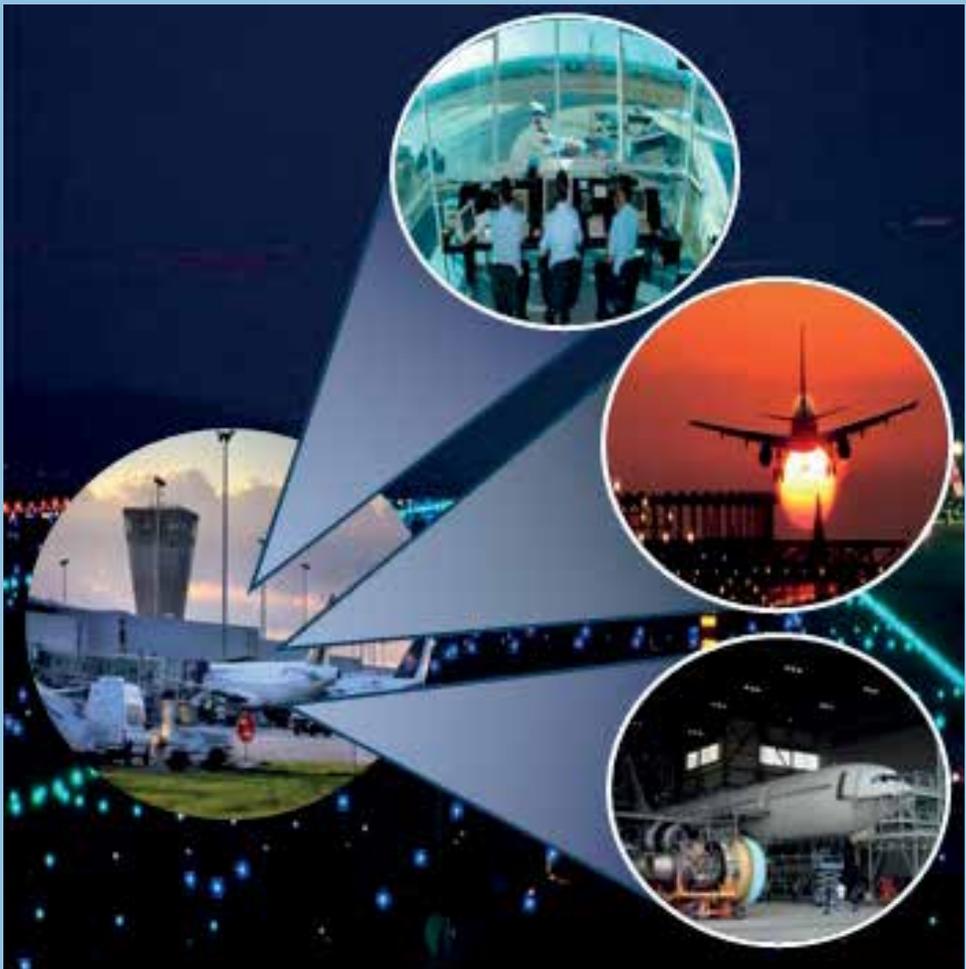


CIENCIAS ESPACIALES

Publicación Semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)
Universidad Nacional Autónoma de Honduras | Volumen 7, Número 1 Primavera, 2014
ISSN: 2225-5249



CIENCIAS
AERONÁUTICAS

 editorial
universitaria



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

CIENCIAS ESPACIALES

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

Volumen 7, Número 1 Primavera, Año 2014. ISSN: 2225-5249

Portada:

Ilustraciones que muestran aspectos de la aeronáutica como: la navegación aérea, operaciones aeronáuticas, operaciones de vuelo y de mantenimiento aeronáutico.

Fuente de imágenes:

Ec.europa.eu
www.blogquartopoder.com.br
www.duurzaambedrijfsleven.nl
www.interaksyon.com

Directora

María Cristina Pineda de Carías

Edición

Alex Matamoros

Consejo Editor

Yessica Sosa
Eduardo Rojas
Marta Lorena Talavera
Alex Matamoros

Consejo Científico

Gustavo Buzai
Joaquín Bosque Sendra
Marcos Carías
Silvia Fernández

Diagramación y Maquetación

Editorial Universitaria
SEDI UNAH
Elizabeth Figueroa M.

Contacto:

Dra. María Cristina Pineda de Carías
Email: mcpinedacarias@gmail.com

Facultad de Ciencias Espaciales

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

La Revista Ciencias Espaciales es una publicación semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales. El contenido de cada artículo es responsabilidad de su(s) autor(es).

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

Contenido

Volumen 7, Número 1 Primavera, 2014

ARTÍCULO DE FONDO

- Diálogos sobre Ciencias Aeronáuticas en Honduras
Alex Matamoros 6

ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

- Eyecciones coronales de masa solar a una unidad astronómica
Maribel S. Guerrero Vásquez 21
- Caracterización de piso de ruido y radiointerferencia en frecuencia
1420 mhz
Antonino Galo 35

CIENCIA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- Distribución Geoespacial de los Espacios Públicos en el Distrito Central
de Honduras
Celina Michelle Sosa Caballero 61
- Firmas espectrales de la cobertura de la Tierra, aplicando radiometría
de campo. Fase 1: Región 03 Occidente de Honduras
Rafael Enrique Corrales Andino, Vilma Lorena Ochoa 76
- Análisis del comportamiento temporal de la biomasa en pastos del
Departamento de Olancho en el contexto del cambio global – fase II
José Cáceres 97

ARQUEOASTRONOMÍA Y ASTRONOMÍA CULTURAL

- Tendencias curriculares en Astronomía Cultural
Javier Mejuto 116

NOTAS INFORMATIVAS

Revista Ciencias Espaciales, instrucciones a los autores y criterios para el diseño, diagramación y maquetación

133

ARTÍCULO DE FONDO

Diálogos sobre Ciencias Aeronáuticas en Honduras

Alex Matamoros

Resumen

Una de las primeras actividades del Departamento de Ciencias Aeronáuticas (DCA), luego de su conformación, ha sido la presentación de conferencias dirigidas a la población hondureña en general y al gremio aeronáutico en especial. Durante los años 2013 y 2014 se han desarrollado diez y siete conferencias distribuidas en tres espacios de divulgación: 1) un proyecto de vinculación Universidad-Sociedad del DCA denominado "Ciclo de conferencias sobre Aeronáutica Civil en Honduras", 2) los congresos de investigación científica que desarrolla cada año la Dirección de Investigación Científica y Posgrado (DICYP) y, 3) las Jornadas Científicas de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES). El presente artículo hace un breve recorrido por los temas tratados, los conferencistas y el público participante para finalizar proponiendo una serie de conclusiones desde las cuales se pueden mejorar estas prácticas de divulgación científica.

Palabras claves: Conferencias, divulgación científica, población hondureña, gremio aeronáutico, diálogo

Abstract

One of the first activities of the Department of Aeronautical Sciences (DAC) after its formation has been presenting conferences to the Honduran aerial general population. During the years 2013 and 2014 were developed seventeen conferences on three areas of disclosure: 1) a project linking University-DAC and society called "Cycle of Conferences on Civil Aviation in Honduras", 2) the Congresses of Scientific Research which develops each year the Dirección de Investigación Científica y Posgrado (DICYP) and 3) the Scientific Conferences of the Faculty of Spatial Sciences. This article makes a brief tour of the topics, speakers and participant to finish proposing a series of conclusions from which we can improve practices of scientific disclosure.

Keywords: Conferences, science, Honduran population, aeronautical group, dialogue

Alex Matamoros, (algemaca@hotmail.com), Departamento de Ciencias Aeronáuticas,
Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras – UNAH

A manera de introducción

El nacimiento del Departamento de Ciencias Aeronáuticas es el fruto de un diálogo de la UNAH por medio de la Facultad de Ciencias Espaciales con otros actores vinculados al campo de las Ciencias Aeronáuticas, algunos de ellos del ámbito nacional otros, con proyección internacional. En el primer grupo se pueden mencionar la Asociación para el desarrollo de la Aviación y la Educación en Honduras (ADAEH), la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), antes Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), la Concesionaria Interairport, y la Corporación Centroamericana de Servicios Aeronáuticos (COCESNA), entre otras; en el segundo grupo se pueden incluir Universidades con experiencia en el campo aeronáutico con las que se han sostenido contacto y con las que se tienen en proceso la firma de convenios de cooperación, como ha sido el caso de la Universidad Tecnológica de Panamá, la Universidad Politécnica de Madrid y el Vaughn College de New York. Además se ha establecido comunicación con profesionales independientes que han brindado valiosas opiniones para el mejoramiento del desempeño del Departamento de Ciencias Aeronáuticas.

Una forma de aprovechar esta relación con la comunidad aeronáutica han sido las diez y siete conferencias impartidas desde el Departamento de Ciencias Aeronáuticas aprovechando al menos tres ámbitos: el proyecto de vinculación denominado Ciclo de Conferencias sobre Ciencias Aeronáuticas, el Congreso de Investigación Científica de la UNAH auspiciado por la Dirección de Investigación Científica y Posgrado que se realiza una vez por Año y la Jornada Científica de la Facultad de Ciencias Espaciales. Hasta la fecha, se han desarrollado tres ciclos de conferencias con ocho conferencias presentadas; se divulgaron tres temas de investigación en el Congreso de investigación de UNAH y se han expuesto cinco proyectos de investigación desarrollados o en desarrollo por parte de la Unidad de Gestión de la Investigación del Departamento de Ciencias Aeronáuticas (DCA) en la Sexta y Séptima Jornada Científica desarrolladas por la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH.

Finalidad de las conferencias presentadas

Como se explicaba para el primer ciclo de conferencias la finalidad de estas actividades de divulgación y diálogo científico ha sido la de dar a conocer al público en general y especialmente entre los profesionales y técnicos interesados o vinculados con las ciencias relacionadas con la aeronáutica civil, las temáticas del campo con mayor relevancia en el contexto actual.

Con las conferencias presentadas se ha logrado un acercamiento por parte de la UNAH a algunas de las principales temáticas del campo de la aeronáutica desde una perspectiva civil. Un momento importante de este relacionamiento se dio con la visita que se tuvo de la Universidad Tecnológica de Panamá, cuando el Dr. Víctor Sánchez nos expuso la experiencia de esta casa de estudios en el establecimiento de un grupo de carreras aeronáuticas dentro de la Facultad de Ingeniería Mecánica (Ver Cuadro 1); en esta ocasión se llamó la atención sobre la importancia de hacer un abordaje desde la Academia que trascienda y complemente el protagonismo de la industria aeronáutica como actor principal, en tal sentido se alabó el hecho de que la UNAH estuviera incursionando en el campo con esta finalidad y capitalizando la larga experiencia del País en la aeronáutica militar y civil. Se pudo ver que en su caso la UTP, ha contado para el desarrollo de la ciencia aeronáutica, con dos apoyos importantes: la Aerolínea COPA, a quienes proveen de profesionales y técnicos aeronáuticos y el Tecnológico Institute of Florida que le ha proveído de docentes para las asignaturas propiamente aeronáuticas y le ha asesorado el proceso. De todas formas se explicó la importancia de salvaguardar en todo momento la independencia de la Academia con respecto a la industria para no ser absorbida por los criterios del mercado, así como la necesidad de conformar los propios cuadros de docentes para no depender en este aspecto del apoyo externo al País. El desarrollo de esta conferencia que además estuvo acompañada de un intercambio con la Decanatura de la Facultad de Ciencias Espaciales y una visita a la Vicerrectoría de Relaciones Internacionales, se dio en el momento en que el DCA estaba conformando su oferta académica con un Diplomado en Gestión de Sistemas Aeroportuarios y una Licenciatura en Ciencias Aeronáuticas, misma que ahora tiene por nombre Licenciatura en Operaciones Aeronáuticas.

El Ciclo de conferencias sobre Aeronáutica Civil en Honduras

Como hemos repetido en distintas reuniones con la Decanatura de la FACES, en el momento presente el Departamento de Ciencias Aeronáuticas sólo puede crecer para alcanzar los fines para los cuales fue creado, puesto que se constata en el País una demanda importante de profesionales aeronáuticos que cuenten con grado universitario. Este acierto ha quedado demostrado en el Diagnóstico para la creación de la Licenciatura en Operaciones Aeronáuticas que se encuentra en proceso de aprobación. Pero además ha sido ratificado en las siete conferencias ofrecidas a la comunidad aeronáutica nacional (Cuadro 1), las cuales dan cuenta de una evolución en el conocimiento del campo indagando una amplia diversidad temática que incluye aspectos como la descripción de los principales actores invo-

lucrados en el campo de la aeronáutica en Honduras, la relación de la aeronáutica con el desarrollo del País, la centralidad del factor humano para la seguridad en las operaciones aeronáuticas, la interacción entre las personas y los sistemas computarizados para la seguridad en las aeronaves, la evolución del derecho aeronáutico a partir del Convenio de Chicago de 1944, un encuadre del rol que corresponde a la Universidad como parte de una nueva comunidad aeronáutica en Honduras, los componentes y la planificación de la seguridad en las operaciones aeronáuticas en los aeropuertos, los procesos de certificación de los operadores aéreos y las ventajas que ofrece a una empresa el contar con una certificación, el conocimiento de algunos de los manuales con los que se debe cumplir para concluir con éxito un proceso de certificación, el proceso de transformación que está viviendo la Autoridad Aeronáutica actualmente para hacerse cargo de su labor normativa, por mencionar algunos de los temas tratados.

Cuadro 1: Resumen de eventos del Ciclo de conferencias sobre Aeronáutica Civil en Honduras

Conferencia	Sinopsis	Conferencista 2.
1. Ciencias Aeronáuticas en Honduras. Un panorama general, 9 de mayo de 2013	Ofrece una idea de conjunto del estado actual de la aeronáutica civil en Honduras, la terminología que se maneja en este campo, los principales actores en la materia, los cambios que han caracterizado el campo, su relación con el desarrollo del país, los recursos con los que debería contar, entre otros tópicos.	Jurgen Hesse, Licenciado en Ciencias Aeronáuticas, Piloto de helicópteros, Docente en la Universidad de la Defensa.
2. Conferencia: El factor humano en la aeronáutica, 16 de mayo de 2013.	Describió los factores que intervienen para hacer posible la aeronavegación, haciendo énfasis en la centralidad que tiene la persona humana, con la cual interactúan el soporte lógico, el equipo y el ambiente.	Gerardo Inestroza, Licenciado en Ciencias Aeronáuticas, Piloto de ala fija y ala rotatoria, instructor de vuelo.
3. Legislación aeronáutica. Piedra Angular de la Aviación Civil, 23 de mayo de 2013	Propone que el Derecho Aeronáutico es una rama nueva del Derecho que encuentra sus fuentes en el Derecho Civil, Comercial, Administrativo, Laboral, Marítimo, Internacional y comparado Público y Privado, a los cuales ha enriquecido. Hace un breve recorrido histórico de las concepciones del derecho aeronáutico y un repaso de sus concepciones en distintos países.	Pavel Andrey Espinal, Sub Director de la Dirección de Aeronáutica Civil, Miembro Fundador de ADAEH, integrante del equipo interdisciplinario para conformar el Departamento de Ciencias Aeronáuticas de la UNAH.
4. Desarrollo del campo aeronáutico en la Academia: el caso de la Universidad Tecnológica de Panamá. 21 de julio de 2013.	Se señala la necesidad de abordar el tema en la perspectiva de la Academia, aun en el caso de Panamá, en donde se está formando para responder a la demanda de COPA que representa para ellos el mayor mercado para sus egresados. Sigue siendo para ellos un desafío la formación de los propios docentes para el campo aeronáutico.	Víctor Sánchez, Coordinador del Departamento de Ciencias Aeronáuticas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá.
5. Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional en Aeródromos (SIGESOA), 7 de noviembre de 2013	La seguridad operacional es la aplicación del anexo 19 de la OACI y la importancia de su aplicación deriva de la latencia de amenazas de incidentes y accidentes en el ambiente de trabajo de un aeropuerto. La mitigación de peligros requiere el control de todos los elementos que interactúan en el ambiente aeroportuario. La atención al SIGESOA requiere de planificación e inversión, sin descuidar la rentabilidad del rubro aeronáutico.	Jorge Gutiérrez, Gerente de Operaciones de Interairport, Dirigió la reestructuración del Aeropuerto Toncontín desde el inicio de su concesión.
6. Certificación de Operadores Aéreos, 14 de noviembre de 2013	Se presentó el proceso completo en sus cinco fases de pre solicitud, solicitud formal, evaluación documental, evaluación técnica y entrega de la certificación. El proceso cumple con una serie de manuales entre ellos el Manual General de Operaciones (MGO), el Manual de Control de Mantenimiento (MCM), la Lista de Equipo Mínimo para despacho de la aeronave (M.E.L.) y el Programa de Mantenimiento de la Aeronave (PMA). Se concluye con algunos de los beneficios que ofrecen las certificaciones.	Iván Betancourt, Ingeniero Mecánico. Especialista en Ingeniería y mantenimiento aeronáutico. Consultor para procesos de certificación de operadores aéreos, Asesor Técnico en Sistema de Calidad Aeronáutico. Docente del Departamento de Ciencias Aeronáuticas

<p>7. Metas de la DGAC para el período 2014-2018, 15 de agosto de 2014</p>	<p>Se presenta el proceso de reconfiguración que está viviendo la Autoridad Aeronáutica hondureña en su paso de Dirección General de Aeronáutica Civil a Agencia Hondureña de Aviación Civil. La reforma propuesta contribuirá a la priorización del personal técnico sobre al administrativo, la independización de las decisiones y el mejor cumplimiento de la Autoridad Aeronáutica de los Anexos OACI. Una meta en el corto y mediano plazo es la categorización del País por parte de la FAA.</p>	<p>Guido Lucio Venegas, Ex Piloto de la desaparecida línea aérea SAHSA, Jefe de Estándares de Vuelo de la DGAC, con experiencia en distintos cargos en esta Dirección.</p>
<p>8. La Municipalización de los Aeropuertos en Honduras como clave del desarrollo regional, 15 de agosto de 2014</p>	<p>Este panel expuso las posibilidades que tiene Honduras para potenciar su desarrollo, económico, social y turístico con el apoyo del transporte aéreo. Entre las condiciones necesarias para que esto sea posible se mencionan una planificación estratégica de las movilizaciones dentro del territorio y desde y hacia afuera de éste, la priorización de las zonas con mayor potencial para la movilización de cargas y personas, el trabajo conjunto entre la inversión privada y el Estado, el acercamiento del transporte aéreo a la cotidianeidad, la visibilización de las muchas funciones que cumple un aeropuerto y el bench marking aeroportuario, entre otros.</p>	<p>Vivian Cárdenas, Msc en Economía aplicada al Turismo, Consultora en temas de desarrollo sostenible.</p> <p>Isai Fearon, Lic. en Administración de Aeropuertos, Master en Dirección Empresarial, Piloto Aviador.</p> <p>Gerardo Inestroza, Lic. en Ccs. Aeronáuticas, Piloto, con experiencia de más de quince años como instructor de vuelo.</p>

Fuente: elaboración propia en base a las memorias elaboradas

Los ciclos de conferencia han permitido un contacto vital con el acontecer aeronáutico nacional y han abierto la posibilidad de proponerse nuevos temas para nuevas conferencias, plantear nuevas problemáticas para investigar y establecer contactos para continuar conquistando espacios en la comunidad aeronáutica. Sin caer en la autocomplacencia se puede decir que las conferencias han cumplido con su razón de ser, puesto que han coadyuvado a mantener abierto un espacio de comunicación activo al que se ha recurrido desde el DCA en varias ocasiones para distintas finalidades.

El congreso de Investigación Científica de la UNAH

Otro espacio de divulgación han sido las participaciones en la Congresos de investigación científica de la UNAH de la Dirección de Investigación Científica y Posgrados (DICYP). Las exposiciones principales que ha ofrecido el Departamento han sido para dar a conocer a la comunidad universitaria dos proyectos de investigación que se han culminado como parte de la carga académica de investigación del Departamento se trata de la conferencia “Tendencias a nivel nacional de la demanda de profesionales aeronáuticos universitarios” y el panel de expertos “La especialización técnica en control de tránsito aéreo en una licenciatura en Ciencias

Aeronáutica” (Ver Cuadro 2). La conferencia se presentó en el Año 2013 cuando se estaba finalizando la primera versión del Diagnóstico para la Licenciatura en Operaciones Aeronáuticas; el panel realizado en 2014 aportó algunas de las ideas incorporadas al proyecto de investigación con el que se dio contenido y orientación a la parte correspondiente al Técnico Controlador de Tránsito Aéreo que se podría incluir dentro de la Licenciatura antes mencionada. Adicionalmente en este espacio se presentó uno de los trabajos realizados por los estudiantes del Diplomado en Gestión de Sistemas Aeroportuarios que abrió un debate muy necesario para la aeronáutica hondureña, se hace referencia a la conferencia “El Consejo Aeronáutico Nacional (CAN): análisis de su situación actual en el marco institucional de la aeronáutica civil hondureña”.

Al aprovechar este espacio abierto por la DICYP, se ha fortalecido el proceso de conformación de la oferta académica del Departamento, incorporando criterios de pertinencia provenientes de expertos del campo aeronáutico integrados con los principios orientadores de la Academia que se derivan del Modelo Educativo de la UNAH. Además, se ha abierto un espacio de divulgación de los temas de investigación e innovación dentro de la comunidad científica universitaria, al grado que la presentación de trabajos en este Congreso es ya parte de la vida académica del DCA.

Cuadro 2: Resumen de participaciones en el Congreso de Investigación Científica de la DICYP-UNAH

Conferencia	Sinopsis	Conferencista
1. Tendencias a nivel nacional de la demanda de profesionales aeronáuticos universitarios, 7 de agosto de 2013.	Se explica la importancia de contar en Honduras con un desarrollo de la Aeronáutica Civil. La investigación propone como problema de referencia la falta en Honduras de personal técnico aeronáutico con los conocimientos propios del nivel universitario para una buena gestión del campo aeronáutico. Esta carencia ha contribuido a que el país se haya incorporado débilmente a las tendencias regionales e internacionales aeronáuticas. Considerando que la aeronáutica es por su naturaleza internacional, se exponen las tendencias internacionales de los currículos de formación y los respectivos perfiles de salida.	Omri Alberto Amaya, Lic. En Ciencias Aeronáuticas, Ingeniero Industrial, Piloto Comercial, Jefe del Departamento de Ciencias Aeronáuticas FACES/UNAH.
2. El Consejo Aeronáutico Nacional (CAN): análisis de su situación actual en el marco institucional de la aeronáutica civil hondureña”, 4 de agosto de 2014.	La Ley de Aeronáutica Civil obliga a la conformación del CAN; sin embargo es este un imperativo que el País no ha atendido. En los países en donde se ha conformado este equipo, adquiere características de interdisciplinariedad y elabora las políticas, estrategias y objetivos que orientan la aeronáutica civil; se ilustra este hecho presentando los casos de Chile, Ecuador y República Dominicana. Para optimizar su funcionamiento el CAN tiene que dejar de ser un órgano consultivo para convertirse en el órgano que rectore el desarrollo de la aeronáutica en Honduras.	Ana Lucía Ulloa, Lic. En Mercadotecnia, Master en Gestión de Proyectos, Diplomada en Gestión de Sistemas Aeroportuarios.
3. La especialización técnica en control de tránsito aéreo en una licenciatura en Ciencias Aeronáuticas, 5 de agosto de 2014.	Fue un panel de expertos que contó con la participación de COCESNA, la DGAC y de la UNAH. Por su parte COCESNA relató su experiencia en el campo a nivel centroamericano, resaltando la rigurosidad de la formación recibida en la institución para el desarrollo de sus labores profesionales. Por su parte DGAC expone que esta institución asume su responsabilidad como Autoridad Aeronáutica en cuanto al tránsito aéreo por medio de la Dirección de Tránsito Aéreo; se explica que al examinar el concepto de tránsito aéreo se descubre una gran amplitud de actividades incluidas que van desde alertas hasta control sobre vuelos militares, pasando por comunicaciones y todo lo relacionado con vuelos civiles; el principal desafío de la DGAC sigue siendo la falta de personal técnico y presupuesto para atender sus funciones. Por último el DCA de FACES-UNAH, enfatiza en la importancia de contar con Controladores con formación universitaria para fortalecer sus competencias técnicas.	Víctor Manuel Andrade, Controlador de Tránsito Aéreo de COCESNA con 25 años de experiencia. Heriberto Sierra, Jefe Departamento de Navegación Aérea de AHAC. Alberto Colindres, Lic. En Ciencias Aeronáuticas, Piloto Comercial, Controlador Aéreo de combate.

