Publicación semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)». Tipo: Times New Roman. Tamaño: 14 . Color: blanco.
- «Universidad Nacional Autónoma de Honduras | Volumen, Número, Temporada, año». Tipo: Times New Roman. Tamaño: 13. Color: blanco.
- «ISSN 2225-5249 (impreso), ISSN 2521-5868 (en línea)». Tipo: Times New Roman. Tamaño: 14. Color: blanco.
- La franja que separa las dos secciones de la portada tiene un grosor de 3 mm. La combinación de colores es: R: 1, G: 0.5, B: 0.

Imágenes y logos:

- Imagen alusiva al contenido.
- El recuadro que contiene los logos tiene una altura de 2.5 cm. Se coloca en la esquina inferior derecha de la portada. Es de color blanco. Contiene el logo de la Facultad de Ciencias Espaciales (izquierda) y el logo de la UNAH (derecha).
- La franja inferior, sobre la cual se coloca el recuadro de los logos, tiene una altura de 3 cm. Su color es el mismo del fondo, según el campo de conocimiento.

Color de fondo:

- Revista Ciencias Espaciales de Astronomía y Astrofísica: R: 41, G: 52, B: 82.
- Revista Ciencias Espaciales de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica: R: 37, G: 107, B: 44.
- Revista Ciencias Espaciales de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural: R: 130, G: 47, B: 44.
- Revista Ciencias Espaciales de Ciencias Aeronáuticas: R: 160, G: 199, B: 230.

Dimensiones:

- 235 × 160 mm. El grosor varía.

3.2 Del lomo:

Texto:

- Ciencias Espaciales. Tipo: Times New Roman. Tamaño: 12. Color: Blanco.
- Volumen x, Número x, Temporada xxxxxx, Año xxxx.

3.3 De la contraportada

Logos:

- El recuadro que contiene los logos tiene una altura de 2.5 cm. Se coloca en la esquina inferior izquierda de la contraportada. Es de color blanco. Contiene el logo de la UNAH (izquierda) y el logo de la Facultad de Ciencias Espaciales (derecha).

Texto:

- Arial 12. Color: blanco.
- A la derecha del recuadro de logos:

Facultad de Ciencias Espaciales
 Universidad Nacional Autónoma de Honduras
 Ciudad Universitaria, edificio K2
 Bulevar Suyapa, Tegucigalpa, M.D.C., Honduras
 Teléfono: (504) 22163034
 Correo electrónico: revista.cespaciales@unah.edu.hn
 Página Web: <http://faces.unah.edu.hn/revistace/>

3.4 De la portada interior

Texto:

- Márgenes: superior: 20 mm, izquierdo: 5 mm, inferior: 13 mm, derecho: 7 mm, encuadernado: 6 mm.
- Primera sección: Tipo de letra: Palatino 10
 - Título: «Ciencias Espaciales». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 16.
 - «Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.
 - «Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.
 - «Tegucigalpa M.D.C., Honduras». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.
 - «Volumen 11, Número 1 Primavera, 2018. ISSN 2225-5249 (impreso); ISSN 2521- 5868 (en línea)». Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.
- Segunda sección:
 - «Portada». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.

Descripción de la imagen de la portada, con sus respectivos créditos. Tipo de letra: Palatino.
Tamaño: 9. Interlineado: sencillo.

- Tercera sección: a dos columnas.

- Columna izquierda:

- «Dirección». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.

- Nombre del Director de la Revista de Ciencias Espaciales. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- (Filiación institucional). Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «Edición». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.

- Nombre del Editor de la Revista de Ciencias Espaciales. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- (Filiación institucional). Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «Consejo Editorial». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.

- Nombre de cada miembro del Consejo Editorial. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- (Filiación institucional). Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «Consejo Científico». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.

- Nombre de cada miembro del Consejo Científico. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- (Filiación institucional). Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «Edición, arte y diagramación». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.

- Nombre de cada diagramador y maquetador. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- (Filiación institucional). Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- Columna derecha:

- «Contacto:». Tipo de letra: Palatino, en negrita. Tamaño: 9.

- Nombre del Director de la Revista de Ciencias Espaciales. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- Correo electrónico del Director de la Revista. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «Para mayor información:» Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «Página Web:» Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «<http://faces.unah.edu.hn/revistace/>» Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «Correo Electrónico:» Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- «revista.cespaciales@unah.edu.hn» Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

- Recuadro:

- «Facultad de Ciencias Espaciales». Tipo de letra: Palatino en cursiva. Tamaño: 9.

- «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)».

- Tipo de letra: Palatino en cursiva. Tamaño: 9.

- Cuarta sección: a una columna

- «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).» Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

3.5 Del interior de la revista

Texto:

- Tipo de letra en el título del artículo: Palatino en negrita cursiva. Tamaño: 17
- Tipo de letra de los títulos de primer nivel del cuerpo del artículo: Palatino en mayúsculas y minúsculas cursivas negritas. Tamaño: 11.
- Tipo de letra de los títulos de segundo nivel del cuerpo del artículo: Palatino en mayúsculas y minúsculas negritas. Tamaño: 11.
- Tipo de letra de los títulos de tercer nivel del cuerpo del artículo: Palatino en mayúsculas y minúsculas cursivas. Tamaño: 11.
- La enumeración de los distintos niveles se hará de acuerdo a la plantilla utilizada por la Revista.
- Tipo de letra en el cuerpo del artículo: Palatino. Tamaño: 11.
- Espaciado: Anterior 0 puntos. Posterior 10 puntos. Interlineado: sencillo.
- Márgenes: superior: 20 mm, izquierdo: 13 mm, inferior: 25 mm, derecho: 13 mm, encuadernado: 12 mm.
- Figuras y tablas: Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 10.

Las paginas de la derecha deben llevar, justificado a la derecha:

- En la parte superior: REVISTA CIENCIAS ESPACIALES, VOLUMEN X, NUMERO X TEMPORADA XXXXXXXX, AÑO XXXX (páginas del artículo XX - XX). Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.
- En la parte inferior, a la par del número de página: FACULTAD DE CIENCIAS ESPACIALES. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.

Las páginas de la izquierda deben llevar, justificado a la izquierda:

- En la parte superior: nombre del artículo en mayúsculas en la primera línea y nombre del autor o autores en minúscula en la segunda línea. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 9.
- En la parte inferior, a la par del número de página: FACULTAD DE CIENCIAS ESPACIALES. Tipo de letra: Palatino. Tamaño: 8

Fecha de última actualización: 13 de noviembre de 2019.

Fecha de aprobación: 13 de noviembre de 2019.



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



Facultad de Ciencias Espaciales
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Ciudad Universitaria, Edificio K2
Bulevar Suyapa, Tegucigalpa MDC, Honduras
Teléfono: (504) 2216 - 3034
Correo electrónico: revista.cespaciales@unah.edu.hn
Página Web: <http://faces.unah.edu.hn/revistace/>