Fuente: elaboración propia en base a Memorias de las conferencias presentadas.

Jornadas Científicas de la FACES

El compartir los proyectos de investigación dentro de la Facultad de Ciencias Espaciales ha sido también un estímulo importante para mejorar los enfoques y las metodologías propuestas y para descubrir campos en los cuales podríamos establecer sinergias con el trabajo de los demás departamentos. Las conferencias presentadas en este espacio propio de la Facultad han sido básicamente para dar a conocer los proyectos de investigación que luego han sido enviados a la DICYP para su revisión (Ver Cuadro 3). Cabe mencionar que dos de los proyectos presentados en este espacio de divulgación interna, son ya artículos que en este momento están en revisión por pares externos para ser incluidos en la Revista Ciencias Espaciales, se trata de los proyectos “Diseño para establecer el currículo de Controlador de Tránsito Aéreo dentro de la Licenciatura en ciencias aeronáuticas” y “Contenidos de una asignatura optativa del Departamento de Ciencias Aeronáuticas-Introducción a las Aeronaves”.

Cuadro 3: Resumen de conferencias de las Jornadas Científicas de FACES

Conferencia	Sinopsis	Conferencista
1. Diseño para establecer la currícula de Controlador de Tránsito Aéreo dentro de la Licenciatura en ciencias aeronáuticas, 17 de diciembre de 2013	Se presentó el proyecto de investigación que propuso preliminarmente cuatro asignaturas para la formación de Controladores: ATC 1 incluyendo movimiento de aeronaves, vehículos y personas en el área de maniobras; ATC 2, autorización de despegue de aeronaves; ATC 3 Autorización de aterrizajes de aeronaves; ATC 4 incluyendo suministro de información meteorológica, NOTAM, conciencia situacional, manejo de situaciones de amenaza y error. Se expusieron los requisitos requeridos en Honduras para ser Controlador.	Alberto Colindres, Lic. En Ciencias Aeronáuticas, Piloto Comercial, Controlador Aéreo de combate, Catedrático de la Universidad de la Defensa.
2. Alternativa para la reactivación de la industria Aeroespacial de Honduras, 17 de diciembre de 2013	Esta conferencia tiene el nombre de una Tesis de posgrado defendida en una Universidad hondureña. El propósito de este estudio es investigar las deficiencias de la industria aeroespacial, mapear y caracterizar las empresas relacionadas con esta industria, para poder definir cómo se podría desarrollar este campo teniendo en cuenta los objetivos y capacidades de la DGAC como autoridad reguladora.	Isaí Fiaron, Lic. en Administración de Aeropuertos, Master en Dirección Empresarial, Piloto Aviador.
3. Contenidos de una asignatura optativa del Departamento de Ciencias Aeronáuticas- Introducción a las Aeronaves, 17 de diciembre de 2013	Esta investigación sirvió de base para diseñar la primera asignatura ofrecida por el DCA a la comunidad universitaria. Sus contenidos muestran los conceptos básicos fundamentales de las aeronaves: sus generalidades, sus partes, descripción y tipos. Principios básicos de aerodinámica, comportamiento en vuelo e instrumentos de la aeronave, generalidades de los motores en aviación, sistemas de la aeronave, entre otros temas.	Iván Betancourt, Ingeniero Mecánico. Especialista en Ingeniería y mantenimiento aeronáutico, Consultor para procesos de certificación de operadores aéreos, Asesor Técnico en Sistema de Calidad Aeronáutico. Docente del Departamento de Ciencias Aeronáuticas
4. Necesidades de formación del personal de la Industria Aeronáutica en el Aeropuerto Toncontín de Tegucigalpa, 17 de diciembre de 2013	Este proyecto de investigación buscaba identificar qué modalidades de educación están siendo implementadas para la capacitación del personal que actualmente labora en la industria aeronáutica en el Aeropuerto Internacional del Toncontín, para luego deducir qué criterios deberían orientar los contenidos utilizados o por utilizar para su formación.	Alex Matamoros, Master en Calidad y Equidad de la Educación, Diplomado en Gestión de Sistemas Aeroportuarios, Docente del Departamento de Ciencias Aeronáuticas.
5. Orientaciones para el diseño de la Estructura de la Escuela de Ciencias Aeronáuticas de la Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional de Autónoma de Honduras, 17 de diciembre de 2013	Esta conferencia presentó los lineamientos que debe seguir la conformación de la Escuela de Ciencias Aeronáuticas dentro de la nueva estructura de la Facultad de Ciencias Espaciales. Se contará con dos Departamentos: uno de Ciencias Aeronáuticas y otro de Aviación; la Escuela será la unidad académica encargada de liderar el desarrollo de las Ciencias Espaciales en Honduras, en el campo de la Aeronáutica, mediante la implementación de la investigación, la vinculación universidad-sociedad y la gestión académica. a.	Omri Alberto Amaya, Lic. En Ciencias Aeronáuticas, Ingeniero Industrial, Piloto Comercial, Jefe del Departamento de Ciencias Aeronáuticas FACES/UNAH.

<p>6. Cuerpo de Contenido para la Formación de Controlador de Tránsito Aéreo en el ámbito de las Ciencias Aeronáuticas en Honduras, 12 de diciembre de 2014.</p>	<p>Este artículo presenta las partes principales de un trabajo preparado para adaptar un Técnico en Controlador de Tránsito Aéreo (ATC) a la Licenciatura en Ciencias Aeronáuticas que actualmente (diciembre de 2014) se encuentra en proceso de aprobación por parte de la Autoridades Académicas de la UNAH. Los principales resultados presentados son 1. El espectro de posibilidades de empleo que tiene el control de tránsito aéreo en la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC); 2. La composición de la carrera de Técnico Aeronáutico ATC u otras carreras similares en distintos Centros de Formación Superior, 3. Las opiniones de distintos profesionales aeronáuticos sobre la formación y el desempeño de los ATC en Honduras, 4. La composición de las asignaturas que incluiría un Técnico ATC propuesto desde el Departamento de Ciencias Aeronáuticas de FACES.</p>	<p>Alberto Colindres, Lic. En Ciencias Aeronáuticas, Piloto Comercial, Controlador Aéreo de combate, Catedrático de la Universidad de la Defensa.</p>
--	--	---

Fuente: Elaboración propia en base a las Memorias de las Jornadas Científicas FACES de 2013 y 2014.

Los protagonistas: Conferencistas y participantes

El campo de las Ciencias Aeronáuticas Civiles en Honduras se encuentra en proceso de conformación y en ese sentido es de esperar, como lo muestran las conferencias presentadas, que esté siendo analizado por profesionales propios del campo aeronáutico y por otros que están aportando desde su propia formación profesional universitaria. En el primer grupo destacan aquellos que han egresado de la Academia militar, muchos de los cuales están trabajando en el ámbito civil y muestran algún interés por continuar profundizando conocimientos de la aeronáutica civil o bien devienen obligados a hacerlo al estar al frente de puestos importantes dentro de la AHAC; el segundo grupo es de quienes más se ha obtenido colaboración y se encuentran entre ellos Abogados, Ingenieros y Licenciados.

Una de las reglas de selección de conferencistas ha sido la de ostentar un grado universitario, sin embargo se obtuvo la colaboración de COCESNA por medio de uno de sus técnicos con una experiencia de más de veinte años que sustituyó con creces el requisito. Se llama la atención sobre este hecho para mostrar que el diálogo abierto ha dado cabida también a los aportes de técnicos sin título universitario que dicho sea de paso conforman la mayor parte de la población empleada en el campo aeronáutico en Honduras y posiblemente en el mundo.

Resalta el hecho de que una de las diez y siete conferencias reportadas fue internacional y contó con la participación de un representante de una universidad de la Región Centroamericana. Uno de los frutos de este intercambio con la Universidad Tecnológica de Panamá es un convenio específico de colaboración que ahora mismo está en proceso de firma.

En términos generales se puede decir que por tratarse de profesionales y técnicos activos en el campo, los conferencistas estuvieron en grado de aportar criterios basados en conocimientos actualizados del campo aeronáutico. Además, proveyeron al Departamento de Ciencias Aeronáuticas de temas sobre los cuales merece la pena seguir profundizando en las ciencias aeronáuticas con el montaje de nuevos eventos similares o acometiendo nuevas investigaciones. Adicionalmente por medio de estos expositores en muchos de los casos se pudo acceder a niveles gerenciales de empresas aeronáuticas o a personal con poder de decisión en su propia institución. Por último, cabe mencionar que en muchos de los casos los expositores han sido incorporados a los bancos de datos de docentes del DCA con altas posibilidades de convertirse en docentes.

Todas las conferencias se hicieron en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Espaciales y contaron con la participación como oyentes de estudiantes de la UNAH, docentes de FACES, alumnos de escuelas de aviación, empleados de la AHAC, estudiantes de la Fuerza Aérea Hondureña y empleados de empresas aeronáuticas; con esta audiencia se llegó los representantes de todas las áreas de la industria y la institucionalidad del Estado relacionados con el ambiente aeronáutico nacional.

Conclusiones

- Tomando en cuenta el cumplimiento de objetivos, la participación del público, la pertinencia de las conferencias y los conferencistas, la calidad de las intervenciones de los participantes y la presencia institucional, las conferencias presentadas por el Departamento de Ciencias Aeronáuticas se consideran exitosas.
- Los contenidos de las conferencias y los contactos interinstitucionales que se mantuvieron durante su desarrollo ofrecen una base importante para generar información para orientar la generación y el enriquecimiento de la oferta académica del Departamento de Ciencias Aeronáuticas; además nos han proveído de temas nuevos de investigación y de socios potenciales para llevar a cabo estas investigaciones.

- Las relaciones institucionales generadas en durante las conferencias, como se pudo ver en el caso de la Universidad Tecnológica de Panamá, pueden dar lugar a socios estratégicos que pueden ser sancionados por medio de convenios marco y específicos.
- La composición del público de las conferencias da la posibilidad de conformar un banco de datos con el cual se pueden y se deben seguir promoviendo todos los eventos públicos programados por el Departamento.
- Con la presentación de los eventos desarrollados el DCA ha establecido una relación orgánica con la comunidad universitaria y con representantes claves del sector aeronáutico nacional; desde las muchas perspectivas que pueden derivar de este relacionamiento se pueden hacer diversos tipos de abordaje sobre los grandes temas actuales de la aeronáutica.
- Muchos de los temas abordados de manera breve durante las conferencias podrían ser retomados en espacios de diálogo y estudio (charlas, jornadas de trabajo, planificaciones interinstitucionales, entrevistas a informantes claves, otros) que propicien intercambios más específicos para investigaciones coordinadas destinadas a convertirse en nuevas conferencias.
- En una siguiente etapa de conferencias cabe la posibilidad de incorporar eventos que contemplen video conferencias para facilitar la participación de los socios de la Facultad de Ciencias Espaciales en materia aeronáutica con sedes en otros países.

Agradecimientos

Los eventos públicos recensionados en este artículo fueron posibles por la colaboración abierta y generosa de los socios naturales con los que actualmente cuenta el Departamento de Ciencias Aeronáuticas de FACES. A ellos va nuestro agradecimiento y nuestro ofrecimiento para seguir trabajando juntos en el campo de la aeronáutica civil en Honduras que tiene por delante muchos retos a los que sólo se les puede hacer frente desde una labor coordinada.

ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

Eyecciones coronales de masa solar a una unidad astronómica

Maribel S. Guerrero Vásquez

Resumen

La presente investigación concluye estadísticamente que las Eyecciones Coronales de Masa solar (CME por sus siglas en inglés), son grandes erupciones de campos magnéticos coronales solares y plasma (considerado el cuarto estado de la materia), que alcanzan la órbita de la Tierra, con características especiales de velocidad en este caso específico estudiado, se convierten en Tormentas geomagnéticas, sean de alta o baja velocidad de las CME. Para desarrollar la presente investigación se estudiaron los datos de eyecciones coronales de masa solar, con propiedades delimitadas; de velocidad, masa, y diferentes tipos de energía del año 1990 al 2012, que pudieron convertirse en tormentas geomagnéticas. Se enfocó la investigación en eventos rápidos con un rango de tiempo mayor o igual a 0.5 días y menor o igual a 1 día, para calcular el tiempo de llegada al planeta Tierra en días; se usó la distancia promedio entre nuestro planeta y el Sol. De los datos de CME de altas velocidades tenemos como resultados pocas fluctuaciones del campo magnético, o sea pocas tormentas geomagnéticas; pero se observaron valores de índices k desde 0 a 9. En general haciendo un análisis comparativo de los resultados de la caracterización de Eyecciones coronales con la actividad solar, se observó que los ciclos de máxima actividad fueron atípicos, concluyendo que realmente los ciclos mínimos se han prolongado, se resalta la tendencia decreciente en la actividad solar y como consecuencia también hay tendencia decreciente en la ocurrencia de eyecciones coronales de masa que son la principal causa de las tormentas geomagnéticas.

Palabras claves: tormentas geomagnéticas, eyecciones coronales de masa (CME), plasma, ondas de choque, velocidad, masa, energía, Sol, actividad, satélites.

Abstract

This research concludes that statistically Coronal Mass Ejections sun (CME for its acronym in English), are large eruptions of solar coronal magnetic fields and

plasma (considered the fourth state of matter) that reach the Earth's orbit, with special features to speed in this specific case study, become Geomagnetic Storms, whether high or low speed. To develop these research data coronal mass ejections of solar, with defined properties were studied; speed, mass, and different types of energy from 1990 to 2012, which could become geomagnetic storms. Research is focused on speed events with a range of greater than or equal to 0.5 days and less than or equal to one days time to calculate the time of arrival to Earth in days, using the average distance between Earth and the sun. From data CME speeds; results have as few fluctuations of the magnetic field, ie few geomagnetic storms; but k indexes values were observed from 0 to 9. In general making a comparative analysis of the results of the characterization of CMEs with solar activity, it was observed that the peak cycles were atypical, concluding that actually the minimum cycles they have long, downward trend in solar activity is highlighted and as a result there are decreasing trend in the occurrence of coronal mass ejections are the main cause of geomagnetic storms.

Keywords: geomagnetic storms and coronal mass ejections (CME), shock waves, speed, mass, power, sun, satellites.

Maribel S. Guerrero Vasquez, (Marsuy3000@yahoo.com), Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras – UNAH

Introducción

La importancia de poder predecir el clima global de la Tierra de acuerdo al clima espacial, es un objetivo implícito en toda investigación de la física solar y su relación con este. Del comportamiento del clima de la Tierra se desprende la relevancia social y económica, de mitigar posibles consecuencias globales por daños en la tecnología satelital entre otros. Con las observaciones de varios satélites, en la actualidad se registran continuamente durante 24 horas algunos de los fenómenos en la Corona solar (Figura 1a) como las eyecciones coronales de masa solar (CME) (Figura 1b) en diferentes longitudes de onda; a la vez ocasionan variabilidad en el clima espacial y tormentas geomagnéticas, que son perturbaciones temporales de la magnetosfera terrestre (Figura 1c). La radiación que penetra la atmosfera forma las auroras boreales y australes que son los indicadores visibles de la presencia real de la radiación recibida.; el efecto de la llegada al planeta Tierra de más o menos radiación del Sol, es evidente que influencia directamente la variabilidad climática, reflejada en la temperatura como indicador del dominio del Sol. Las CME son ondas de choque que llegan entre 24 y 36 horas después del suceso, esto solamente ocurre si la onda de choque viaja hacia la Tierra. La presión sobre la magnetosfera aumentará o disminuirá en función de la actividad solar; la presión modifica las corrientes eléctricas en la ionosfera. Las tormentas magnéticas duran de 24 a 48 horas, aunque pueden prolongarse varios días, los cambios en los campos geomagnéticos afectan negativamente la atmósfera superior y la baja atmósfera, destruyen células vivientes y producen cambios climáticos, las partículas muy energéticas afectan las partes electrónicas de los satélites; así mismo, las grandes tormentas geomagnéticas causan cambios en su órbita, provocando la caída y/o pérdida de éstos (M. Guerrero 2012).

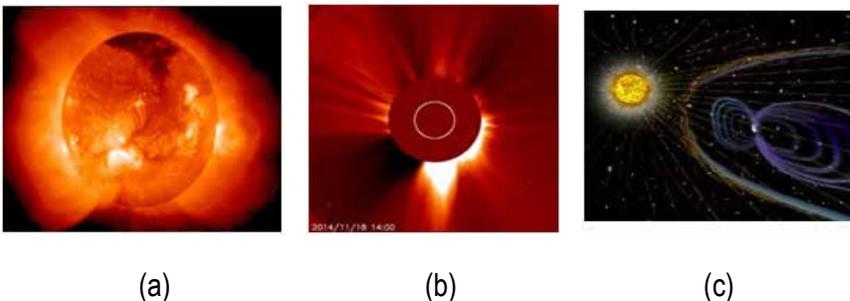


Figura 1 (a) imagen de la Corona solar en rayos X, emitiendo radiación, (b) LASCO C2 (coronografo2) muestra una eyección de masa coronal (CME)), (c) la imagen artística de la protección de la magnetosfera y la influencia del Sol (cortesía NASA- ESA).

Metodología

De las mediciones de los fenómenos naturales en este caso fenómenos solares como las Eyecciones Coronales Solares de masa (CME), con sus variables escogidas aquí como la velocidad, aceleración, masa, diferentes tipos de energía escogidas; las Tormentas Geomagnéticas con sus indicadores los índices K, o sea las mediciones del campo magnético terrestre tocado entre otras necesarias para concretar la investigación cualitativamente y cumplir con el objetivo de correlacionar las CME con tormentas geomagnéticas. Se buscaron, seleccionaron y archivaron los datos digitales satelitales del satélite Solar and Heliospheric Observatory SOHO las CME, del medio interplanetario que llegan a la Tierra, para transformarse en tormentas geomagnéticas. Donde la información corresponde a los años 1996 al 2012 y describe las características de los datos observados antes mencionados. Luego se hicieron los cálculos de velocidades promedio, entre las velocidades lineales y velocidades de segundo orden. Para calcular el tiempo de llegada al planeta en días de cada evento. Se utilizó la distancia promedio entre la Tierra y el Sol 149, 500,000 Km. Se construyeron tablas de CME con altas velocidades, para enfocar la investigación en eventos rápidos con un rango de tiempo mayor o igual a 0.5 días y menor o igual a 1 día. Consecuentemente se elaboraron las tablas de Tormentas geomagnéticas moderadas, fuertes, severas y extremas, correlacionadas en el tiempo de llegada a la Tierra y las eyecciones coronales solares que se produjeron, para recorrer 1 unidad astronómica. Se computaron las estadísticas, de los datos de la época seleccionada y se graficaron esos resultados. Para concluir después del análisis de los resultados estadísticos.

Resultados

Tabla 1. CME Y TG 1996- 2012

ANOS	CANTIDAD DE CME ENCONTRADAS	1ª SELECCION CME	0.53 días < T _{LLag} CME CARACTERIZADAS <= . <= 1 DIA	% HALOS	TORMENTAS GEOMAGNETICAS ENCONTRADAS
1996 -2004	9943	458	61	77	13,140
2005- 2012	9190	156	19	88	11,680
TOTAL			80	83 %	24,820

En la tabla 1 observamos la cantidad de Eyecciones Coronales Solares (CME) acontecidas que se reportaron, desde el año 1996 al 2012, en la página web del satélite SOHO, 9943 CME, de las que se seleccionaron 458 con velocidad mayor a 450km/s que es la velocidad promedio del viento solar que llega aproximadamente en 4 días a la órbita de la Tierra. Dentro del rango de tiempo planificado discriminante en esta investigación, mayor o igual 0.53 días y menor o igual a 1 día que salieron al espacio interplanetario en un total de 80 CME, 61 entre 1996 – 2004 y 19 CME del 2005 al 2012. Aunque se esperaría que los Halos (cuando las CME sobrepasan los 1800 en el campo de visión del telescopio) fuesen proporcionales a la cantidad de eyecciones coronales, resultaron sorprendentes las cifras debido a que no hay eventos solo de Halos, con la regla discriminadora de velocidad, explicada arriba. Los resultados muestran que hubieron mas CME rápidas entre 1996 y 2004 (61) que del 2005 al 2012 (19).

Por otra parte la cantidad de Tormentas Geomagnéticas (columna 6) arroja valores mayores que el de las CME, lo que significa es que otras CME menos rápidas, quedaron fuera de las estadísticas por no cumplir el requerimiento de tener una velocidad mayor a 450 km/s; que llegaron en forma más lenta al planeta pero que finalmente tocaron su campo magnético.

Tabla 2. COINCIDENCIAS CME Y TG moderadas, fuertes, severas y extremas 1996- 2012

Años	Cantidad de CME encontradas	Resumen de Coincidencias CME (2º Selección) –Tormentas Geomagneticas (Indice k)			
		K=6 G2 Tormentas moderadas	K=7 G3 Tormentas fuertes	K=8 G4 Tormentas severas	K=9 G5 Tormentas Extremas
1996 - 2004	9943	24	9	9	3
2005- 2012	9190	13	10	4	3
TOTAL		37	19	13	6

En la Tabla 2, se muestran las Tormentas geomagnéticas más peligrosas expresadas por los índices K con los valores más altos establecidos de 6 a 9, cabe recordar que los índices utilizados son los valores reportados para altas latitudes. Observamos que los acontecimientos van en orden decreciente, se presentaron en total 13 severas, 19 extremas y 37 moderadas, solo 6 tormentas muy peligrosas extremas con índice k=9 y correspondiente a 500 nT (nano teslas). Acontecieron

tanto en las CMEs lentas y muy rápidas, estas tormentas peligrosas, dentro de la baja actividad solar de los últimos años.

Tabla 3. Caracterización de cme a tormentas geomagnéticas

Caracterización	Angulo de posición central	Amplitud Angular (grados)	Velocidad Lineal km/s	Velocidad de segundo orden. final [km/s]	Velocidad Promedio [km/s]	Tiempo de llegada a la Tierra en días	Tiempo de llegada a la Tierra en horas	Velocidad a 20 Radios solares [km/s]	Aceleración, Km/s ²	Masa [gramos]	Energía Cinética (ergios)
Valores Máximos	Halo (OA)	360	<u>3387</u>	<u>3284</u>	3264.5	0.5300	16.30	1124	198.01	1.9x10 ³²	359
Valores Mínimos	2	24	218	280	278	1.005	24.12	-179.7	-159.1	2.70x10 ²⁹	15

En la tabla 3 observamos las características principales para que las eyecciones coronales solares (CME), que puedan llegar a tocar el campo magnético de la Tierra o sea convertirse en Tormentas Geomagnéticas (TG). En forma resumida observamos que el valor máximo para ángulos de posición central es un Halo OA (con esquema de asimetría), por lo tanto su amplitud angular es igual a 360 grados, Cada CME se caracteriza por tres velocidades: 1. la velocidad lineal (o ajuste polinomial) obtenida ajustando una línea recta, para las mediciones en tiempo 2. La velocidad cuadrática obtenida mediante el ajuste de una parábola (cuadrática o de segundo orden ajuste polinomial) para las mediciones en tiempo altura y la evaluación de la velocidad en el momento final (última posible medida de la altura) y 3. La velocidad obtenida como en (2) pero evaluada cuando la CME está a una distancia de 20 radios solares. Desde el momento de la medición de la altura final varía de un evento a otro, la velocidad de 20 radios solares es útil para comparar diferentes velocidades. Se debe tener precaución con el método de las CMEs que se desvanecen antes de llegar a 20 radios solares. Su velocidad lineal 3387km/s, es la más alta encontrada en el rango de tiempo estudiado 1996-2012, la velocidad de segundo orden es muy alta igual a 3284km/s. El promedio de ambas resultó igual a 3264.5 km/s.

Conociendo la velocidad promedio y la distancia promedio se calculó el tiempo promedio que tardó en llegar esa eyección de masa coronal a la Tierra, el resultado es de 0.53 días o sea 16.3 horas. Otra característica es la velocidad de la CME a 20 radios solares de distancia más allá de la órbita de Urano, antes de Neptuno aún sigue siendo un evento rápido. La aceleración de una CME puede ser positiva, negativa o cercana a cero significando que una CME se acelera, se mueva con velocidad constante o disminuya la velocidad en la observación del telescopio de LASCO. Se necesita un mínimo de tres mediciones en tiempo de altura para una estimación de la aceleración, pero la precisión aumenta cuando hay más mediciones (Howard, R. A et Al, 1985). Las aceleraciones con sólo tres mediciones no son confiables por lo tanto no se reportan datos. Observamos en la tabla 3 columna 10 una aceleración alta, positiva igual a 1980 km/s^2 . Cada CME también se caracteriza por una masa y una energía cinética. En general, existen grandes incertidumbres en estos números. La estimación de la masa de una CME implica una serie de supuestos, por lo que los valores dados deben ser tomados como representativos (Miklenic et al.2011). Por ejemplo, la mayoría de las CME muestran un aumento de la masa cuando atraviesan los primeros radios solares y a continuación, la masa alcanza un valor casi constante. Este valor constante se toma como la masa representativa para este caso vemos en la columna 11 el dato de la masa para el evento más rápido igual a 1.9×10^{32} gramos y la energía cinética igual a 359 ergios. En esta fecha 2004/11/10 se reportaron tormentas con índices k de 6, 7 y 8 ninguna con k igual a 9.

Para el evento más lento (velocidad promedio 278 km/s) dentro del rango de tiempo definido como máximo (1 día) para llegar a nuestro planeta, se encontraron otras características que muestra la tabla 3 en la fila dos, vemos que el Angulo de posición central es de 2 grados y la amplitud angular es apenas de 24 grados, la masa es grande y la energía cinética muy baja. Pero que finalmente llegó a la Tierra y se pudo convertir en Tormenta geomagnética. Abajo la figura 1 muestra la CME más rápida ocurrida el 2004/11/10, del coronógrafo C2 de LASCO a bordo del satélite SOHO sus respectivas graficas de velocidad, ángulo de posición y la aceleración negativa o sea que hubo desaceleración (-159.1 km/s^2) posiblemente debido a su gran masa entre otras variables. Penosamente en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre no hubo ningún tipo de registro del NOAA.

2004 / 11 / 10

CME VMAX =3,387km/s

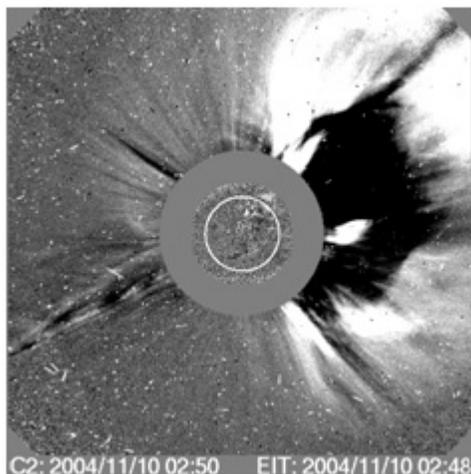


Figura 2: Imagen de una CME a las 02:48 UT, con la velocidad máxima encontrada en los datos desde 1996 al 2012 del coronógrafo C2. Fuente: LASCO / SOHO, en infrarrojo extremo.

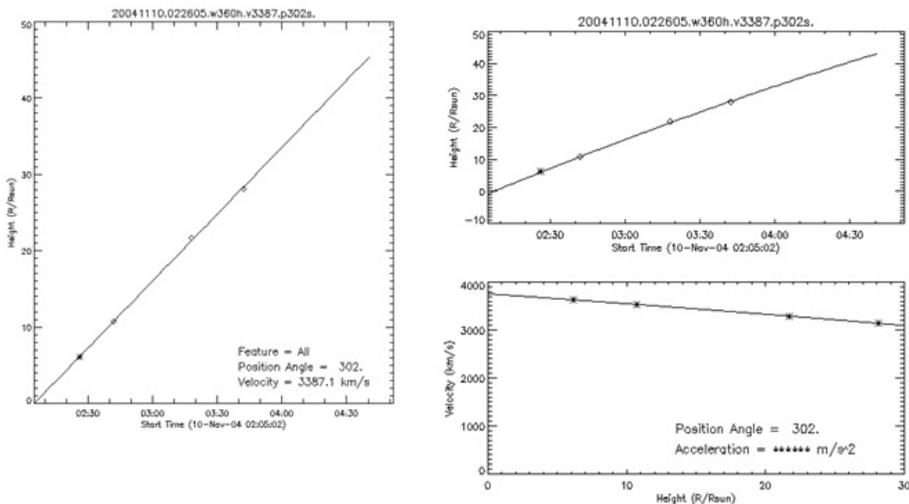


Figura 3 la grafica izquierda muestra la velocidad lineal y ángulo de posición, superior derecha el tiempo de inicio, inferior derecha ángulo de posición y la aceleración del mismo evento Fuente: <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/20041208.html>

2012 / 07 / 06 Vlineal MIN=218km/

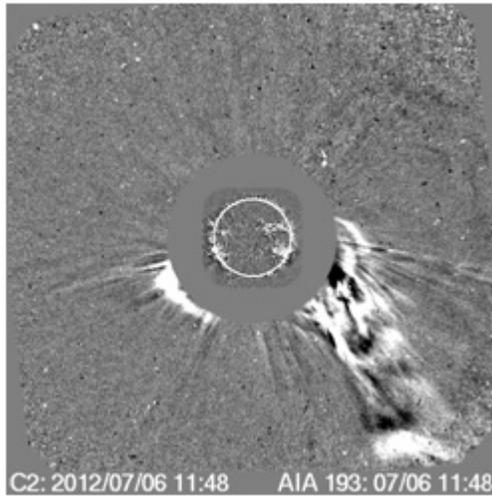


Figura 4. La Imagen del C2 muestra la CME a las 11:48. Fuente: C2 de LASCO/ SOHO i UT

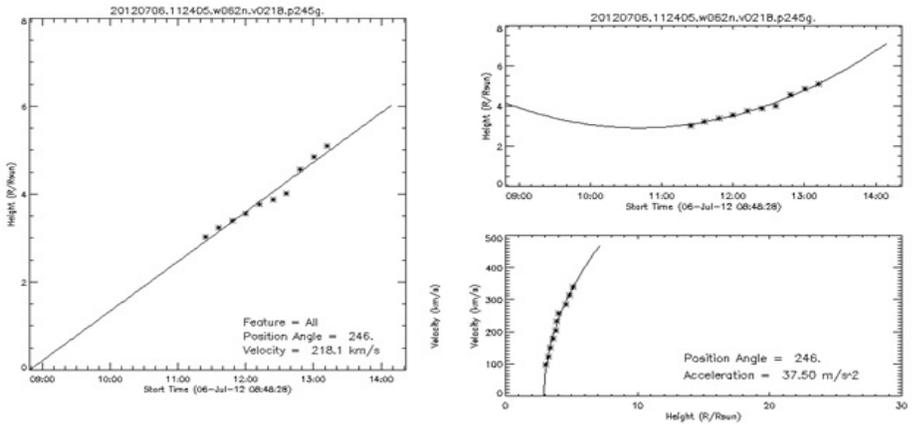


Figura 5: Gráficas: izquierda la imagen muestra la Figura VlinealMIN=218km/s, superior derecha velocidad de segundo orden, la superior derecha representa el tiempo de inicio de la CME, la inferior derecha representa la velocidad de segundo orden a 20 radios solares Fuente: <http://hirweb.nict.gov.jp/dimages/magneka/20121231t>

Discusión

Un análisis comparativo muestra los resultados de la caracterización de Eyecciones coronales de masa solar con la actividad solar, donde los ciclos de máxima actividad fueron atípicos, se presentó mayor actividad en los ciclos mínimos y viceversa, concluyendo que los ciclos mínimos (Fig. 6 y 7) se han prolongado y realmente no ha habido máxima actividad, que se ha llamado máximos a los dos últimos por definición: por la posición cercana de las manchas respecto al ecuador del sol como consecuencia tenemos pocas fluctuaciones del campo magnético, o sea pocas tormentas geomagnéticas y escasos eventos solares en general, durante los periodos llamados de máxima actividad solar. Pero se observaron valores de índices k desde 0 a 9. En forma específica para la CME máxima, vista por primera vez a las 2:26 horas, le sumamos el tiempo aproximado de 0.53 días, que tardó en llegar a la Tierra, entonces se correlaciona con la Tormenta geomagnética con índice $k=7$, ocurrida entre las 12-15 horas, reportada. De la CME más lenta estudiada no se puede concluir nada por no haber datos del satélite NOAA en esa fecha. El estudio de la caracterización por otra parte también se vio afectado por los escasos de eventos muy rápidos y también lentos, en la época de investigación definida. Con los elementos estudiados se puede decir que toda eyección de masa coronal rápida llega a la Tierra produce disturbios del campo magnético, del orden de índice k igual o mayor a 7.

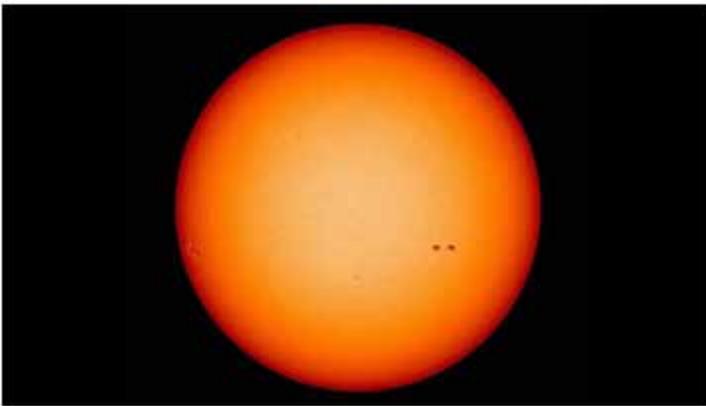


Figura 6: La imagen muestra la baja actividad del Sol, desde el 2011 existe un número de manchas solares muy por debajo de los valores previstos y las fuertes erupciones solares que se esperaban han sido muy poco frecuentes, asegura el observatorio de la NASA.

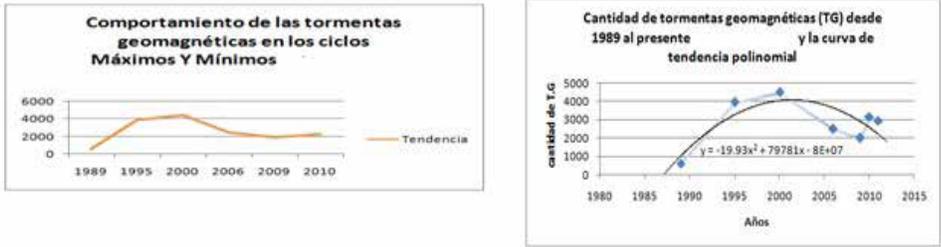


Figura 7. Izquierda la curva muestra la tendencia de tormentas geomagnéticas desde 1989 al presente, a la derecha la curva representa la tendencia lineal y polinomial descendente debido a la baja actividad del Sol. Fuente: Tesis “EL MITO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL” M. Guerrero 2012

Tabla 4. RESUMEN COINCIDENCIAS CME –TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS (INDICE k)

AÑOS	CANTIDAD DE CME ENCONTRADAS	RESUMEN COINCIDENCIAS CME –TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS (INDICE k)			
		K=6 G2 Tormentas moderadas	K=7 G3 Tormentas fuertes	K=8 G4 Tormentas severas	K=9 G5 Tormentas Extremas
1996 -2004	9943	24	9	9	3
2005- 2012	9190	13	10	4	3
TOTAL		37	19	13	6

Conclusiones

En conjunto, esta investigación tiene por objeto proporcionar un análisis cuantitativo completo específico, con la descripción de todos los aspectos principales de un evento máximo único y un evento mínimo único que comenzaron con una CME y que se esperaba que tocara la magnetosfera, consecuentemente convirtiéndose en una Tormenta Geomagnética con un valor cualquiera de la medición del índice K en altas latitudes, pero que pudieran tener mayor posibilidad, lo valores más altos para k iguales a 7, 8 y 9 por sus características arriba descritas. De allí se puede inferir la generalización: que todas las Eyecciones Coronales de Masa que fueron seleccionadas por ser muy rápidas, en principio; y con masas relativamente bajas terminaron convirtiéndose en Tormentas Geomagnéticas con valores de índices k desde 0 hasta 9, desde tormentas menores hasta extremas. Concluyendo que no dependen de la velocidad para ser tormentas peligrosas o no pero que el clima del Sol afecta directamente el clima de la Tierra y otros planetas, es quien lo

controla, subiendo o bajando su temperatura de acuerdo a la actividad máxima o mínima de la estrella más cercana.

Bibliografía

- Chen J. (1997). Coronal mass ejections, causes and consequences. En *Geophysical Monograph*. Florida United States of América, Library of congress cataloging – in publication Data Editorial
- Current Quarter Daily Geomagnetic Data, disponible en: http://www.swpc.noaa.gov/ftpdirectories/indices/old_indices/2011Q1_DSD.txt
- http://www.swpc.noaa.gov/ftpdirectories/indices/old_indices/READMEPost-eruption Arcades PEAs have been commonly observed after nearly all CME eruptions (Schwenn et al. 2006)
- The Astrophysical Journal, 751:21 (16pp), 2012 May 20 Landi et al.(2004) report that a one-to-one relationship existed between PEAs and CMEs in 236 events observed between 1997–2002
- PEAs are a normal expectation from theory (McKenzie & Hudson 1999 the reconnection site that is forming new hot loops at larger heights (Lin et al. 2004). coronal manifestations of transient coronal holes appearing on the disk after CME events (Miklenic et al. 2011).
- Not all CMEs have been reported to be followed by dimmings (Reinard & Biasecker 2008,2009), CMEs with dimmings were found to be on average faster than those without ones (Reinard & Biasecker 2009).
- The time of their appearance has been shown to be tied to the time of CME acceleration and energy release in a flare (Miklenic et al.2011)
- The disappearance of transient coronal holes on the disk was found to be due to the shrinking of the hole region rather than the heating of local plasma (Kahler & Hudson 2001), and Attrill et al. (2008)
- Gosling, J.T et Al, 1974, Solar Wind three; proceedings of the *Third Conference*, Pacific Grove, Los Angeles, University of California

- Gosling, J.T., 1999, *Journal of geophysical research*, *Volume 104*, p. 12515-12524
- Howard, R. A et Al, 1985, *Journal of geophysical research*, Vol 90, Recuperado de: <http://www.docstoc.com/docs/58393503/An-Historical-Perspective-to-CME>.
- Hundhausen, A. J, 1996, Coronal mass ejections, in cosmic winds and the heliosphere, eds. J.R. Jokipii et al., Arizona, Tucson
- Sitio web, NOAA Space Weather Scale for Geomagnetic Storms, disponible en <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/lists/geomag/AK.txt> http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/indices/old_indices.html
- Sitio Web 2010 Daily Geomagnetic Data disponible en: <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/19890904t>
- Sitio Web, <http://science.nasa.gov/heliophysics/focus-areas/magnetosphere-ionosphere/>
- Sitio Web, Geomagnetic Field Data Plot, disponible en: <http://kogma.nict.go.jp/cgi-bin/geomaginterface>
- Sitio Web, Geomagnetic Activity Chart, disponible en <http://hirweb.nict.go.jp/sedoss/geoact>
- Sitio Web, MAGNE KA and *Geomagnetic Data Plot*, disponible en
- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/19890904t>
- <http://crlhir.nict.go.jp/dimages/magneka/19940220.htm>
- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/19950101t>
- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/19950801t>
- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/19951111t>
- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/20000101t>
- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/20041208.html>
- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/20060301t>

- <http://hirweb.nict.go.jp/dimages/magneka/20061231t>
- http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/indices/old_indices.html

Caracterización de piso de ruido y radiointerferencia en frecuencia 1420 mhz

Norman Antonino Galo Meza

Resumen

Este documento presenta los resultados del estudio denominado “*Caracterización de Piso de Ruido y Radiointerferencia en Frecuencia 1420 MHz*”, siendo este estudio, de primordial importancia en las etapas previas a la implementación de un Radiotelescopio.

En nuestro país no se ha realizado ningún estudio de este tipo, en ninguna frecuencia o rango de frecuencias destinadas para el Servicio de Radioastronomía, servicio que fue definido conjuntamente por la Unión Internacional de Astronomía y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (IAU e ITU –siglas en inglés, respectivamente).

Como objetivo principal del estudio, se determinaron las condiciones radioeléctricas que prevalecen en la ciudad de Tegucigalpa, específicamente en el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), o dicho de otra manera, el ambiente radioeléctrico al que estará expuesta cualquier señal de algún objeto celeste, emitida en frecuencia 1420 MHz ($\lambda=21$ cm).

Los datos se recopilieron mediante técnicas de monitoreo de Radiointerferencia en Frecuencia (RFI -siglas en Inglés), establecidos en el “Handbook Spectrum Monitoring”, publicado por ITU en el año 2011 y se utilizaron equipos certificados por ITU, para estudios radioeléctricos -RFI.

Las conclusiones y las recomendaciones, parten de las disposiciones emanadas por ITU, para el Servicio de Radioastronomía y del análisis de las condiciones radioeléctricas existentes en el OACS.

El estudio demostró que la ubicación del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), presenta un nivel o Piso de Ruido muy elevado, alrededor de 12 dB por sobre la Sensibilidad del equipo utilizado, no obstante, señales de fuentes como el Sol y la Vía Láctea, son factibles de ser recibidas con cierta confiabilidad.

Palabras Clave: Radioastronomía / Estudios RFI / 1420 MHz / Piso de Ruido / RadioInterferencias.

Abstract

This paper presents the results of the study, "*Characterization of radio interference and noise floor at 1420 MHz Frequency*" and this study is of primary importance in the pre-implementation stages of a radio telescope.

In our country there has been no study of this type, at any frequency or range of frequencies allocated to the radio astronomy service, service which was jointly defined by the International Astronomical Union and the International Telecommunication Union (IAU and ITU, respectively).

As primary endpoint, the radio conditions in Tegucigalpa, specifically in the Central American Astronomical Observatory of Suyapa (OACS), or in other words, were determined radio environment that will be expose any signal coming from celestial object , emitted at 1420 MHz frequency ($\lambda = 21$ cm).

Data were collected through Radio Frequency Interference monitoring techniques (RFI), established in the "Spectrum Monitoring Handbook" published by ITU in 2011 and with the use of certified equipment by ITU for RFI studies.

The conclusions and recommendations are based on the provisions issued by ITU for radio astronomy and analysis of radio conditions at the OACS.

The study showed that the location of the Astronomical Observatory of Suyapa (OACS) has a very high level or noise floor, about 12 dB above the sensitivity of the equipment used, however, signals from sources like the sun and the Milky Way, are feasible to be received with some confidence.

Keywords: Radio Astronomy / RFI Studies / 1420 MHz / Flat Noise / radio interference.

Norman Antonino Galo Meza, (angamo2000@yahoo.com), Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras – UNAH

Introducción

En términos generales, toda investigación científica referente a fenómenos físicos y/o objetos celestes inicia con la instrumentación adecuada, que permita obtener la mayor cantidad de información de la fuente bajo investigación, sin dejar de mencionar que esta información debe ser confiable y fidedigna a fin de establecer o determinar correctamente las características de la fuente.

En astronomía y astrofísica, la información proveniente de la fuente puede ser obtenida a través de dos tipos de instrumentación, siendo el primero de estos la recopilación de datos a través de observaciones por medio de dispositivos ópticos llamados Telescopios y el segundo por medio de sistemas de recepción de señales radioeléctricas (radiofrecuencia) llamados Radiotelescopios.

Los sistemas de recepción de señales radioeléctricas (Radiotelescopios), son aquellos que tienen los componentes básicos siguientes: una antena o juego de antenas, dispositivos de amplificación de señal, detectores de señal, procesadores de señal, sincronizadores, cables de interconexión, entre otros.

La principal capacidad de obtención de datos en un radiotelescopio es determinada por el tamaño de la antena o antenas y las características electrónicas de los demás componentes electrónicos del sistema. Sin embargo la confianza o fidelidad de los datos de señales radioeléctricas provenientes de las fuentes, al igual que en los telescopios, se ve enormemente afectada por las distorsiones que sufre la señal radioeléctrica a lo largo del trayecto desde la fuente hasta el punto de ubicación del radiotelescopio.

En términos de frecuencia radioeléctrica o radiofrecuencia, la confianza o fidelidad de la información contenida en la señal emitida por el objeto en estudio, se ve afectada por las condiciones radioeléctricas existentes en el lugar donde está ubicado el radiotelescopio, siendo las dos principales, el Piso de Ruido o Nivel de Ruido existente en el lugar y en segundo lugar las interferencias o señales humanas no deseadas, siendo estos parte importante de los objetivos de este estudio tal como se describen en la sección que sigue.

Previo a la instalación de un Radiotelescopio es imprescindible realizar investigaciones sobre la caracterización radioeléctrica del sitios o sitios propuestos para ubicar el radiotelescopio, estableciendo primariamente las condiciones de Piso o nivel de Ruido y de Radiointerferencia en Frecuencia (RFI, Siglas en Inglés) presentes en el sitio, a fin de minimizar y corregir los efectos sobre la instrumenta-

ción, lo anterior es análogo a las investigaciones de las condiciones ópticas, atmosféricas y ambientales para un telescopio óptico.

Objetivo de la Investigación

Objetivo General -Caracterización Radioeléctrica en frecuencia 1420 MHz

Determinar las condiciones radioeléctricas prevalecientes en la ciudad de Tegucigalpa y específicamente en el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa –OACS.

La caracterización de las condiciones radioeléctricas, partió del hecho de definir la frecuencia 1420 MHz, para esta investigación, ya que esta frecuencia es de amplia utilidad en radioastronomía.

Objetivos Específicos -Caracterización Radioeléctrica en frecuencia 1420 MHz

- Estudio de Piso o nivel de Ruido Característico en 1420 MHz

Consistió en la medición de la potencia total del ruido existente, siendo este total, el acumulado o la suma de las contribuciones de cada uno de los ruidos (naturales y artificiales) en un determinado rango de frecuencias o ancho de banda, de acuerdo a la recomendación de la UIT (ITU Rec RA.769), lo que ciertamente requiere de muchos meses de continuo estudio.

- Estudio de Presencia de Radiointerferencias en Frecuencia 1420 MHz

Este estudio tuvo como finalidad, la identificación de las radio-interferencias producidas por el hombre, de tal forma que puedan implementarse técnicas de eliminación, o en el peor de los casos, la reducción de los efectos dañinos de radio-interferencias (RFI-siglas en inglés) sobre la frecuencia 1420 MHz.

Metodología de Investigación

Los datos se recopilaron siguiendo las recomendaciones de la Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU, siglas en Inglés), la que en conjunto con la Union Internacional de Astronomía (IAU, siglas en Inglés), han determinado los métodos a seguir para realizar tanto estudio de Piso de Ruido como estudios RFI.

El estudio del nivel de ruido de origen natural o artificial, determina el límite práctico de la calidad de funcionamiento de los sistemas radioeléctricos, por lo que es un factor importante para planificar la eficaz utilización del espectro y para el

diseño de los sistemas (antenas, receptores, cables, etc.), la determinación de la calidad de funcionamiento de los mismos, de acuerdo a lo descrito en la recomendación de la UIT-R P.372.

Se determinó monitorear la frecuencia 1420 MHz en seis Anchos de banda –AB, poniendo especial atención a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz, en base a la Información Suplementaria para la Recomendación ITU-R RA.769-1 y -2, que indica que el valor del Piso de Ruido (RFI Threshold) para estudio radioastronómicos en frecuencia 1420 MHz a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz es de $-50.2 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, que equivale a -190.45 dBm .

Los datos para estos estudios se recopilaron en el periodo comprendido de Junio de 2012 a Junio de 2013, a distintos horarios del día y en distintos lapsos de tiempo a fin de obtener una caracterización radioeléctrica diaria, mensual y anual.

A continuación se presentan las relaciones físicas que nos ayudaran al tratamiento de los datos obtenidos.

- Ruido Térmico

También llamado ruido de Johnson–Nyquist (ruido de Johnson, o ruido de Nyquist) este se genera por la agitación térmica de los portadores de carga (generalmente electrones dentro de un conductor o sistema) en equilibrio, lo que sucede con independencia del voltaje aplicado.

El ruido térmico se describe físicamente de la siguiente forma:

Para un ancho de banda de 1Hz (3.1)

$$P_{\text{watt}} = kT \left(\frac{\text{Watts}}{\text{Hz}} \right)$$

Y para un ancho de banda dado (3.2)

$$P_{\text{watt}} = kTB \quad (\text{watts})$$

Donde:

P: Densidad de potencia del ruido en watts

K: Constante de Boltzmann = $1.3803 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

T: Temperatura absoluta en grados Kelvin; donde:

B: Ancho de banda en Hertzios.

La potencia suele expresarse en decibelios relativos a 1 milivatio (dBm), suponiendo una carga de 50 ohmios. Bajo estas condiciones, a temperatura ambiente estándar (300°K) el ruido vale: (3.3)

$$P_{dBm} = -174 + 10 \log(\Delta f)$$

Donde:

Δf : = f2-f1=Ancho de banda –AB

La anterior relación (3.3) sera utilizada para determinar el ruido térmico presente en el OACS –Tegucigalpa.

Al ruido térmico se le denomina ruido blanco, lo que significa que su densidad espectral de potencia es casi plana en un ancho de banda determinado.

Ahora introducimos el término denominado Figura de Ruido (NF-siglas en ingles) que se define como:

“La diferencia en decibelios entre la salida de ruido del receptor real a la salida de ruido de un receptor “ideal” con la misma ganancia y ancho de banda”, en otras palabras es la calidad o capacidad que tiene un receptor de distinguir una señal con respecto al ruido.

La Figura de Ruido (NF) está dada por la siguiente relación: (3.4)

$$P_{ruidoreceptor (dB)} = P_{ruidotermico (dB)} + 10 \log_{10} (10^{\frac{NF}{10}} - 1)$$

Y su correspondiente en watts (3.5)

$$P_{ruidoreceptor(watt)} = P_{ruidotermico(watt)} (10^{\frac{NF}{10}} - 1)$$

Otra forma de calcular la Figura de Ruido NF es a través del llamado método de la Ganancia, el cual se describe como sigue: (3.6)

$$NF = P_{Nout} - (-174dBm/Hz + 10 * \text{Log}_{10}(BW) + \text{Gain})$$

Donde:

NF: Figura de Ruido

PNout: Potencia de Ruido medido en el receptor en dBm

-174dBm/Hz: Ruido Térmico a 290°K (Temp. Ambiente Estandarizada)

BW: Ancho de Banda en Hz

Gain: Ganancia total del sistema (ganancias – Perdidas) en dB.

La anterior relación (3.6) sera utilizada para determinar la capacidad o calidad de nuestro receptor. Otro parámetro importante por definir es la sensibilidad de los equipos receptores (medición), la que se definirá en la sección correspondiente a la descripción de los equipos utilizados.

- Interferencia Radioeléctrica

El efecto de la energía no deseada debido a una o una combinación de las emisiones, radiaciones, inducciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicaciones, que se manifiesta por cualquier degradación del rendimiento, mala interpretación, o la pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada (Artículo 1, 1.166 del Reglamento de Radiocomunicaciones UIT).

- Importancia de la Caracterización del Piso de Ruido

Como ya se ha mencionado, un factor importante para planificar la eficaz utilización del espectro y para el diseño de los sistemas (antenas, receptores, cables, etc.), es la determinación de la calidad de funcionamiento de los mismos, en base a lo descrito en la recomendación de la UIT-R P.372.

En las siguientes figuras (1 y 2), se muestra el efecto de traslape que puede producirse cuando el nivel del piso de ruido excede el nivel adecuado para recibir la información completa de señal analizada.

En la figura 1, se observa una señal recibida en un ambiente de piso de ruido adecuado lo que permite obtener toda la información que esta señal transporta.

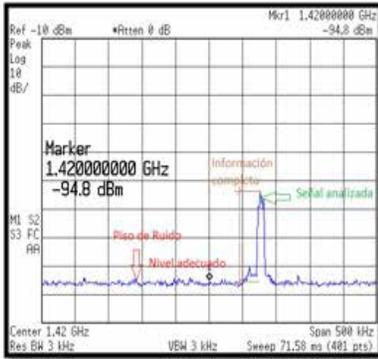


Figura 1 Piso de Ruido, adecuado

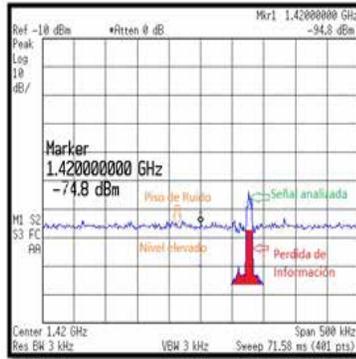


Figura 2 Piso de Ruido, no adecuado

En la figura II, se observa la misma señal recibida en un ambiente de piso de ruido no adecuado, este elevado piso de ruido imposibilita obtener toda la información que esta señal transporta, debido a que el piso de ruido encubrió parte de la información.

- Importancia de la operación libre de Radio-interferencias

En radioastronomía, las frecuencias que contienen la información proveniente de fuentes u objetos celestes puede sufrir perturbaciones o distorsiones debido a radio-interferencias que comprometen la confiabilidad de los datos obtenidos y en el peor de los casos, cuando estas señales interferentes poseen niveles de energía altos pueden destruir y/o anular por completo las señales en estudio debido a los bajos niveles de energía que poseen las señales de fuentes celestes.

La metodología esta constituida por un programa de Investigación, Cronograma de Actividades y un Protocolo de Mediciones.

El programa propuesto para la consecución de este proyecto, se divide en 4 fases, que se completaron en el transcurso de un año, a partir del mes de Junio de 2012, hasta culminar en el mes de Junio de 2013.

Una quinta etapa consta de todo lo relacionado con la elaboración del informe de investigación.

Para la determinación de las fuentes de Ruido e Interferencias Radioelétricas –RFI, se tomaron los datos obtenidos de mediciones en un rango de 3kHz a 3GHz.

Como ya hemos mencionado nuestra frecuencia de estudio es 1420 MHz (21 cm), en esta frecuencia se tomaron datos en distintos anchos de banda a fin de comparar el nivel o Piso de Ruido Térmico característico debido a la temperatura prevaleciente en la ciudad de Tegucigalpa.

Luego de esto se determinó monitorear la frecuencia 1420 MHz en seis Anchos de banda –AB, así como también monitorear esta frecuencia a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz, en base a la Información Suplementaria para la Recomendación ITU-R RA.769-1 y -2, que indica que el valor del Piso de Ruido (RFI Threshold) para estudio radioastronómicos en frecuencia 1420 MHz a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz es de -50.2 dB μ V/m, que equivale a -190.45 dBm.

El valor anterior se obtiene utilizando la relación siguiente: (3.7)

$$P_{(dBm)} = -77.21 + P_{(dB\mu V/m)} - 20 * LOG f(MHz)$$

Donde:

P (dB μ V/m): = -50.2 dB μ V/m; y = 1420 MHz

Esta relación la utilizaremos en lo que se refiere a los valores de intensidad de campo eléctrico existentes en un determinado sitio, y la conversión de estos valores en unidades de decibelio referidos a un (1) miliwatt (dBm).

Equipos Utilizados

Se utilizaron dos conjuntos de equipos anallizadores de espectros para las mediciones de la frecuencia 1420MHz, siendo el primero un conjunto de equipos portátiles (antenas, cables, receptor –analizador de espectros) y el segundo un sistema integrado fijo de uso estándar en la industria de telecomunicaciones y en este tipo de estudios.

- Equipo de Medición #1 (Portátil)

Este equipo está conformado tanto por analizadores de espectro radioelétrico (receptores portátiles) para la medición, recolección de datos, en este caso se utilizaron analizadores de espectro que cubren el rango de frecuencias 9kHz a 26

GHz. Para complementar este equipo se dispuso de tres tipos de antenas con las que se cubrió el rango de frecuencias desde 20 MHz hasta 18 GHz, en la figura 3, se muestra la configuración general del equipo #1.

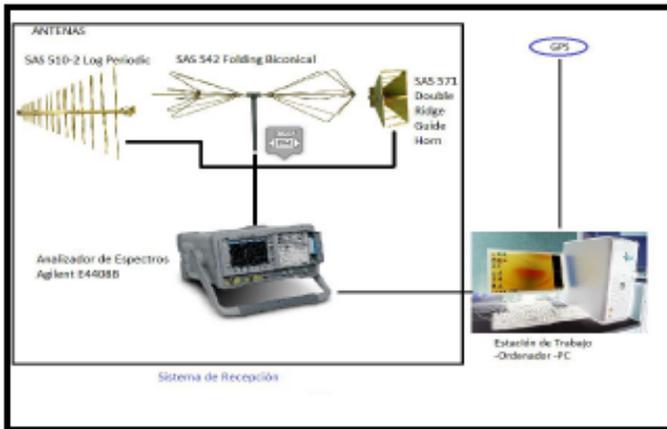


Figura 3 Configuración general del equipo #1;

En base a los parámetros técnicos de operación de este conjunto, determinaremos la Figura de Ruido –NF y la ganancia de antena.

La Figura de Ruido –NF, se obtiene con cualquiera de las relaciones (3.4) o (3.6), tomaremos la relación (3.6)

(3.6)

$$NF = P_{Nout} - (-174dBm/Hz + 10 * \text{Log}_{10}(BW) + \text{Gain})$$

Donde:

NF: Figura de Ruido

P_{NOUT}: Potencia de Ruido en el receptor en dBm: -130 dBm típico para 1420 MHz.

-174dBm/Hz: Ruido Térmico a 290°K (Temp. Ambiente Estandarizada)

BW: Ancho de Banda en Hz

Gain: Ganancia total del sistema (ganancias – Perdidas) en dB: (5.5 – 0.5) = 5 dB

La Ganancia de antena se obtiene de la curva de desempeño de la antena Log Periódica siendo esta de 5.5 dB.

Las pérdidas debidas a cables conectores se determinaron pruebas de laboratorio obteniendo como resultado 0.5 dB.

La sensibilidad de este sistema de recepción está dada por la siguiente relación:

Con lo que obtenemos una NF= 39 dB, para el equipo #1.

Para obtener la sensibilidad total del sistema tenemos la siguiente relación:

(4.1)

$$S_{sys} = kTB + NF - G_{sys} + SN$$

Dónde:

S_{sys} = Sensibilidad del Sistema en dBm

kTB = Piso de Ruido del Receptor en dBm: -174dBm/Hz

NF = Figura de Ruido del Sistema en dB: 39

G_{sys} = Conjunto de pérdidas y ganancias de los elementos del sistema: 5 dB

SN = Relación Señal/Ruido requerida para la detección de una señal (en dB): 10 dB

Con lo que obtenemos una sensibilidad del equipo #1 (S_{sys})= -130 dBm, para el equipo #1, tal como lo especifica el fabricante.

Los datos obtenidos el día 22 de junio del año 2012, con el equipo arriba descrito apporto una inequívoca justificación y necesidad de utilizar equipos de mayor eficiencia con respecto a los arriba descritos, con una mucho mejor sensibilidad del sistema de recepción y de esta manera ser capaz de detectar emisiones de señales en frecuencia 1420 MHz.

- Equipo de Medición #2

Este equipo está conformado tanto por estaciones fijas, remotas y móviles para la medición y recolección de datos, siendo los equipos idénticos entre sí. Entre los componentes de este equipo mencionar de manera básica que cuenta con procesadores de espectros de frecuencias, su propia antena integrada de varios elementos, cableado, ordenadores y servidores de gestión de varios procesos relacionados con la supervisión del espectro RF.

En la figura 4, se muestra los componentes del equipo #2, en el cual se observa un procesador de espectros, una antena y un ordenador (Personal Computer –PC).

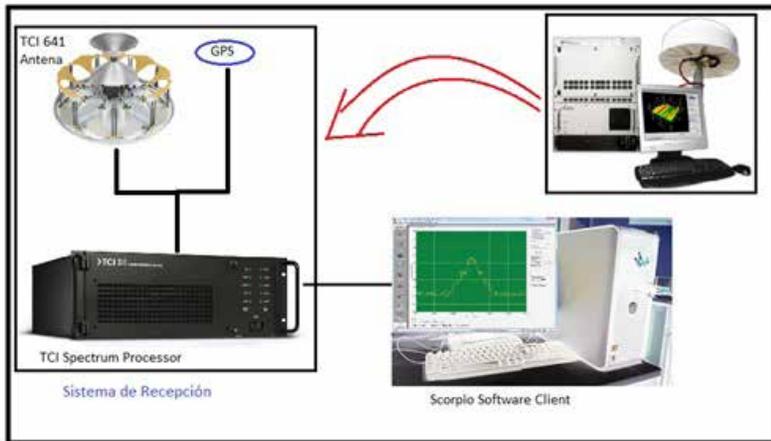


Figura 4 Configuración general del equipo #2

Para definir la sensibilidad de este sistema de recepción, primero determinamos el valor correspondiente en dBm de la sensibilidad del procesador de espectros (-18 dBμV/m@ 1 GHz y -11 dBμV/m@ 2 GHz), por lo que interpolamos para obtener el valor correspondiente a 1.420 GHz, con resultado de -15.06 dBμV/m@ 1.420 GHz, y su valor en dBm es definido por:

$$P_{(dBm)} = -77.21 + P_{(dB\mu V/m)} - 20 * LOG f(MHz) + G_{Ri} \tag{4.2}$$

Donde:

P (dBm): = Potencia: Sensibilidad del Procesador de Espectros

P ($dB\mu V/m$): -15.06

f (MHz)= 1420 MHz

G (Ri)=Ganancia de antena (isotrópica)

Siendo la sensibilidad del procesador de espectros en dBm de -155.31 dBm.

Para la Ganancia de antena (isotrópica) también realizamos interpolación entre los valores de 2 dB @20 MHz y 9dB @ 3000 MHz, cuyo valor es de 5.29 dB.

Teniendo este dato del procesador, ahora calculamos su NF.

La Figura de Ruido –NF, se obtiene por la relación (3.6)

(3.6)

$$NF = P_{Nout} - (-174dBm/Hz + 10 * \log_{10}(BW) + G_{Ri})$$

Donde:

NF: Figura de Ruido

P_{Nout} : Potencia de Ruido en el receptor en dBm: -155.31 dBm típico para 1420 MHz.

-174dBm/Hz: Ruido Térmico a 290°K (Temp. Ambiente Estandarizada)

BW: Ancho de Banda en Hz

Gain: Ganancia total del sistema (ganancias – Perdidas) en dB: (5.29 – 0.5) = 4.79 dB

Las pérdidas debidas a cables conectores se determinaron pruebas de laboratorio obteniendo como resultado 0.5 dB.

La sensibilidad de este sistema de recepción está dada por la siguiente relación: Con lo que obtenemos una NF= 13.9 dB, para el equipo #2.

Para obtener la sensibilidad total del sistema tenemos la siguiente relación:

(4.1)

$$S_{sys} = kTB + NF - G_{sys} + SN$$

Dónde:

S_{sys} = Sensibilidad del Sistema en dBm

kTB = Piso de Ruido del Receptor en dBm: -174dBm/Hz

NF = Figura de Ruido del Sistema en dB: 13.9

G_{sys} = Conjunto de pérdidas y ganancias de los elementos del sistema:
4.79 dB

SN = Relación Señal/Ruido requerida para la detección de una señal (en dB): 10 dB

Con lo que obtenemos una sensibilidad (S_{sys})= -154.89 dBm, para el equipo #2.

- Lugar o Ubicación de las mediciones

Los datos fueron obtenidos en la ciudad de Tegucigalpa que pertenece al municipio del Distrito Central adscrito al departamento de Francisco Morazán, HONDURAS.

Específicamente se tomaron datos en dos ubicaciones, que a continuación se detallan:

- En las instalaciones del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa –OACS y sus alrededores, siendo sus coordenadas las siguientes:

Long: 87° 9'32.78"O

Lat: 14° 5'14.33"N

- En las instalaciones de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, ubicadas en Col. Modelo, 6ta. Ave. S.O., así como en sus alrededores. siendo sus coordenadas las siguientes:

Long: 87°13'39.65"O

Lat: 14° 3'25.83"N

Discusión de Resultados

- Análisis: Origen de Fuentes de Ruido en Radiofrecuencia 1420 MHz

El estudio en la primera etapa, tiene el objeto de determinar las probables fuentes de emisiones en radiofrecuencia desde 3kHz hasta 3 GHz en esta ubicación, mismas que de existir podrían interferir las señales eléctricas. Iniciamos este estudio con un monitoreo del espectro, el día 22 de Junio de 2012, desde las 1:45 pm hasta las 4:00pm, ubicándonos en la calle de acceso al OACS (Ver figura 5).

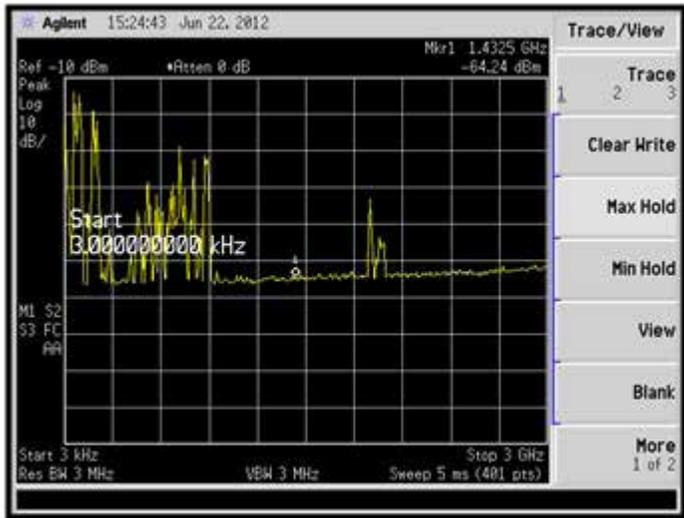


Figura 5 Identificación de Fuentes de emisiones radioeléctricas

Las posiciones geográficas de las fuentes de emisiones radioeléctricas presentes en el OACS y alrededores se muestran en la figura 6, cuya nomenclatura es:

OACS: Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa

CCG: Cerro Cantagallo, a 67°

CT: Cerro Triquilapa, a 82°

PM: Punto de Medición

CDENEE: Centro de Despacho Empresa Nacional de Energía Eléctrica

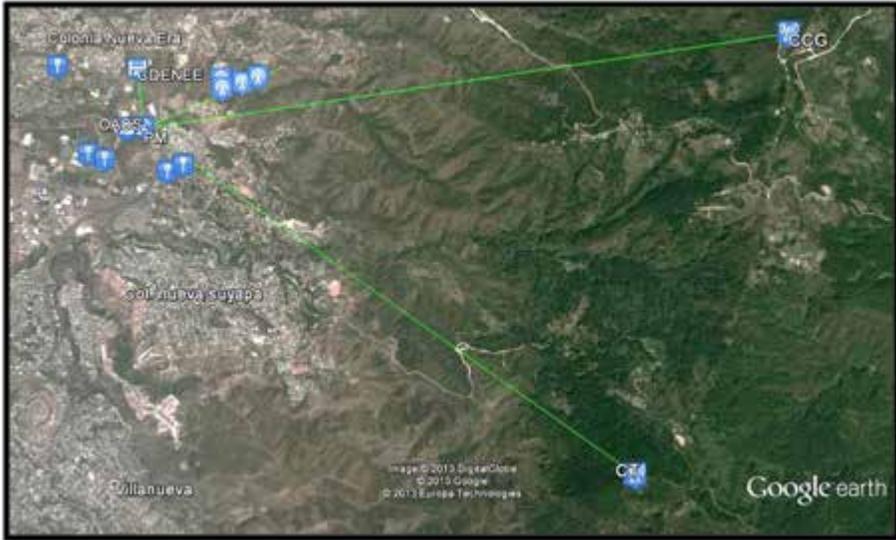


Figura 6 Mapa Identificación de Fuentes de emisiones radioeléctricas
Crédito: Google Inc.; Image Digital Globe; Europa Tech.

Se determinó que las fuentes de emisiones radioeléctricas que contribuyen a elevar el Piso de Ruido y/o a generar o emitir alguna señal interferente son las que se listan a continuación:

1. A 67°: Varios Transmisores de AM (Amplitud Modulada), ubicados en Colonia La Era.
2. A 82°: Varios Transmisores de FM (Frecuencia Modulada) y de TV, en Cerro Cantagallo.
3. A 125°: Varios Transmisores de FM (Frecuencia Modulada) y de TV, en Cerro Triquilapa.
4. A 235°: Transmisor de TV, en la U.N.A.H.
5. A 355°: Central de Distribución de Energía eléctrica E.N.E.E., Centro de Despacho.

En este punto analizamos el valor de Ruido Térmico a un ancho de Banda de 3 GHz, el cual es debido a la temperatura ambiente de Tegucigalpa, del que se toma el promedio en un periodo de un año y los resultados se muestran en la tabla 1, el cual se compara con el Ruido Total, con el objeto de obtener la diferencia del valor de las contribuciones de Ruido Radioeléctrico a un AB de 3GHz.

Tabla 1. Determinación de Ruido Térmico en Tegucigalpa, @ 3 GHz.

Año	Mes	TEMPERATURA			Ruido térmico (dBm) @3 GHz		
		T Prom Diurno	T Prom Noche	T Prom Día	Max	Min	Promedio
2012	Junio	28.20	18	23.1	-79.04	-79.19	-79.11
2012	Julio	27.90	18.2	23.05	-79.04	-79.18	-79.11
2012	Agosto	28.90	17.9	23.4	-79.03	-79.19	-79.11
2012	Septiembre	28.50	17.5	23	-79.03	-79.20	-79.11
2012	Octubre	27.30	17	22.15	-79.05	-79.20	-79.13
2012	Noviembre	25.10	15.7	20.4	-79.08	-79.22	-79.15
2012	Diciembre	26.90	14.9	20.9	-79.06	-79.23	-79.14
2013	Enero	25.80	15.9	20.85	-79.07	-79.22	-79.15
2013	Febrero	29.00	13.4	21.2	-79.03	-79.26	-79.14
2013	Marzo	29.00	16.2	22.6	-79.03	-79.21	-79.12
2013	Abril	31.40	18.1	24.75	-78.99	-79.19	-79.09
2013	Mayo	29.60	18.2	23.9	-79.02	-79.18	-79.10
2013	Junio	27.80	18.4	23.1	-79.04	-79.18	-79.11
	Promedio	28.11	16.88	22.49	-79.04	-79.20	-79.12

La figura 7, muestra un gráfico de los valores mensuales del Ruido Térmico presente en Tegucigalpa.

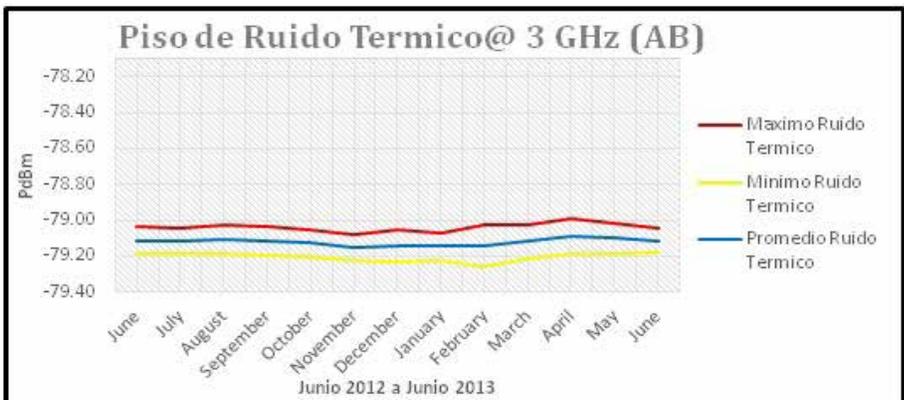


Figura 7 Variación anual del Piso de Ruido Térmico @ AB: 3 GHz

La figura 8, muestra un gráfico comparativo de los valores del Piso de Ruido Térmico y el Ruido Total presente en el OACS.

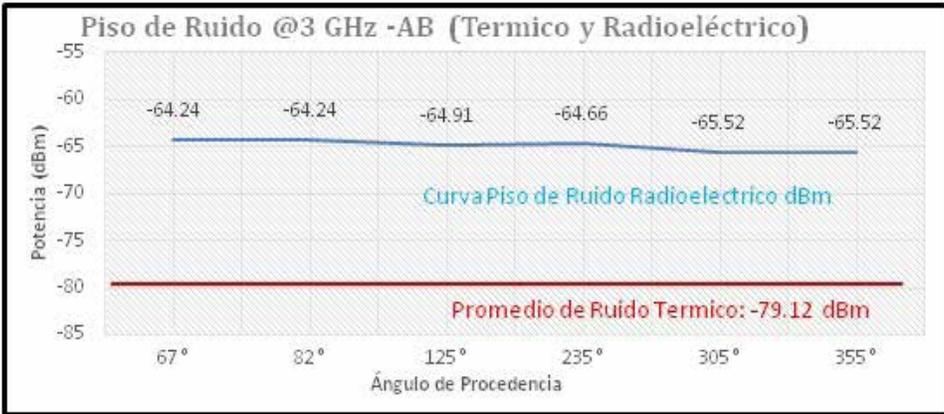


Figura 8 Comparación entre Ruido Térmico y Ruido Total @ AB: 3 GHz

En vista que el valor teórico del Ruido Térmico en Tegucigalpa, supera por mucho la sensibilidad del equipo #1, esta situación nos permite hacer un cálculo del efecto del Ruido Radioeléctrico total a un Ancho de Banda –AB de 3 GHz, siendo que el promedio de Ruido Total es de -64.85 dBm y nuestro Ruido térmico teórico a un AB de 3 GHz es de -79.12 dBm (obtenido por las relaciones 2 y 3), podemos calcular que la contribución del Ruido Radioeléctrico (Ruido Total - Ruido Térmico) a un –AB de 3 GHz es de 14 .27 dB, en el OACS.

- Ruido Térmico Característico en Tegucigalpa

Primeramente se determinó el valor de piso de ruido térmico característico de la ciudad de Tegucigalpa, a fin de obtener los valores debidos a la temperatura ambiente característica en la ciudad de Tegucigalpa y tomando como base el valor promedio.

Luego, para una mejor visualización de los datos contenidos en la tabla 1, en la figura 9, se presenta el gráfico comparativo de las curvas de Piso de Ruido Térmico Estandarizado Internacional y el Piso de Ruido Térmico medido en la ciudad de Tegucigalpa.

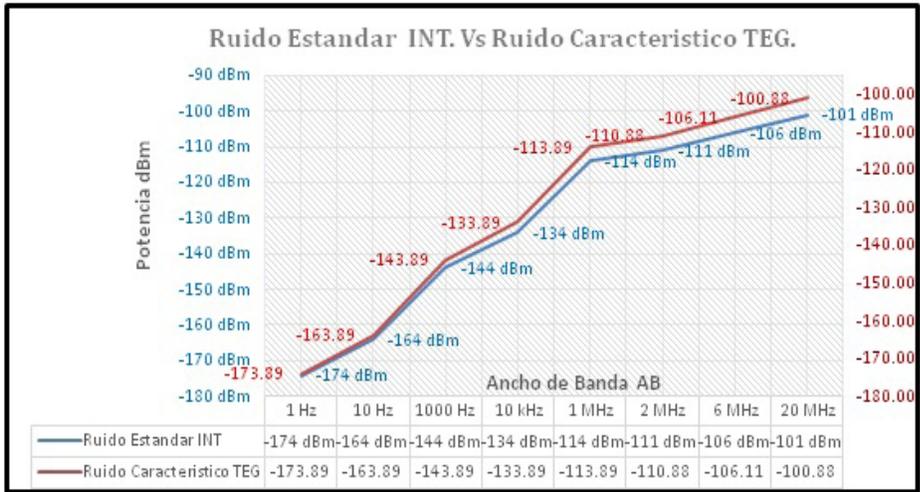


Figura 9. Piso de Ruido (Estandarizado Vs. Prevalciente en Tegucigalpa)

Este análisis, nos muestra que el ruido térmico característico en Tegucigalpa debido a la temperatura ambiente propia de la ciudad, es de aproximadamente 0.11 dB por encima del Ruido Térmico Estandarizado internacional.

- Análisis: Estudio de Caracterización de Piso de Ruido en 1420 MHz

En este análisis tomamos como referencia la recomendación de la UIT-R RA.769-1 y 2, la que indica que el Piso de Ruido Total en la frecuencia 1420 MHz, a un Ancho de Banda de 20 kHz, debe tener un valor de aproximadamente -190 dBm.

Para poder analizar los datos obtenidos a través de este equipo, es necesario hacer ciertas conversiones entre unidades de medición radioeléctrica, para los cálculos se utiliza la siguiente relación:

$$P_{(dBm)} = -77.21 + P_{(dB\mu V/m)} - 20 * LOG f(MHz) + G_{Ri} \tag{4.2}$$

Donde:

P (dBm): = Potencia medida (conversión)

P (dBμV/m): Medición dada por el equipo

$$f \text{ (MHz)} = 1420 \text{ MHz}$$

$$G \text{ (Ri)} = \text{Ganancia de antena (isotrópica)} - \text{perdidas (5.29 - 0.5) dB}$$

Los resultados del proceso de datos se detallan en la Tabla 2:

Año	Periodo	Horario de monitoreo	Temperatura Promedio/Jornada		Condiciones Radioeléctricas Ancho de Banda -AB- en kHz Nivel de Ruido medido en (dBm)						
			Día/Noche/ Mixto	Grados (°C)	Grados (°K)	6.25 kHz	12.5 kHz	20 kHz	30 kHz	100 kHz	300 kHz
2012	Julio	Diurna	27.9	301.05	-150.47	-141.47	-140.47	-138.47	-131.47	-128.47	-123.47
	Julio	Diurna	27.9	301.05	-148.47	-144.47	-138.47	-134.47	-130.47	-127.47	-122.47
	Julio	Mixta	23.05	296.2	-149.47	-146.47	-141.47	-136.47	-131.47	-128.47	-124.47
	Agosto	Diurna	28.9	302.05	-150.47	-147.47	-142.47	-139.47	-134.47	-129.47	-124.47
	Septiembre	Nocturna	17.5	290.65	-149.47	-146.47	-141.47	-137.47	-133.47	-130.47	-125.47
	Octubre	Diurna	27.3	300.45	-150.47	-147.47	-142.47	-137.47	-134.47	-129.47	-127.47
	Octubre	Diurna	27.3	300.45	-149.47	-148.47	-145.47	-140.47	-136.47	-131.47	-127.47
	Noviembre	Mixta	20.4	293.55	-149.47	-146.47	-140.47	-137.47	-134.47	-129.47	-127.47
	Noviembre	Diurna	25.1	298.25	-150.47	-146.47	-142.47	-138.47	-135.47	-131.47	-128.47
	Diciembre	Diurna	26.9	300.05	-152.47	-151.47	-145.47	-140.47	-136.47	-132.47	-128.47
2013	Enero	Diurna	25.8	298.95	-152.47	-151.47	-147.47	-142.47	-137.47	-134.47	-129.47
	Febrero	Mixta	21.2	294.35	-151.47	-150.47	-146.47	-141.47	-137.47	-134.47	-131.47
	Marzo	Mixta	22.6	295.75	-150.47	-145.47	-141.47	-138.47	-136.47	-132.47	-128.47
	Abril	Diurna	31.4	304.55	-149.47	-145.47	-141.47	-137.47	-136.47	-130.47	-126.47
	Mayo	Mixta	23.9	297.05	-151.47	-147.47	-144.47	-140.47	-138.47	-136.47	-131.47
	Junio	Diurna	27.8	300.95	-149.47	-144.47	-141.47	-138.47	-134.47	-131.47	-127.47
Total	12 meses	Promedios	25.31	298.46	-150.34	-146.97	-142.72	-138.72	-134.97	-131.15	-127.15

Tabla 2. Piso Ruido Total en Tegucigalpa

- Nivel de Piso de Ruido Característico en 1420 MHz

El análisis inicia con el contenido de la tabla 2, que representa el ruido presente debido a las condiciones radioeléctricas, detectadas con el equipo #2 con Figura de Ruido NF (13.9 dB).

En la figuras 10, se presentan el gráfico correspondiente del Piso de Ruido Total a un Ancho de Banda de 20 kHz.

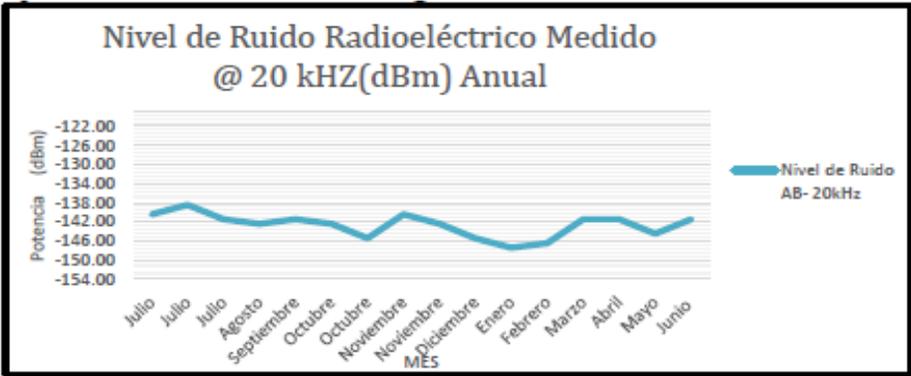


Figura 10. Piso de Ruido Total @ AB: 20 kHz

La figura 11, presenta el exceso de Ruido Radioeléctrico en referencia a la sensibilidad del sistema (-154.89 dBm), donde se hace énfasis en el resultado obtenido a un AB de 20 kHz, en base a la recomendación UIT-R RA.769-1 y 2.

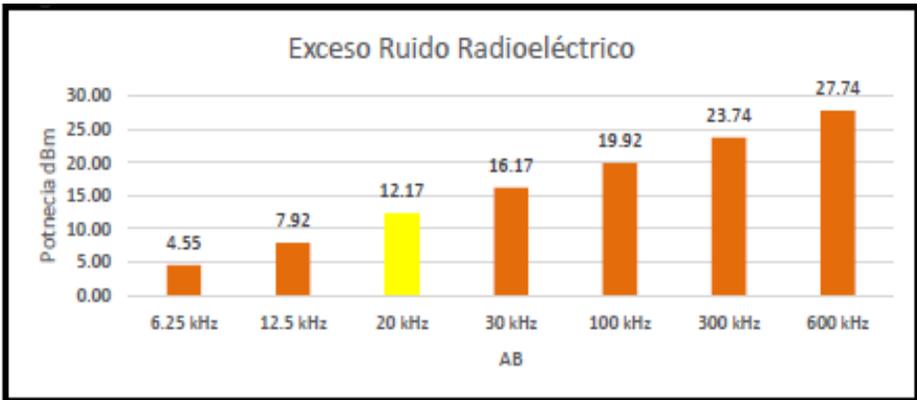


Figura 11. Exceso de Ruido Radioeléctrico/AB

Durante este estudio se detecto una señal originada por la actividad solar ocurrida el Dia 22 de Mayo de 2013 a las 13:10 horas UTC y la discusión sobre los importantes hechos referentes a la señal detectada, se presentan a continuación en la tabla 3, donde se detallan sus características (parámetros) radioeléctricas propias, así como los parámetros del ambiente radioeléctrico en el que se encuentra.

Ancho de Banda(canal) kHz	Ancho de Banda (señal) kHz	Nivel pico de Señal dBm	Piso de Ruido promedio dBm	Nivel de Ruido máximo dBm	Pico de señal Vs. Nivel máximo de Ruido dB.
20	0.21 (210 Hz)	-120	-142	-130	10

Tabla 3. Parámetros radioeléctricos de las señal detectada en 1420 MHz

En la figura 12, se muestra de forma gráfica las implicaciones y efectos potencialmente dañinos del Piso de Ruido sobre la señal detectada en 1420 MHz.

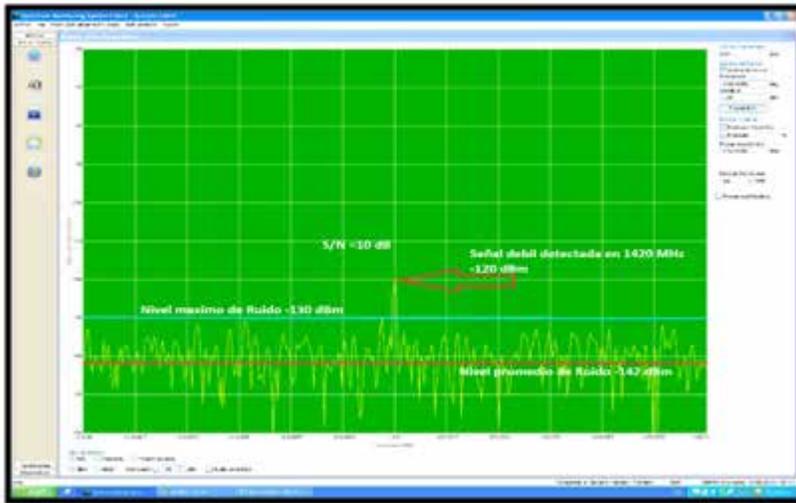


Figura 12. Señal detectada en frecuencia 1420 MHz
Espectro #3: frecuencia 1420 MHz, Ancho de Banda: 20 kHz

Conclusiones

Del análisis y discusión de los datos obtenidos en el periodo comprendido entre los meses de Junio de 2012 a Junio de 2013, referentes a la Caracterización de las condiciones Radioeléctricas en Frecuencia 1420 MHz (λ : 21 cm), para la ciudad de Tegucigalpa, F.M., HONDURAS, específicamente en la ubicación del

Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa –OACS, las siguientes conclusiones de este estudio son:

Conclusiones Generales

- Se comprobó que la ubicación del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), presenta un exceso de Piso de Ruido de 12.17 dB por sobre la sensibilidad del equipo, no obstante, señales de fuentes como el Sol y la Vía Láctea, son factibles de ser recibidas con cierta confiabilidad, dependiendo del equipo a disponer.
- En los alrededores del OACS existen fuentes de emisiones radioeléctricas, estas fuentes de emisiones radioeléctricas se listan en seguida:
 - Una central de distribución eléctrica;
 - Varios Transmisores de Radiodifusión en AM, ubicados en Col. La Era.
 - Varios transmisores de Radiodifusión en FM de Televisión Analógica y Digital y otros servicios de telecomunicaciones, ubicados en el cerro Cantagallo.
 - Varios transmisores de Radiodifusión en FM de Televisión Analógica y Digital y otros servicios de telecomunicaciones, ubicados en el cerro Triquilapa.
 - Varios Transmisores de servicios de telecomunicaciones (TV Digital, Telefonía móvil, Espectro ensanchado, WiFi), ubicados en los alrededores del OACS.
- Se comprobó que durante la investigación no hubo interferencias radioeléctricas de origen humano, en frecuencia 1420 MHz.
- Se detectó una señal en 1420 MHz producto de la actividad solar (Máximo Solar), el día 22 de Mayo de 2013, a las 07:10a.m. hora local (13:10 UTC), esta señal tuvo la suficiente intensidad de tal modo que superó los efectos enmascaradores del exceso de Ruido presente en el OACS.

Recomendaciones

Sobre tipos, tamaños de Radiotelescopios y rangos de frecuencias que se pueden implementar en el OACS.

Tomando en consideración las conclusiones de este estudio, los costos y rangos de frecuencias atribuidos para la Radioastronomía en Honduras se puede recomendar la implementación de los siguientes tipos de radiotelescopios:

- Radiotelescopios de tipo parabólicos para estudios de ondas:
 - Métricas
 - Decimétricas
- Radiotelescopios de tamaño:
 - De 3 a 5 metros de diámetros
- Radiotelescopios en frecuencias de:
 - Desde 13 MHz hasta los 15 GHz, para cada segmento de frecuencia a utilizar se debe planificar el estudio de caracterización Radioeléctrica (RFI).

Bibliografía

- Beaudet, M. Carla; Watts, Galen; Acree, Jeff; Radford, Simon J. E; July 2003. "RFI Survey at the ALMA Site at Chajnantor", ALMA Memo 470. National Radio Astronomy Observatory. USA.
- International telecommunication Union –ITU. (Abril, 2012). Obtenido de: <http://www.itu.int/>
- International Telecommunications Union –ITU. Edición 2011. "Handbook Spectrum Monitoring". Caps. 3, 4 y 5. Ginebra, Suiza.
- Square Kilometer Array –SKA. (Abril, 2012). Obtenido de: <http://www.skatelescope.org/>
- Tarter¹, Jill; Backus¹, Peter; Dreher¹, John; Heiligman², Gary; LaRoque³, Sam¹. Project Phoenix Team. August 2000. "Studies of Radio Frequency

interference at Parkes Observatory". 1 SETI Institute CA; 2 Sterling Federal Systems CA; 3 Cornell University NY. USA.

- Working Group on RFI Measurements. May 2003. "*RFI Measurements Protocol for Candidate SKA Sites*", Square Kilometer Array. AU & SAR.

CIENCIA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Distribución Geoespacial de los Espacios Públicos en el Distrito Central de Honduras

Celina Michelle Sosa Caballero

Resumen

El equilibrio territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad del Distrito Central (Tegucigalpa y Comayagüela) y la clasificación de los espacios públicos según el tipo de administración, se analizan en el presente artículo, "Distribución Geoespacial de los Espacios Públicos en el Distrito Central de Honduras", para conocer sobre la disponibilidad de éstos en base a los indicadores de la Agenda 21 Cultural.

Para cumplir con estos objetivos, metodológicamente, se ha hecho uso de las herramientas que proporcionan los softwares de sistemas de información geografía para analizar la concentración y dispersión de la infraestructura cultural, recreativa y deportiva en relación al centro de la ciudad y la clasificación de los espacios públicos según el tipo de administración (pública, privada y sin fines de lucro) para, generar los indicadores sobre la disponibilidad de los espacios públicos.

Del análisis de los mapas se concluye que la mayor parte de las instalaciones son deportivas, existiendo muy poca dotación de instalaciones culturales. Sobre la distribución geoespacial, hay tres tendencias, una, la ubicación de instalaciones deportivas se distribuyen por toda la ciudad, la otra, las instalaciones culturales se concentran en torno al centro de la ciudad y la tercera, la poca disponibilidad de parques y plazas residenciales donde los vecinos de una colonia o barrio puedan realizar sus actividades de recreación.

Palabras Claves: Distribución Espacial, Espacios Públicos, Infraestructura cultural, Infraestructura Recreativa.

Abstract

The territorial balance of the recreational and cultural offer of the Distrito Central city (Tegucigalpa y Comayagua) and the classification of the public spaces according

the administration type, are analyze in the article “Geospatial Distribution of the Public Spaces in the Distrito Central of Honduras”, to now of the availability of the public spaces of the 21 Cultural Agenda.

To get to the objective, methodologically, with the tools of the softwares of geographic system information for analyze the concentration and dispersion of the cultural, recreation and sport infrastructure in relation to the center or the city to make the classification of the public spaces according the type of administration (public, private and nonprofit) and with that generate the indicators of the availability of public spaces.

Of the analysis of the maps concludes that the most part are sport installation, there are less appropriations of cultural installation. About the geospatial distribution, there are three tendencies, one, the location of sport installation are distributed throughout the city, the cultural installation are concentrate in the center of the city and third, the limited availability of parks and residential places where residents of a neighborhood to make their recreation.

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

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

Introducción

El equilibrio territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad del Distrito Central (Tegucigalpa y Comayagüela) y la clasificación de los espacios públicos según el tipo de administración, se analizan en el presente artículo, “Distribución Geospacial de los Espacios Públicos en el Distrito Central de Honduras”, para conocer sobre la disponibilidad de los espacios públicos en base a la Agenda 21 Cultural.

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

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

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

Con el objetivo de analizar el equilibrio territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad del Distrito Central de Honduras, el estudio se concentra en dos indicadores de la Agenda 21 cultural: en el tema de infraestructura cultural y

prácticas culturales, se trabaja el indicador sobre diversidad de la oferta cultural y equipamientos y, en el tema de cultura, territorio y espacio público, el indicador sobre equilibrio territorial de la oferta cultural de la ciudad .

Metodología

A partir de la literatura revisada, se identificaron las categorías de clasificación de la infraestructura de espacios públicos de la ciudad del Distrito Central; las fuentes consultadas son: Sistema Nacional de Cultura, Informe Honduras de la Organización de Estados Iberoamericanos, , Mapa de Tegucigalpa sitios de interés del Instituto Hondureños de Turismo (sin fecha, ni escala); Informe de actividades 2010 Presupuesto y Plan de Trabajo – 2011 del Departamento de Deportes del AMDC, Google Earth, Google Mapas, Visitas de Campo.

Con la información obtenida de estas fuentes se crearon las bases de datos que contiene la clasificación de la infraestructura de los espacios públicos. Esta base se dividió en dos aspectos: una que maneja los datos geoespaciales (coordinadas UTM) de la infraestructura encontrada y la otra información del área en m² que tiene la infraestructura deportiva.

Para el logro del objetivo se diseñó un procedimiento metodológico, que con la ayuda de herramientas de sistemas de información geográfica se pudiera hacer los cálculos y localización de las categorías que comprenden los indicadores de la Agenda 21 Cultural. El procedimiento consiste en las siguientes fases:

- Cálculo y representación cartográfica de los indicadores sobre la disponibilidad de espacios públicos en base a la Agenda 21 Cultural: Se realizó el cálculo de la distancia, con la herramienta buffer, usando como referente la plaza central para identificar el patrón de la dispersión–concentración de los tipos de instalaciones, para conocer la distancia de las instalaciones en relación al centro de la ciudad
- Análisis del equilibrio territorial de la oferta de los parques de la ciudad del Distrito Central de Honduras: Se hizo un cálculo con la herramienta buffer, de la distribución espacial de la infraestructura de los parques en relación a las aéreas de residencia de la ciudad.
- Análisis de la distribución de los Espacios Públicos de la Ciudad del Distrito Central de Honduras: Análisis de las categorías en que se ha clasificado la infraestructura según el tipo de actividad y su naturaleza pública, privada y sin fines de lucro.

Resultados

Los resultados encontrados se han analizado en cinco categorías, la primera, característica y distribución de los espacios públicos de la ciudad del Distrito Central de Honduras donde se identifican el tipo de instalaciones de la infraestructura de espacios públicos, la segunda, distancia en relación al centro de la ciudad donde se analiza la concentración y dispersión de la infraestructura cultural, recreativa y deportiva en relación al centro, la tercera, distribución de los parques en relación a las zonas residenciales donde se analiza la distancia existente entre los parques y las zonas residenciales, la cuarta, clasificación de la infraestructura de la oferta cultural y recreativa según tipo de administración donde se clasifica la infraestructura de los espacios públicos según el tipo de administración y la quinta, indicadores de la Agenda 21 Cultural, donde se analiza sobre la disponibilidad de los espacios públicos.

- **Características y distribución geoespacial de los espacios públicos de la ciudad del Distrito Central de Honduras.**

Se ha identificado y clasificado el tipo de instalaciones de la oferta cultural y recreativa de la ciudad, obteniendo un total de 365 instalaciones, donde el 31.51% corresponde a canchas de baloncesto, el 22.74% corresponde a canchas de Fútbol de colonia o barrio, el 17.26% corresponde a canchas de futbolito privadas, y las instalaciones con valores relativos más bajos corresponden a canchas de beisbol, complejos deportivos, estadios, canchas privadas y teatros (ver tabla 1).

Tipo de Infraestructura	Absoluto	Relativo
Bibliotecas	15	4.11
Canchas de Fútbol de Colonia o Barrio	83	22.74
Canchas de Fútbol Privadas	63	17.26
Canchas de Béisbol	2	0.55
Canchas de Baloncesto	115	31.51
Canchas Privadas	22	6.03
Cines	7	1.92
Complejos Deportivos	3	0.82
Estadios	3	0.82
Museos	13	3.56
Parques	31	8.49
Áreas Protegidas	3	0.82
Teatros	5	1.37
Total	365	100.00

Fuente: Elaboración Propia de Base de datos Marzo – Agosto 2013

Tabla 1: Instalaciones del Equipamiento de la Oferta Cultural y Recreativa de la Ciudad del Distrito Central de Honduras 2013 - 2014

Fuente: Elaboración Propia de Base de datos Marzo – Agosto 2013

- **Distancia en relación al centro de la ciudad**

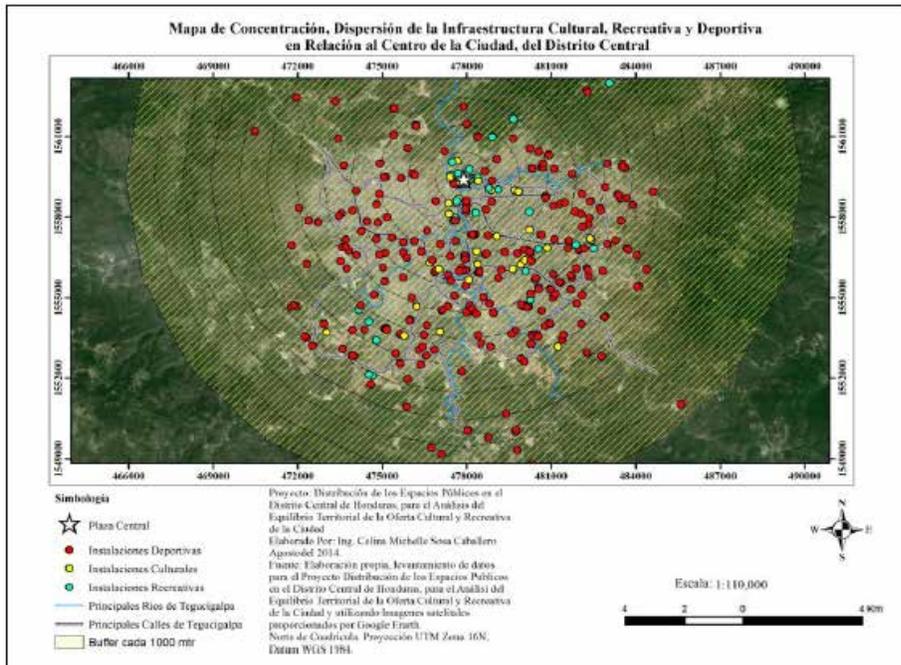
Utilizando herramienta Buffer proporcionadas por los softwares de sistemas de información geográfica se elaboró un mapa (ver mapa 1) para medir la distancia de las instalaciones culturales, recreativas y deportivas existentes en relación al centro de la ciudad, el punto de referencia es la Plaza Central de Tegucigalpa y el rango de medición de distancia, es de 1000m a partir de este punto.

En el mapa se observa que la infraestructura cultural se concentra entre los 1000 y 4000 metros de distancia en relación al centro.

En la infraestructura recreativa existe una concentración entre los 1000 y 2000 metros de distancia en relación al centro, pero también hay otra concentración entre los 3000 y 5000 metros de distancia en relación al centro y una pequeña concentración en la zona suroeste.

La infraestructura deportiva se encuentra dispersa en toda la ciudad, siendo en su mayoría canchas de fútbol de barrios y colonias, canchas de baloncesto y canchas de fútbolito.

Sobre la base de la distribución geoespacial, se identifican dos grandes tendencias: una de concentración de la infraestructura cultural y recreativa en torno al centro de la ciudad y la otra de dispersión de la infraestructura deportiva en toda el área urbana.



Mapa 1: Concentración, Dispersión de la Infraestructura Cultural, Recreativa y Deportiva en Relación al Centro de la Ciudad, del Distrito Central 2013 - 2014

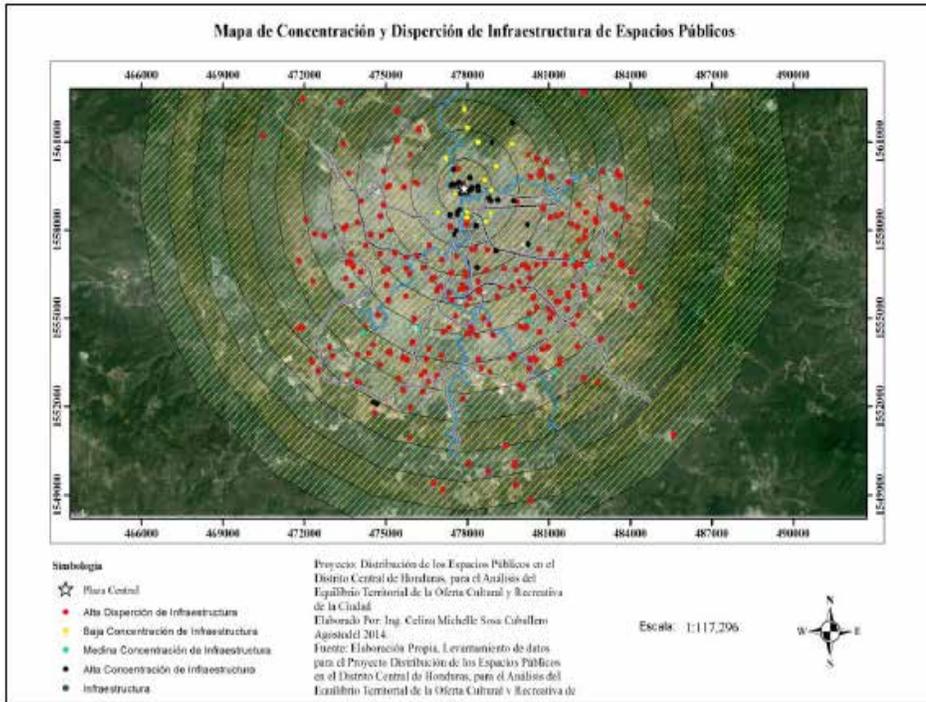
- **Concentración y dispersión de infraestructura de espacios públicos**

Utilizando la herramienta de Análisis de Cluster y de valor atípico (Anselin Local de Moran I) se elaboró un mapa (ver mapa 2) para realizar el análisis específico de la concentración y dispersión de la infraestructura de los espacios públicos

De acuerdo a esta herramienta se puede identificar cuatro patrones: 1) alta dispersión de infraestructura, 2) baja concentración de infraestructura, 3) media concentración de infraestructura y 4) alta concentración de infraestructura.

En el mapa se puede observar que la alta concentración de la infraestructura de espacios públicos se da a una distancia de 2000m de la plaza central, por el contrario, se observa la alta

dispersión de la mayoría de la infraestructura de espacios públicos localizado entre los 3000m y 6000m de la plaza central.

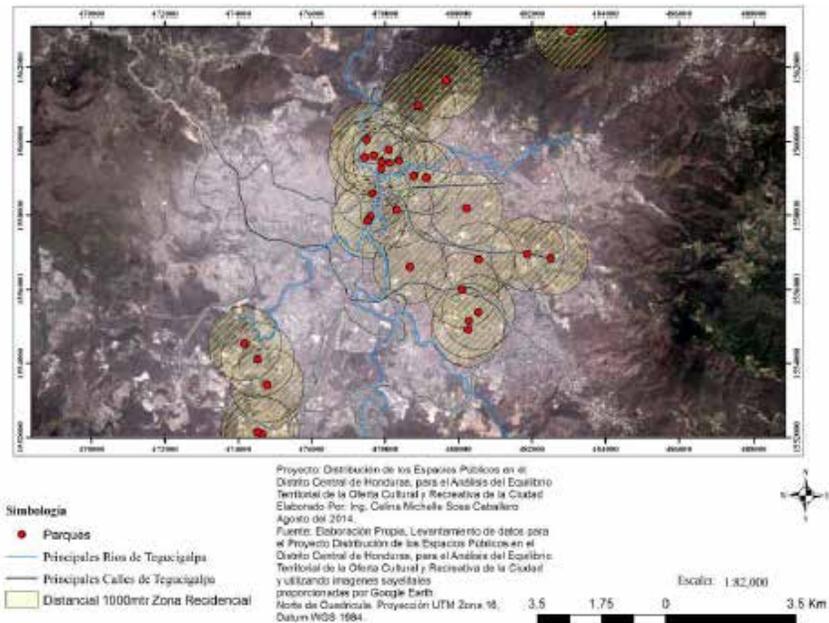


Mapa 2: Concentración y Dispersión de Infraestructura de Espacios Públicos 2013 – 2014

- **Distancia de los parques en relación a las zonas residenciales**

Utilizando la herramienta de buffer de los softwares SIG se elaboró un mapa (ver mapa 3) para medir la distancia de las instalaciones de los parques en relación a las zonas residenciales de la ciudad. Se usa el referente de 1000m de distancia en relación a las residencias.

En el mapa se puede observar que la mayor concentración de los parques es en relación a la zona central de la ciudad, luego se puede ver otra concentración por la zona sureste de la ciudad pero siempre alrededor del centro y se puede ver una pequeña concentración en la zona sureste de la ciudad, el resto de las zonas residenciales no poseen este beneficio público.

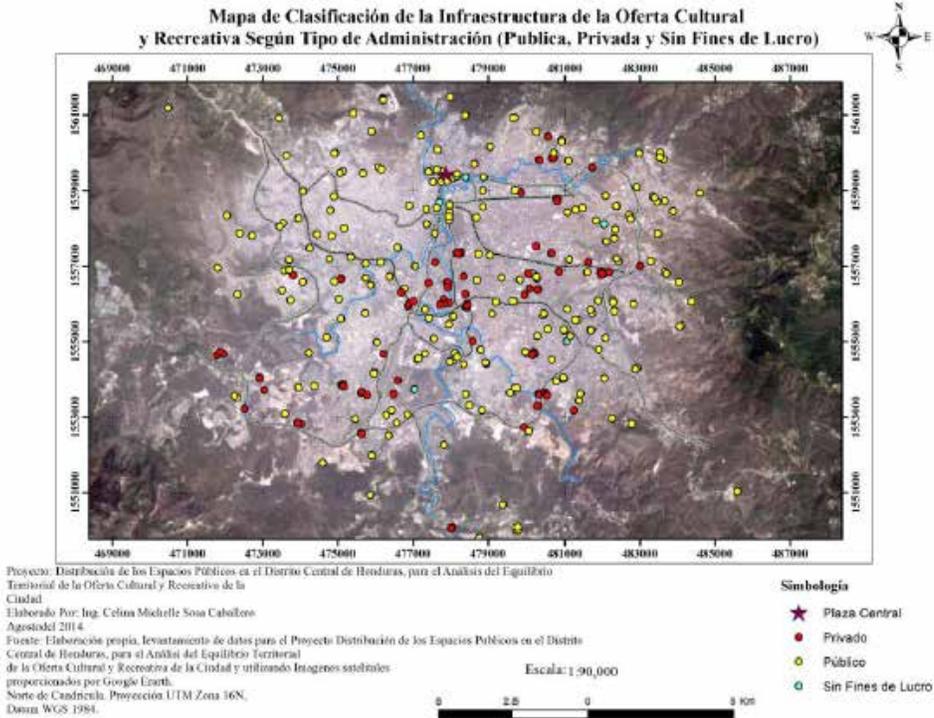


Mapa 3: Distancia de los Parques en Relación a las Zonas Residenciales 2013 - 2014

- **Clasificación de la infraestructura de la oferta cultural y recreativa según tipo de administración (pública, privada y sin fines de lucro)**

Se realizó un mapa de la infraestructura de los espacios públicos según el tipo de administración, la que se clasificó en tres categorías: pública, privada y sin fines de lucro, (ver mapa 4).

En el mapa se puede observar, que la mayoría de la infraestructura de los espacios públicos son administrados por un sector público, hay una parte importante de ellos que son administrados por un sector privado y son muy pocas las infraestructuras administradas por un sector sin fines de lucro.



Mapa 4: Clasificación de la Infraestructura de la Oferta Cultural y Recreativa Según Tipo de Administración (Pública, Privada y Sin Fines de Lucro) 2013 - 2014

• **Indicadores de la agenda 21**

Con el objetivo de analizar el equilibrio territorial de la oferta cultural y recreativa de la ciudad del Distrito Central de Honduras, el estudio se concentra en dos indicadores de la Agenda 21 Cultural: en el tema de infraestructura cultural y prácticas culturales, se traba el indicador sobre diversidad de la oferta cultural y equipamiento y, en el tema de cultural, territorio y espacio público, el indicador sobre equilibrio territorial de la oferta cultural de la ciudad .

Indicador 1: Diversidad de la oferta cultural y deportiva. Los principales contribuyentes en la oferta cultural y deportiva son las instalaciones deportivas con 22.80% de Canchas de Fútbol de Colonia o Barrio; 17.31% con Canchas de Futbolito Privadas y 31.59% con Canchas de Baloncesto (ver Tabla No. 2).

Indicador 2: equilibrio territorial de la oferta cultural y deportiva respecto de la distancia de las instalaciones en relación a la plaza central. Las concentraciones principales se dan entre los 4 y 7 mil metros de distancia de la plaza central de la ciudad, donde se concentra el 60.9% del total de instalaciones.

Distancia respecto de la plaza central	Porcentaje de Instalaciones	Acumulados
1,000	8.5	26.5
2,000	8.8	
3,000	9.2	
4,000	17.6	60.9
5,000	16.9	
6,000	14.4	
7,000	12.0	
8,000	5.6	12.6
9,000	4.6	
10,000	1.4	
11,000	0.4	
12,000	0.7	
	100.0	100

Tabla 2: Número de Instalaciones y Distancia en Relación a la Plaza Central 2013 - 2014

Fuente: elaboración propia en base a base de datos en relación a los mapas de Distancia en Relación al Centro de la Ciudad

Nota: para este cálculo se han excluido los datos de las canchas de los Clubs privados.

Indicador 3: equilibrio territorial según el área de m² de instalaciones de la oferta cultural y deportiva por habitantes. El cálculo de área destinada a instalaciones deportivas en relación a los habitantes de la ciudad en el 2013 y 2014, es una relación de menos de 1m² por habitante y el total del área de uso en deportes alcanza 1,18 m². La referencia normativa encontrada es de 15 m²/Hab. en el Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira. Colombia 2012.

Instalaciones	m ²	m ² /Hab.
Parques	811.830.00	0.73
Canchas de futbolito privadas	47.440.75	0.04
Canchas clubs privados	63.338.00	0.05
Canchas baloncesto	98.446.00	0.08
Canchas futbol colonias y barrios	279.958.00	0.25
Total	1,301.012.06	1.18
Población año 2013	1,101,942	

Tabla 3: m² de Instalaciones Deportivas por Habitantes 2013 - 2014

Fuente: elaboración propia en base a base de datos del cálculo del área de de las instalaciones con los softwares de sistemas de información geográfica.

El dato de población corresponde a la Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples 2013.

Discusión

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

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

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

Conclusiones

En la literatura revisada se plantea que la oferta debe ser diversa y de múltiples expresiones, por ejemplo además de instalaciones deportivas la ciudad

debe de ofrecer espacios culturales tales como: teatros, museos, parque, plazas, cines, bibliotecas o centros de documentación y parques, no obstante, en la ciudad del Distrito Central el 79.9% corresponde a instalaciones deportivas.

Otra premisa de la literatura es sobre la necesidad de una relación más estrecha entre los espacios públicos y los conjuntos habitacionales. En la ciudad del Distrito Central de Honduras esa relación existe principalmente con las canchas de fútbol de las colonias y barrios y con las canchas de baloncesto dispersas en el perímetro urbano con vinculación directa a los barrios y colonias donde se encuentra ubicadas dichas instalaciones, mientras que la infraestructura cultural se concentra en el centro de la ciudad, donde el uso es más comercial que habitacional.

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

- Primero, las instalaciones culturales (teatros, bibliotecas, cines y museos), parques y plazas, se localizan en el centro de la ciudad y sus áreas circundantes.
- Segundo, las instalaciones deportivas están dispersas en toda el área urbanizada.
- Tercero, la ciudad no dispone de parques y plazas accesibles para los vecinos de barrios y colonias, siendo este un déficit muy importante porque supone que la gran mayoría de los habitantes de la ciudad no pueden disfrutar de un espacio público de esparcimiento.

Bibliografía

- Alcaldía Municipal del Distrito Central Departamento de Deportes. (2010). *Informe de Actividades 2010, Presupuesto y Plan de Trabajo -2011*. Tegucigalpa .
- AMDC/BID/EGI. (2000). *Capítulo 6 Espacios Libres i Equipamiento Plan Territorial Tegucigalpa. 2000 - 2015*. Tegucigalpa.
- Bolivar Galvis, A. M., Osorio, L. F., & Lamprea, F. M. (2012). *Espació Publicos y Calidad Urbana en Pereira Visión de una Nueva Ciudad*. Obtenido de http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/1262/Espacio_Publico_y_Calidad_Urbana_en_Pereira.pdf?sequence=1

- Borja, J., & Muxí, Z. (2000). *El Espacio Público, Ciudad y Ciudadanía*. Recuperado el 23 de Enero de 2013, de Pensar Contemporáneo: <http://pensarcontemporaneo.files.wordpress.com/2009/06/el-espacio-publico-ciudad-y-ciudadania-jordi-borja.pdf>
- Caballero Zeitun, E. L., & Zelaya, M. (2009). Centros Comerciales un Nuevo Espacio de Encuentro: Privatización de los Espacios Públicos Áreas de Uso Público en lo Privado. Análisis Económico Posgrado Centroamericano en Economía y Planificación del Desarrollo (POSCAE - UNAH) , 18 - 31.
- CCVAH. (2010). *Agenda de Ordenamiento Territorial del Concejo Centroamericano de Vivivenda y Asentamientos Humanos*. El Salvador.
- Ciudades y Gobiernos Locales Unidos. (2006). *Indicadores Culturales y Agenda 21 de la Cultura*. Barcelona.
- Congreso Nacional de Honduras. (2006). *Ley Marco del Desarrollo Integral de la Juventud*. Recuperado el Febrero de 2013, de Poder Judicial de Honduras: <http://www.poderjudicial.gob.hn/juris/Leyes/Ley%20Marco%20para%20el%20Desarrollo%20Integral%20de%20la%20Juventud.pdf>
- Instituto Hondureño de Turismo. (s.f.). Mapa Tegucigalpa Sitios de Interes. Tegucigalpa, Honduras.
- Instituto Nacional de Juventud. (2010). *Política Nacional de Juventud*. Recuperado el 5 de Febrero de 2013, de Observatorio Social de la Descentralización desde Sociedad Civil: http://www.observatoriodescentralizacion.org/download/pol%C3%ADticas_p%C3%BAblicas/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20la%20Juventud%20Oficial.pdf
- Organización de Estados Iberoamericanos. (2011). *Sistema Nacional de Cultura, Informe Honduras*. Recuperado el 5 de Marzo de 2013, de Organización de Estados Iberoamericanos: <http://www.oei.es/cultura2/honduras/cap7.htm#2>
- PNUD Informe . (2003). *Informe de Desarrollo Humano - Honduras Capitulo 8 Un Nuevo Entorno Formal para la Cultura: Medio y Fin del Desarrollo Humano*. Recuperado el 11 de Febrero de 2013, de UNDP: http://hdr.undp.org/es/informes/nacional/americalatinacaribe/honduras/honduras_2003_sp.pdf
- PNUD. (2009). *Informe Sobre Desarrollo Humano - Honduras De la Exclusión Social a la Ciudadanía Juvenil*. Recuperado el 8 de Agosto de 2013, de UNDP:

http://hdr.undp.org/es/informes/nacional/americalatinacaribe/honduras/INDH_Honduras_2008-2009.pdf

- PNUD. (2006). *Informe Sobre Desarrollo Humano - Honduras Hacia la Expansión de la Ciudadanía*. Recuperado el 6 de Junio de 2013, de UNDP: http://hdr.undp.org/en/reports/national/latinamericathecaribbean/honduras/2006_Honduras_web.pdf;
- Secretaria de Cultura Arte y Deportes. (2012). *Objetivos Estrategicos*. Recuperado el 5 de Mayo de 2013, de Secretaria de Cultura, Arte y Deporte: http://www.scad.gob.hn/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=64

Firmas espectrales de la cobertura de la Tierra, aplicando radiometría de campo. Fase 1: Región 03 occidente de Honduras

Rafael Enrique Corrales Andino
Vilma Lorena Ochoa López

Resumen

La investigación se enmarcó dentro de un proyecto nacional cuyo objetivo general es “Crear un catálogo de firmas espectrales a nivel nacional por regiones (según Plan de Nación/Visión de País) y caracterizar las coberturas de las mismas según el Sistema de Clasificación FAO, utilizando el espectro radiómetro ASD, en las bandas del espectro visible al infrarrojo cercano” para disminuir errores por dispersión atmosférica y partículas en suspensión, así como del aporte radiométrico del suelo. Se partió del hecho que el problema principal es la carencia de una base de firmas espectrales de la cobertura de la tierra, el Proyecto Nacional de Firmas espectrales tiene como Hipótesis General que: Las firmas espectrales de las diferentes coberturas de la tierra, adquiridas en campo con un espectro radiómetro, son semejantes a las firmas espectrales orbitales de la imagen corregida por dispersión de Rayleigh, siempre que la imagen sea de la misma fecha de observación. Como resultados se obtuvieron firmas espectrales de las categorías de las coberturas de la tierra: Bosque de Pino, Matorral, Agricultura, Pastos y Suelo. Para las coberturas con dominancia vegetal se aplicó el índice de vegetación de diferencia normalizada, para identificar la intensidad de biomasa con respecto a las condiciones fenológicas. Al mismo tiempo se realizó un ajuste a las condiciones del suelo, para identificar el aporte que la reflectancia de fondo (suelo) introduce en la firma espectral de la vegetación. En el análisis de la correlación entre la radiometría de la imagen corregida atmosféricamente y la radiometría de campo, realizado con las dos coberturas que presentaron mayor dificultad de separación espectral: Cafetal y Matorral, resulto que la correlación es alta, con un R^2 en ambos casos de 0.99, lo que comprobó la hipótesis planteada. Y se concluyó que las firmas espectrales sirven para calibrar imágenes sin correcciones radiométricas.

Palabras clave: Firmas espectrales, radiometría, NDVI, SAVI, Dispersión de Rayleigh.

Abstract:

The research formed part of a national project whose general purpose is to “Create a spectral signatures catalog nationwide, divided by region (according to National Plan / Country Vision) and characterize land cover according to the FAO classification system, using ASD FieldSpec Handheld with a visible-near infrared (VNIR) range” to reduce errors by atmospheric dispersion and particulate matter as well as ground radiometric contribution. It started from the fact that the main problem is the lack of a spectral library of land cover, the National Project of Spectral Signatures has as general hypothesis that: The spectral signatures of different land cover acquired in field with a spectroradiometer are similar to the orbital spectral signatures of the image corrected by Rayleigh scattering, as long as the image has been acquired at the same observation date. As results, Pine Forest, Thicket, Agriculture, Pasture and Soil spectral signatures were obtained. For dominant vegetable topings Normalized Difference Vegetation Index was applied to identify the intensity of biomass regarding phenological conditions. At the same time an adjustment to soil conditions was performed to identify the contribution of background reflectance (ground) introduced into the spectral signature of vegetation. In the analysis of the correlation between radiometric measures for image corrected atmospherically and field spectroradiometry, perform with both coverage that provided the most difficult separation, cafetal and thicket, they provided a high correlation coefficient, with a R2 of 0.99 in both cases, which proved the hypothesis. The study concluded that spectral signatures are useful to calibrate images without radiometric corrections.

Keywords: spectral signatures, radiometry, NDVI, SAVI, Rayleigh scattering.

Rafael Enrique Corrales Andino (rcorrales@unah.edu.hn), **Vilma Lorena Ochoa López** (vl_ochoa@yahoo.com.mx).Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Introducción

La aplicación de las diferentes técnicas de Teledetección, cada vez más demanda que se trabaje con bases de datos con atributos radiométricos de las diversas coberturas de la tierra y del uso que a estas se le esté dando. En este sentido a continuación se describirán algunas de las técnicas y herramientas que se suelen utilizar para realizar proyectos de teledetección aplicada.

Para tener una visión directa de las características del terreno, es necesario obtener mediciones radiométricas de reflectividad, o firmas espectrales de las distintas coberturas. Esto es muy útil para que el intérprete entienda la información de los datos de Teledetección y el terreno. Como este tipo de datos puede estar afectado por condiciones atmosféricas, se trata de generar la información en la fecha y hora en que el sensor de teledetección captura los datos, también para reducir errores, por la escala de las imágenes en relación con la complejidad del terreno y la diferencia de tiempo entre el trabajo de campo y las fechas de adquisición de las imágenes satelitales.

Honduras no cuenta con una base de datos nacional de firmas espectrales de las diferentes coberturas de la tierra, que permita validar proyectos de teledetección (Percepción Remota). La gran mayoría de los estudios realizados en el país con técnicas y análisis de imágenes satelitales, solo cuentan con radiometría orbital, lo que en muchos casos dificulta la precisión en la clasificación de las coberturas por la influencia negativa de los parámetros atmosféricos y prácticas agrícolas como la quema de bosques, guamiles y pastos, provocando una identificación difusa y aumentando la dispersión de la reflectividad, principal causante de errores y excesiva edición de imágenes satelitales, específicamente de clasificación de coberturas y dinámica de cambios en la cobertura.

Contando con un primer producto de clasificación de coberturas de la tierra y de estudios radiométricos de un sector del Occidente de Honduras, publicado por Pineda de Carías, Ochoa y Corrales (2012), este nos sirvió de punto de partida para iniciar un estudio de firmas espectrales de la cobertura de la tierra, del cual se deriva un catálogo de firmas espectrales.

Entre las muchas aplicaciones de generar un catálogo de firmas espectrales de diversas coberturas del suelo, se citan las más comunes en el ámbito técnico científico (Gerrit F. Epema, 1999), como siguen:

- Establecer relaciones entre reflectividad y características de la cobertura.
- Calcular las correlaciones entre la reflectividad medida sobre el terreno y la obtenida a partir de los niveles digitales (ND). Con lo que podemos calibrar sin correcciones atmosféricas.
- Analizar datos multitemporales. Si se conoce la reflectividad sobre el terreno de diferentes lugares en distintas fechas se puede determinar en qué medida un cambio en la reflectividad puede deberse a un cambio en la propia superficie o en los factores externos como la atmósfera o el ángulo cenital solar.
- Revelar las causas de una reflectividad específica en píxeles homogéneos o heterogéneos. Esto nos permitirá realizar una interpretación más fiable de los tonos de gris y colores de la imagen.
- Calibrar los resultados de modelos basados en valores de reflectividad.
- Detectar la influencia de cambios naturales o artificiales en la cubierta. Por ejemplo cubiertas con alto contenido de humedad o secas. Esta información puede ser muy útil para analizar imágenes de satélite u otro tipo de datos obtenidos a partir de la teledetección que presenten grandes diferencias en cuanto a su contenido en humedad.
- Comprobar modelos de reflectividad, por efecto de la dirección del nadir o por el efecto BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function).
- Examinar la influencia de factores externos: en diferentes condiciones atmosféricas y con diferentes ángulos cenitales solares.

En diferentes proyectos de investigación que se han venido desarrollando en la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES), a través del Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica (DCTIG) y la Maestría en Ordenamiento y Gestión del Territorio (MOGT), se utilizan imágenes satelitales principalmente para realizar análisis de cobertura y uso del suelo y análisis multitemporales, por lo que el catálogo de firmas espectrales a nivel nacional, es una contribución importante para el desarrollo de las investigaciones en el campo de la percepción remota (teledetección) aplicada. Además, la validación del protocolo de trabajo desarrollado por Cáceres (2013), para el Laboratorio de Radiometría del DCTIG de la FACES-UNAH, fue otro aporte importante de esta investigación.

Marco referencial

En Honduras el campo de la Teledetección se venía desarrollando lentamente, pero no fue hasta después del paso del Huracán Mitch que esta tecnología tomó mayor importancia, particularmente en instituciones de gobierno o de cooperación internacional relacionadas con el manejo de los Recursos Naturales. En instituciones como la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente, el Instituto de Conservación Forestal, la Cooperación Alemana Internacional GIZ (por sus siglas en alemán), se han desarrollado proyectos orientados principalmente al análisis de imágenes satelitales para estudiar la cobertura de la tierra y su dinámica de cambio, la gestión del riesgo, y el ordenamiento territorial y la vulnerabilidad (INTELSIG, 2003).

En la FACES, se han desarrollado proyectos de investigación en el campo de la teledetección aplicada, orientados principalmente al análisis de cambio de la cobertura de la tierra, detección de anomalías hidrotermales y al estudio sitios arqueológicos (Corrales, et. al. 2004; Corrales, 2009; Ochoa, 2005; Sánchez Ramos, 2009; Pineda de Carías et. al., 2012; Rodríguez, 2014). Corrales en 2009 y 2010, trabajo en la metodología de captura de reflectancia de diferentes masas vegetales y en el primer catálogo de firmas espectrales de la ciudad universitaria, utilizando el espectro radiómetro JEULIN Radiometer 545031, que trabaja con seis bandas del espectro electromagnético (0.4 – 1.1 μm).

En el año 2010, en el marco del I Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica, realizado en la Ciudad Universitaria/UNAH, se desarrolló el Taller “Sensores Remotos y Radiometría de Campo”, en el cual los participantes fueron capacitados en el uso del espectro radiómetro ASD (Martín y Sánchez, 2010 en faces.unah.edu.hn/ctig/sitios/congreso/programdetal.html).

Marco contextual

La unidad de análisis fue la Región 03 Occidente de Honduras. La Población: lo constituyeron las diferentes Coberturas de la Tierra en la región (Figura 1). Y la Muestra, fue seleccionada en base a los siguientes criterios de prioridad de análisis (PA):

Costo de interpretación espectral, el cual está relacionado con la separabilidad en la clasificación espectral de las diferentes coberturas y usos. Clasificando el nivel en costo bajo, medio y alto.

Presión antrópica, relacionado con la presencia e intensidad de actividades humanas en las coberturas clasificadas, como presión baja, media y alta.

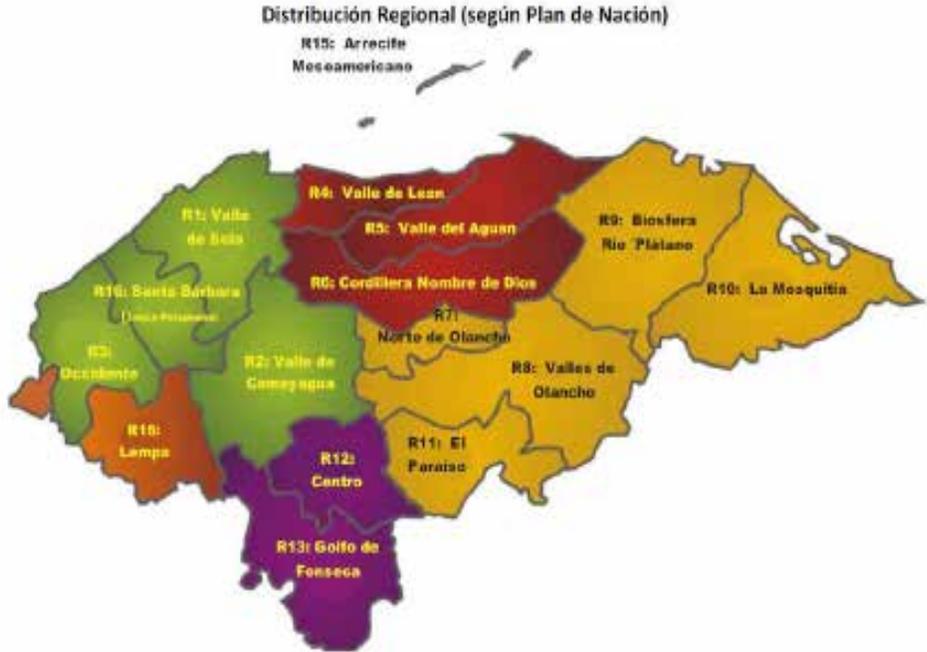


Figura 1. Distribución de Regiones de Desarrollo de Honduras.

A cada criterio se les asignan pesos (*W*) para calcular el valor ponderado (*VP*), que determinara la prioridad de análisis de cada cobertura (cuadro 1).

Clases	Costo de Interpretación Espectral			Presión antrópica			VP
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
Bosque Mixto	1			1			1
Bosque Pinar		2			2		4
Matorral			3			3	9
Pastos		2				3	6
Agricultura		2				3	6
Urbano	1			1			1

Cuadro 1. Matriz de prioridad de análisis (PA) de cobertura y uso de la tierra.

Las variables investigadas fueron cobertura y radiometría, siendo la radiometría la variable dependiente, y el comportamiento de la firma espectral se ve afectado por las características de la cobertura. La variable cobertura presenta dos

dimensiones de análisis, que son cobertura de la tierra y uso del suelo. Y la variable radiometría, sus dimensiones son radiometría de campo y radiometría orbital.

Metodología

La investigación busco demostrar relaciones entre parámetros biofísicos y la información espectral de la imagen satelital. La metodología seguida en la investigación comprendió cinco etapas (ver Figura 2): 1) Revisión bibliográfica, 2) Identificación de coberturas por Clasificación FAO, 3) Gira de campo y utilización de Radiómetro ASD, Recolección y almacenamiento de los datos de Reflectancia, 4) Construcción de fichas para el Catálogo de Firmas Espectrales Web, y 5) Publicación de los Datos.

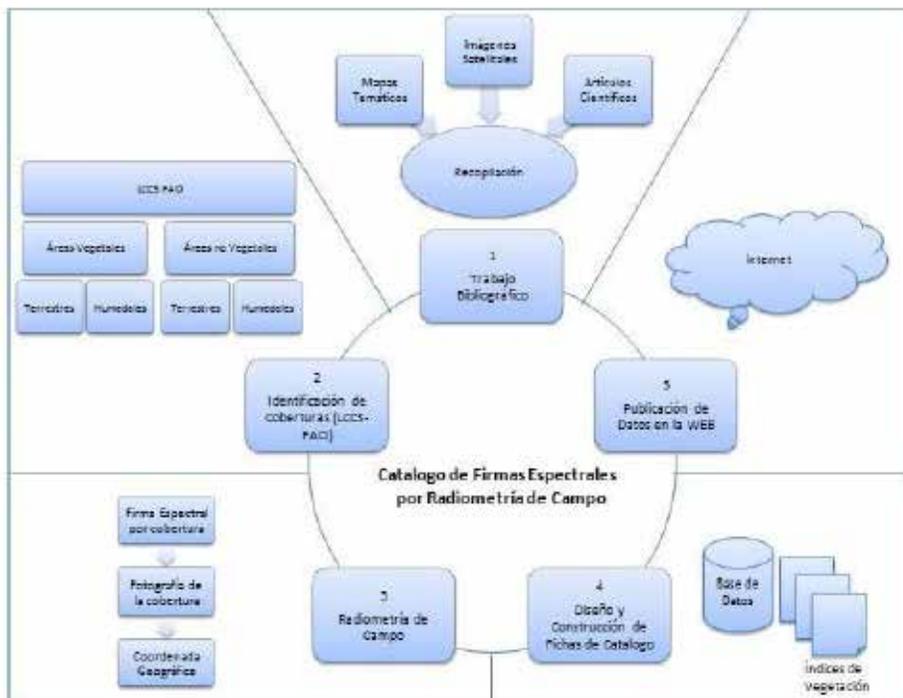


Figura 2. Diseño metodológico de la investigación. Elaboración propia.

Resultados

En la investigación se seleccionaron y analizaron diez coberturas: i) área quemada, ii) cafetal, iii) cultivo de piña, iv) pasto verde, v) pasto seco, vi) matorral, vii) pino joven, viii) suelo desnudo con escasa vegetación, ix) suelo claro y x) suelo rojo. Para cada cobertura se analizó la reflectancia de acuerdo a las bandas del sensor y se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Índice de Vegetación Ajustada al Suelo (SAVI).

1. Validación de Protocolo de radiometría de campo.

Los resultados obtenidos al aplicar la Guía Rápida para captura de radiometría ASD FieldSpec HandHeld Pro (ASD Inc., 2003), que define nueve pasos para captura y registro de firmas espectrales, por tanto la aplicación de la guía fue efectiva y permitió el registro de las firmas correspondientes para cada cobertura seleccionada.

2. Identificación de las coberturas de la Región 03, a través del Sistema de Clasificación LCCS FAO-UNEP, para encontrar su firma espectral.

La identificación y selección de las coberturas del área de estudio, se basó en los resultados alcanzados en la investigación realizada por Pineda de Carías, Ochoa y Corrales (2012), donde la cobertura se clasificó de acuerdo al sistema clasificación de Cobertura de la Tierra de la FAO-UNEP (cuadro 2).

Coberturas LCLU	Clases FAO	Características	Concentración
Bosque Mixto	Clase Mixta	Arboles altos de hoja ancha, fragmentada, con árboles altos de hoja acicular dispersos	[(20-10)-4%]
Bosque de Pino	Bosque	Arboleda de hoja acicular (Pino)	65-15%
Matorral	Arbusto	Arbustos de hoja ancha de medianos a altos	65-15%
Pastos	Clase Mixta	Cultivo cambiante de herbáceas cosechadas	continua
Agricultura	Clase Mixta	Área permanentemente cultivada con arbustos cultivados con agua de lluvia, coberturas cultivadas en huerto, cobertura cultivada en plantación, cultivos cambiantes de no gramíneas, con cultivos de herbáceas.	simultánea
Urbano	Áreas construidas	Áreas urbanas	No lineal
Suelo Desnudo	Suelo desnudo	Áreas desnudas no consolidadas. Suelo desnudo pedregoso y/u otros(s) material(es) no consolidado(s)	40-5% pedregosidad

Cuadro 2. Cobertura de la Región 03, a través del Sistema de Clasificación LCCS FAO-UNEP.

Y en el área de estudio se identificaron cinco clases de acuerdo al sistema de clasificación FAO-UNEP, algunas de ellas por las características que presentaban, fueron desagregaron en sub clases:

- Bosque de Pino: Para fines de esta investigación se clasifico como Pino joven, debido a la predominancia de árboles inmaduros.
- Matorral: En esta cobertura predominaban arbustos de hoja ancha, de mediana altura y hierbas leñosas.
- Agricultura: En cobertura se identificaron dos Sub-clases, Cultivo de Piña y Cafetal
- Pastos: En base a las condiciones fenológicas de esta cobertura se identificaron dos sub-clases Pasto Seco y Pasto Verde.

- Suelo: Esta clase fue subdividida en tres sub-clases, en función de la coloración del suelo y la vegetación, resultando las sub-clases: Suelos rojos, Suelos Claros y Suelo desnudo con escasa vegetación.

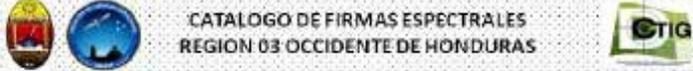
Además, es idéntico una sexta categoría, que se denominó área quemada.

3. Establecimiento las Fichas Digitales de las firmas espectrales de la Región 03 Occidental de Honduras, para su publicación WEB, en la página de la unidad académica del Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH.

A partir de las firmas espectrales obtenidas mediante la radiometría de campo, para cada una de las 10 clases de cobertura de la tierra, se elaboró la correspondiente Ficha Digital (Figura 3), que contiene la siguiente información:

- Nombre de la cobertura
- Descripción de la cobertura
- Interpretación de la firma espectral
- Coordenadas geográficas
- Fecha y hora de adquisición de la firma
- Código de la firma
- Fotografía de la cobertura.
- Calcular correlaciones entre radiometría orbital a tope de atmósfera, radiometría por corrección atmosférica de Rayleigh y radiometría de campo.

Los resultados de esta investigación se presentan discretizados por las cuatro bandas espectrales del sensor Landsat ETM+ (radiometría orbital), que son las primeras cuatro bandas que realmente registran el comportamiento espectral y que corresponden al dominio del rango visible y del infrarrojo cercano (cuadro 3).



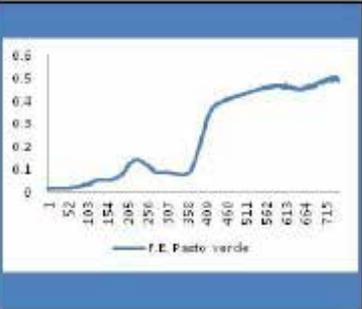
**CATALOGO DE FIRMAS ESPECTRALES
REGION 03 OCCIDENTE DE HONDURAS**

Pasto verde

Descripción:
Áreas cultivadas de gramíneas que se utilizan para la alimentación del ganado, puede alcanzar una altura entre 1 – 2 mts. dependiendo de las especies cultivada.



Interpretación:
La firma espectral del pasto verde, debido a los contenidos de clorofila y humedad, presenta crestas y valles características de Reflexión y absorción, así mismo una diferencia considerable entre los valores del rango visible y del infrarrojo cercano.



Coordenadas UTM:
16 F 0311619 - 16 F 1626717

Código: 005

Fecha y Hora:
11/abril/2013 11:03 am.

Dispositivo: Radiómetro ASD FieldSpec HandHelp Pro (VIS-NIR)

Figura 3. Ficha Digital del Catálogo de firmas espectrales correspondiente a pasto verde, en la cual notamos la imagen de la cobertura y sus características espectrales y espaciales.

Banda	Rango Espectral	Centro de Banda	Nombre de la Banda
1	0.450-0.515	0,485	Azul
2	0.525-0.605	0,57	Verde
3	0.630-0.690	0,66	Rojo
4	0.780-0.900	0,84	Infrarrojo cercano
5	1.550-1.750	1,65	Infrarrojo medio
6	2.090-2.350	2,22	Infrarrojo medio

Cuadro 3. Rango espectral de las bandas del sensor LandSat ETM+.

Fuente: Modificado de Fernández Copel y Herrero Llorente, (s/a).

La imagen utilizada para la extracción de firmas espectrales orbitales fue Landsat ETM+ escena P019R050, correspondiente a la región de cubre el sector Occidente de Honduras.

En el cuadro 4 se registra la reflectancia de las 10 coberturas seleccionadas, a partir de esta información se muestran las firmas espectrales de las coberturas: i) Firmas a partir de las 6 bandas del sensor (figura 4) y ii) Las firmas de las bandas del rango visible y el infrarrojo cercano (figura 5).

Coberturas	Bandas Espectrales					
	0,485	0,57	0,66	0,84	1,65	2,22
Área quemada	0,05	0,07	0,025	0,06	0,19	0,18
Suelo desnudo	0,06	0,07	0,06	0,2	0,2	0,09
Cultivo de piña	0,07	0,08	0,09	0,15	0,28	0,17
Pasto Seco	0,06	0,07	0,08	0,15	0,2	0,12
Pasto Verde	0,06	0,06	0,07	0,14	0,24	0,12
Matorral	0,06	0,06	0,06	0,16	0,15	0,08
Cafetal	0,17	0,22	0,26	0,22	0,34	0,24
Suelo claro	0,07	0,08	0,09	0,14	0,33	0,21
Pino joven	0,06	0,08	0,08	0,14	0,31	0,18
Suelo rojo	0,06	0,08	0,08	0,18	0,23	0,12

Cuadro 4. Radiometría de Imagen Landsat ETM+, para 10 coberturas

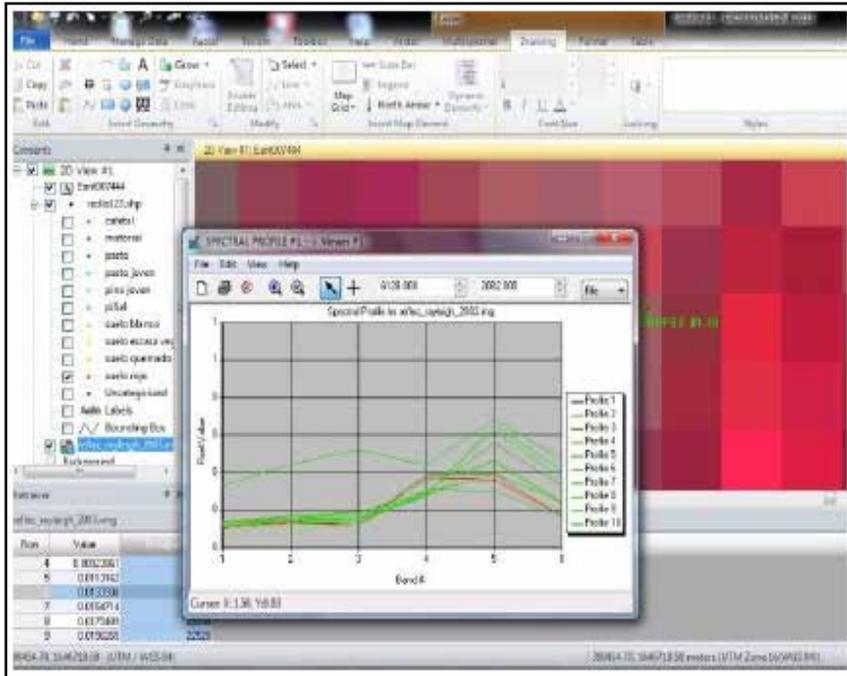


Figura 4. Extracción de firmas espectrales de la imagen del satélite LandSat

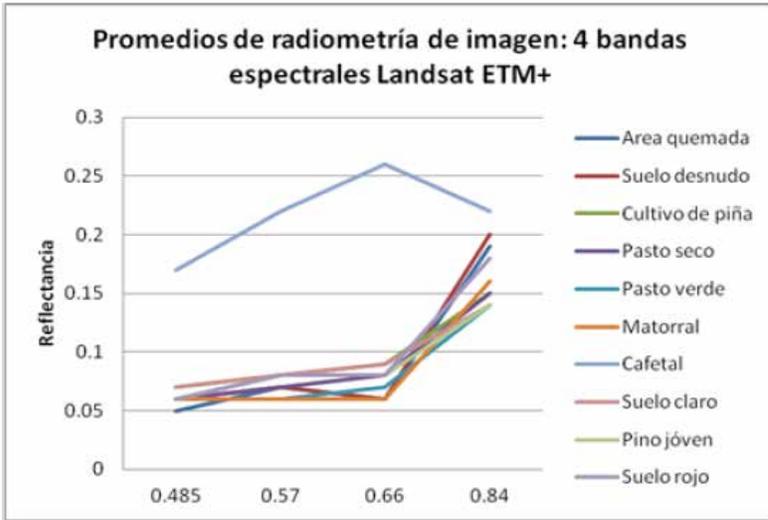


Figura 5. Gráfico de radiometría de imagen para las 4 bandas del sensor LandSat ETM+: rango del Visible y el Infrarrojo cercano.

Los resultados de radiometría de campo se presentan en forma de Promedios, debido a que el radiómetro registra la reflectancia en más de 700 canales (bandas), por lo que se calculó el promedio entre los rangos correspondientes a las cuatro bandas de radiometría orbital (cuadros 5). La figura 6, presenta las firmas espectrales a partir de la radiometría de campo para las coberturas identificadas, mismas que se utilizaron para la elaboración de las Fichas Digitales.

Coberturas	Banda Espectral					
	0,485	0,57	0,66	0,84	1,65	2,22
Área quemada	0,05	0,07	0,025	0,06	0,19	0,18
Suelo desnudo	0,06	0,07	0,06	0,2	0,2	0,09
Cultivo de piña	0,07	0,08	0,09	0,15	0,28	0,17
Pasto Seco	0,06	0,07	0,08	0,15	0,2	0,12
Pasto Verde	0,06	0,06	0,07	0,14	0,24	0,12
Matorral	0,06	0,06	0,06	0,16	0,15	0,08
Cafetal	0,17	0,22	0,26	0,22	0,34	0,24
Suelo claro	0,07	0,08	0,09	0,14	0,33	0,21
Pino joven	0,06	0,08	0,08	0,14	0,31	0,18
Suelo rojo	0,06	0,08	0,08	0,18	0,23	0,12

Cuadro 5. Radiometría de campo de las coberturas.

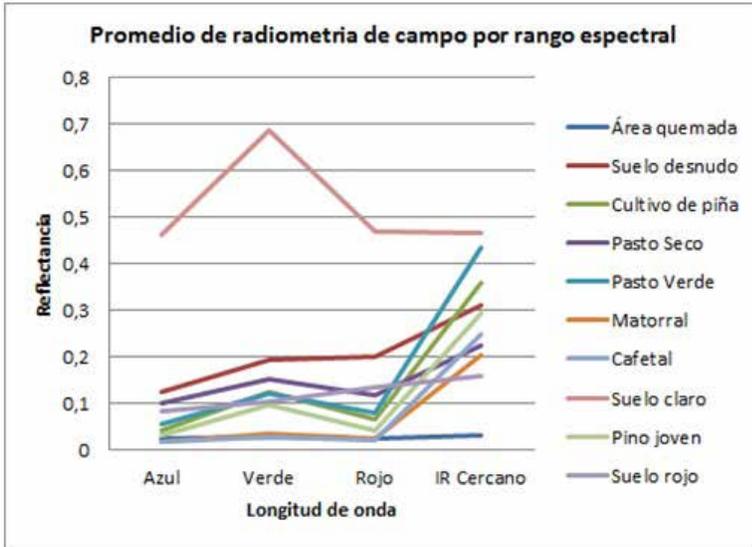


Figura 6. Gráfico de radiometría de campo.

Para las coberturas con dominancia vegetal se aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada: NDVI(1), por sus siglas en Inglés; para identificar la intensidad de biomasa con respecto a las condiciones fenológicas de las coberturas. Al mismo tiempo se realizó un ajuste a las condiciones del suelo: SAVI(2), por sus siglas en Inglés; para identificar el aporte que la reflectancia de fondo (reflectancia del suelo) introduce en la firma espectral de la vegetación (ver cuadro 6, y figura 7).

$$(1) \text{NDVI} = (\rho_{\text{IRC}} - \rho_{\text{R}}) / (\rho_{\text{IRC}} + \rho_{\text{R}})$$

$$(2) \text{SAVI} = \left\{ (\rho_{\text{IRC}} - \rho_{\text{R}}) / (\rho_{\text{IRC}} + \rho_{\text{R}}) + L \right\} (1 + L)$$

Donde: ρ_{IRC} = reflectividad del infrarrojo cercano

ρ_{R} = reflectividad del Rojo

L = es una constante que depende del tipo de suelo (Domingo et all, 2008)

Coberturas	NDVI	SAVI
Cultivo de piña	0,698898718	0,480401442
Pasto Seco	0,30545842	0,185665244
Pasto Verde	0,690011217	0,523976832
Matorral	0,805183501	0,374647295
Cafetal	0,853923962	0,445749184
Pino joven	0,760653573	0,455337694

Cuadro 6. Calculo de los Índices NDVI y SAVI

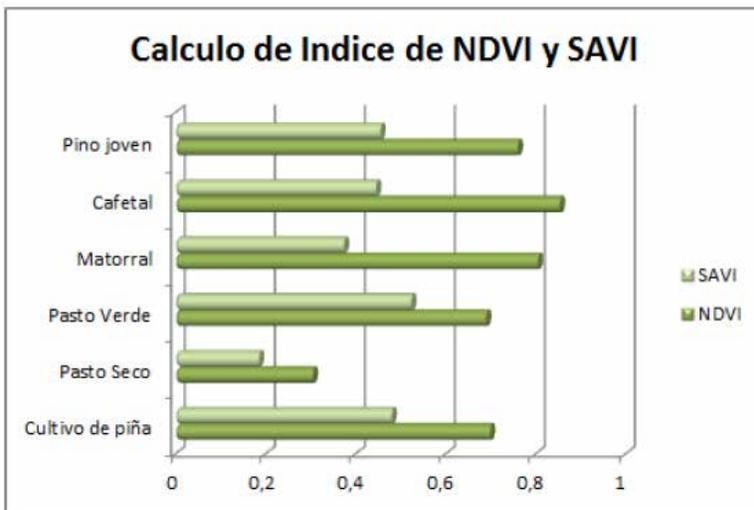


Figura 7. Gráfico de los índices de NDVI y SAVI

La correlación entre la radiometría de imagen y radiometría orbital

En el análisis de la correlación entre la radiometría de imagen (i) corregida atmosféricamente y radiometría de campo (r), se seleccionaron solamente las dos coberturas que presentan mayor dificultad de separación espectral (cuadro 7), que son las clases Cafetal y Matorral (figuras 8 y 9). El análisis nos muestra que para ambas coberturas, existe alta correlación entre la radiometría de imagen y la radiometría de campo, siendo el R2 en ambos casos de 0.99. Por lo tanto se afirma que se comprueba la hipótesis “Las firmas espectrales de las diferentes coberturas de la tierra, adquiridas en campo con un espectro radiómetro, son semejantes a

las firmas espectrales orbitales de la imagen corregida por dispersión de Rayleigh, siempre que la imagen sea de la misma fecha de observación.”

Cuadro 7. Correlación de las firmas espectrales de las clases: Matorral y Cafetal.

Cafetal (r)	Cafetal (i)	Matorral (r)	Matorral (i)
0,01830303	0,05	0,01595455	0,06
0,02619753	0,07	0,03440741	0,07
0,0194918	0,06	0,02190164	0,06
0,24738017	0,19	0,20294215	0,2

(r) radiometría de campo, (i) radiometría de imagen

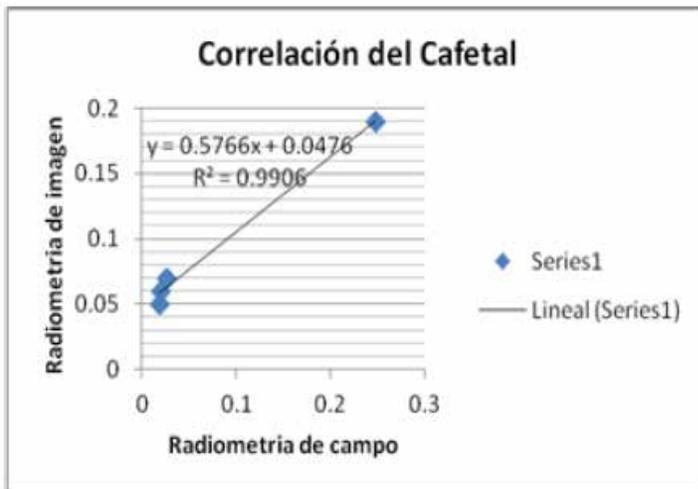


Figura 8. Correlación del cafetal

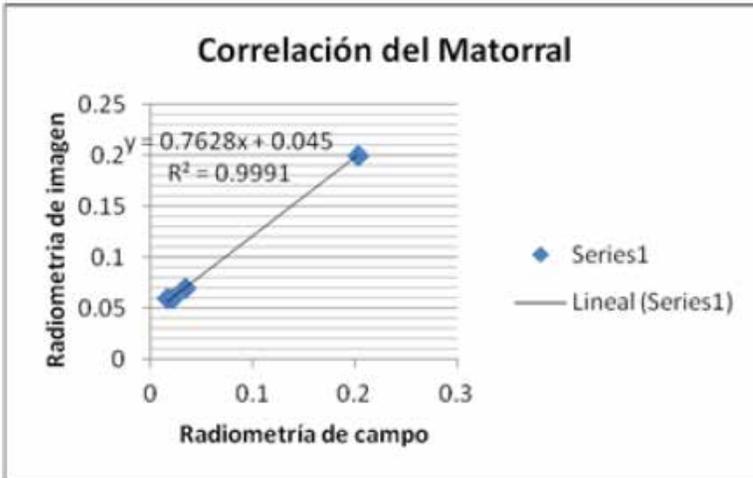


Figura 9. Correlación Matorral

La interpretación de la correlación una vez que observamos los resultados de los datos numéricos y los contrastamos con los gráficos, nos damos cuenta que presenta un caso clásico del Cuarteto de Anscombe (Anscombe, 1973), donde evidentemente muestra un valor atípico que provoca un coeficiente de correlación alto, incluso cuando la relación de las variables no es lineal, lo que supone que para futuros trabajos es necesario aumentar la muestra, para establecer si efectivamente existe o no una correlación entre las firmas espectrales de una imagen corregida, respecto a los datos directamente extraídos en campo con un radioespectrometro.

Conclusiones

Finalmente como conclusiones de la investigación se puede señalar que:

- El protocolo de radiometría de campo es válido para el registro de las firmas correspondientes para cada cobertura seleccionada, por tanto puede utilizarse en subsiguientes proyectos radiométricos.
- Las firmas espectrales sirven para calibrar imágenes sin correcciones radiométricas.
- El catálogo de firmas espectrales constituye una herramienta útil para los estudios de teledetección aplicada.
- Para obtener una mejor interpretación de las firmas espectrales de las coberturas con dominancia vegetal, es importante considerar las condiciones fenológi-

cas de la cobertura y la contribución que la reflectancia de fondo (reflectancia del suelo) introduce en la firma espectral de la vegetación.

- Las firmas espectrales de las diferentes coberturas de la tierra, adquiridas en campo con un espectro radiómetro, son semejantes a las firmas espectrales orbitales de la imagen corregida por dispersión de Rayleigh, siempre que la imagen sea de la misma fecha de observación.
- Graficar los datos revela su estructura, así mismo, muestra cuando el análisis presenta casos patológicos como el conjunto clásico en el Cuarteto de Anscombe. Siendo preciso el análisis de cálculos como gráficas, ya que ambas salidas contribuyen al entendimiento del fenómeno estudiado.

Recomendaciones

Se recomienda extender la investigación a otras regiones del país, para continuar enriqueciendo el catálogo de firmas espectrales a nivel nacional, mismo que contribuirá al desarrollo de las investigaciones en el campo de la percepción remota (teledetección) aplicada.

Metodológicamente, se recomienda contar con un muestreo mayor al alcanzado, con ello poder realizar los ajustes necesarios en las correlaciones de las variables estudiadas.

Bibliografía

- Anscombe, F.J. 1973. "Graphs in Statistical Analysis," *American Statistician*, 27 (febrero de 1973), 17-21.
- Analytic Spectral Devices, Inc. 2003. *FieldSpec® UV/VNIR – HandHeld Spectroradiometer - User's Guide*. Boulder, Colorado, United States of America: ASD Inc.
- Cáceres, J.D. 2013. *Análisis del Comportamiento Temporal de la Biomasa en Pastos del Departamentos de Olancho en el contexto de Cambio Global-Fase I*. (En prensa).

- Corrales, E. et. al. 2004. Caracterización y Análisis de Cambios en 14 Áreas Protegidas de Honduras a partir del estudio de Datos Geoespaciales. Tesis carrera de Biología. 298 pp. Corrales Andino, R. E. 2010. Caracterización de alternación hidrotermal y dinámica de cobertura del suelo mediante métodos de teledetección, en el Valle de Choluteca, Honduras. Tesis de Maestría, UNAH. Tegucigalpa. 113 pp.
- Corrales, R. 2009. Catálogo de firmas espectrales de especies florales, en la Ciudad Universitaria, Tegucigalpa. Fase I. Revista Ciencias Espaciales, No.1 Vol.1. Pp. 91-104.
- Corrales, R. 2010. Catálogo de firmas espectrales de especies florales, en la Ciudad Universitaria, Tegucigalpa. Fase II. Revista Ciencias Espaciales, No.1 Vol.3. Pp. 69-85.
- Domingo, C. et all. 2009. Detección de Pautas de Estrés Hídrico en tres Especies Forestales de Catalauña mediante Imágenes Terra-Modis. XIII Congreso Asociación Española de Teledetección, España.
- Epema, G. F. 1999. Radiometría de campo en la enseñanza de la Teledetección. Serie Geográfica, 1992, vol. 2, pp. 121-126. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares.
- Fernández Copel, I.A. y E. Herrero Llorente. (s/a). EL SATELITE LANDSAT. ANÁLISIS VISUAL DE IMÁGENES OBTENIDAS DEL SENSOR ETM+ SATELITE LANSADT. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Universidad de Valladolid. Palencia, España. pp. 37.
- INTELSIG. 2003. Evaluación de la Cobertura de la Tierra en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Rio Plátano: Análisis Multitemporal de Imágenes del Satelite Landsat-Tm, entre los años 2001-2002. AFE-COHDEFOR/KFW/GTZ/GFA.
- Martín, P. y A. Sánchez. 2010. "Taller Sensores Remotos y Radiometría de Campo". I Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica en: faces.unah.edu.hn/ctig/sitios/congreso/programa-det.html 4 de marzo de 2013.
- Ochoa, L. 2005. Detección de Cambios en el Parque Nacional la Tigra. Departamento de Francisco Morazán, Honduras Centroamérica. Proyecto de Fin de Máster, Universidad de Alcalá de Henares. 80 pp.

- Pineda de Carías, M.C.; V. L. Ochoa y R. E. Corrales. 2012. Detección de cambios en la cobertura de tierra de un sector del occidente de Honduras Periodo 1991-2006. Revista Ciencia y Tecnología, número 11, pp. 78-109.
- Rodríguez Carías, C.I. 2014. Aplicación de Tecnologías de Información Geográfica “Teledetección y SIG” para el Estudio Arqueológico del Corredor Mesoamericano en el Sur de Honduras. Tesis de Maestría, UNAH. Tegucigalpa. 248 pp.
- Sánchez Ramos, A. A. 2009. Análisis Multitemporal de la cobertura de la tierra en la cuenca del Valle de Jesús de Otoro entre los años 2000-2006 aplicando técnicas de teledetección. Tesis de Maestría, UNAH. Tegucigalpa. 147 pp.

Análisis del comportamiento temporal de la biomasa en pastos del Departamento de Olancho en el contexto del cambio global – fase II

José David Cáceres

Resumen

Según la guía de buenas prácticas del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC), las técnicas de teledetección son adecuadas para la estimación de los sumideros de carbono, a partir de la estimación de la biomasa. En este trabajo se ha utilizado una serie temporal de imágenes Landsat para estimar la cantidad de biomasa del pasto en el Departamento de Olancho para los años 2010 y 2012. A partir de las imágenes de biomasa obtenidas se ha analizado la evolución de los stocks de carbono. Se realizaron muestreos de campo de biomasa, así como de radiometría, en una parcela ubicada dentro de la zona de estudio para la calibración del modelo. Se aplicó un modelo de regresión lineal entre los datos de campo e índices espectrales para la estimación de las variables. El índice EVI obtuvo los mejores ajustes para la estimación de biomasa ($R^2=0,87$). Se aplicó un factor de carbono de 50% de la biomasa para la estimación de los stocks de carbono.

Palabras clave: Landsat; pastos; índices espectrales; biomasa; stocks de carbono

Abstract

According to the Intergovernmental Panel on Climate Change Good Practice Guidance (IPCC GPG), remote sensing techniques are suitable for the estimation of carbon sinks, through the estimation of above ground biomass. In this work we used a Landsat time series to estimate the grass biomass in pasture areas in the Department of Olancho for the years 2010 and 2012. From the results of the estimation of biomass, we analyzed the evolution of carbon stocks. Field sampling of biomass were performed, as well as radiometry, in a plot located within the study site for the model calibration. We applied a linear regression model using field data

and spectral indices for estimating the variable. EVI was the best index for biomass estimation ($R^2=0.87$). A carbon fraction of 50% of the biomass was applied for the carbon stock estimation.

Keywords: Landsat; pastures; spectral indices; biomass; carbon stocks

José David Cáceres,(jcaceres@unah.edu.hn) Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Introducción

Las masas vegetales juegan un papel fundamental en el ciclo del carbono, fijándolo de la atmósfera y almacenándolo en su biomasa, y constituyen, por ende, uno de los más importantes sumideros de carbono. Ante los compromisos suscritos por los países, incluido Honduras, para la mitigación del cambio climático en la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cuantificación del balance de carbono, a través de la estimación de la biomasa, se presenta como uno de los principales desafíos al permitir considerar la fijación de carbono como un objetivo más de la gestión forestal. Esto conlleva la estimación del carbono almacenado en la biomasa, así como el seguimiento de la evolución de estos stocks a diferentes escalas temporales.

La mayoría de los países no cuentan con inventarios expresados en términos de biomasa y usan, en lugar de esto, factores de conversión y/o expansión para estimarla. Por lo tanto, se necesitan métodos que brinden estimaciones precisas de la biomasa vegetal y sus cambios, para incrementar nuestro entendimiento del papel que juega la vegetación en el ciclo del carbono, para la contabilización del carbono contenido en ella. (García, Riaño, Chuvieco, & Danson, 2010).

El departamento de Olancho es una de las zonas del país con mayor cobertura forestal en relación a su territorio, sin embargo, en los últimos años las áreas de bosques se han visto amenazadas, entre otros factores, por el incremento de la actividad agropecuaria en la zona, representando un peligro por la posible liberación de carbono a la atmósfera por la pérdida de cobertura forestal. La implementación de sistemas productivos de tipo silvopastoril, se ha presentado como una posible forma de mitigar la indiscriminada pérdida de cobertura forestal en el departamento de Olancho, por lo cual se pretende poner en relación la capacidad de estos sistemas para el almacenamiento de carbono a través de la estimación de la biomasa.

Las zonas de pastos son generalmente sistemas silvopastorales de larga tradición de gestión sostenible, capaces de producir bienes y servicios de calidad de forma eficiente, que, sin embargo, en un entorno de cambio global pueden variar su dinámica y funcionamiento. La estimación de los stocks de carbono en zonas heterogéneas, como los sistemas silvopastorales, utilizando sensores remotos, representa desafíos únicos debido a la presencia de dos estratos de vegetación con un comportamiento muy diferenciado, el pasto y las encinas (Todd, Hoffer, & Milchunas, 1998), por lo cual resulta fundamental contar con información

recopilada en terreno para construir modelos fiables de predicción del comportamiento multitemporal de esta variable.

Debido a la dificultad que presenta la medición de biomasa para la estimación de capacidad de fijación de carbono de la vegetación, en áreas extensas, tanto en tiempo como en recursos, se ha optado por utilizar radiometría de campo (recolección de firmas espectrales) con mediciones en campo de biomasa en parcelas de muestreo, para construir modelos estadísticos que permitan la extrapolación de los resultados para áreas que presenten similares características. Estos modelos son implementados posteriormente gracias a la percepción remota, utilizando sensores de media o baja resolución espacial, según sea el área de estudio que se desea estimar.

La posibilidad de contar con inventarios de biomasa a nivel de pastos, sin utilizar los muestreos destructivos tradicionales, abre una puerta hacia la gestión sostenible de los recursos naturales. Siendo las zonas de pastos generalmente utilizadas para la ganadería, la cual ejerce una gran presión sobre las masas forestales, representa un gran valor agregado para los ganaderos de la zona de estudio el contar con información de capacidad de fijación de carbono en pastos, a partir de la biomasa, como una alternativa más de la ganadería sostenible.

Para estimar la biomasa en pastos en la zona centro-Oriental del país se abordarán los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el comportamiento espectral de los pastos.
- Generar variables espectrales derivados de la información radiométrica recolectada.
- Evaluar la disponibilidad de imágenes de satélite de la zona de estudio.
- Correlacionar las firmas espectrales recolectadas con el comportamiento espectral de las zonas identificadas para validar la presencia de pastos.
- Generar un modelo de regresión lineal para la estimación de biomasa en pastos a partir de índices espectrales.

Antecedentes

En la última década, la teledetección ha brindado información esencial sobre la variación espacial y temporal de las cubiertas vegetales. Ha contribuido a la estimación de importantes variables biofísicas y bioquímicas. Hasta ahora, se han

aplicado con éxito enfoques empíricos basados en índices de vegetación que han obtenido un nivel de precisión satisfactorio para estimar importantes parámetros biofísicos de la vegetación. Estos métodos requieren un conjunto de datos de referencia fiables tomados en campo o laboratorio a través de radiometría para calibrar las fórmulas empíricas en las diferentes áreas y también para validar las estimaciones, especialmente aquellas generadas a nivel regional y global.

En este contexto, es necesario maximizar las capacidades en el uso del radiómetro con que cuenta el Departamento de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, para lo cual es necesario equipar el laboratorio con los medios necesarios y comenzar con el diseño de una biblioteca de firmas espectrales que permita la identificación del comportamiento espectral de diferentes coberturas, comenzando con especies vegetales de pastos y analizar su evolución temporal en el marco del cambio global. Para garantizar la estandarización en la toma de mediciones, ya sea en campo o laboratorio, es necesario que el Laboratorio cuente con protocolos de medición estandarizadas para cada uno de los escenarios anteriormente planteados.

En el ámbito internacional en las últimas décadas la teledetección ha sido utilizada ampliamente para la estimación de biomasa en pasto (Cho, Skidmore, Corsi, van Wieren, & Sobhan, 2007; Edirisinghe, Clark, & Waugh, 2012; Kogan et al., 2004; Malmstrom et al., 2009; Todd et al., 1998). A escala continental, sensores ópticos de baja resolución espacial, tales como NOAA AVHRR (Kogan et al., 2004) y MODIS (Muukkonen & Heiskanen, 2007) han sido muy utilizados debido a la cobertura de cada escena y a la frecuencia en la adquisición. Sin embargo, para cuantificar biomasa a escalas locales, es necesario contar con información obtenida por sensores con una resolución espacial más fina, tal como Landsat TM y ETM+ (Malmstrom et al., 2009; Meng, Cieszewski, Madden, & Borders, 2007; Todd et al., 1998). Un enfoque tradicional ha sido relacionar índices de vegetación con datos de biomasa tomados en campo a través de modelos estadísticos (Cho et al., 2007; Edirisinghe et al., 2012; Malmstrom et al., 2009; Meng et al., 2007; Muukkonen & Heiskanen, 2007; Todd et al., 1998). Todd et al. (1998) utilizaron los componentes de la transformación Tasseled Cap, así como el NDVI y la banda del rojo, de imágenes Landsat TM, para estimar la biomasa en una zona de estepa de pastos cortos al este de Colorado, USA. A partir de mediciones en una zona con dos tratamientos, pastoreo y sin pastoreo, estos autores utilizaron una regresión de mínimos cuadrados para definir los modelos para la estimación de la biomasa en función de uno o más índices. De la misma forma, Malmstrom et al. (2009) utilizan imágenes Landsat TM y ETM+ para la estimación de la biomasa en pastizales

cuantificando las relaciones entre la biomasa viva medida en campo y los índices espectrales derivados del sensor (cociente simple y NDVI), y usando este modelo calibrado para estimar los valores de biomasa en toda la zona, utilizando las imágenes de satélite disponibles. Destaca la amplia utilización del NDVI en este aspecto, utilizado también por Edirisinghe et al. (2012) derivado de SPOT-4 y SPOT-5 para la predicción de biomasa del pasto en zonas de pastoreo intensivo. Muukkonen and Heiskanen (2007) destacan el potencial de contar con inventarios forestales y relacionarlos con información obtenida de satélites ASTER y MODIS para estimar el volumen en pie y la biomasa sobre grandes áreas de bosque boreal al sur de Finlandia. Estos autores desarrollan modelos de regresión usando información obtenida de los inventarios y relacionándola con información obtenida de satélite de resolución moderada como ASTER, para estimar biomasa sobre áreas de mayor extensión utilizando satélites de menor resolución espacial como MODIS. También los avances obtenidos en la teledetección mediante sensores hiperespectrales han brindado una oportunidad para conocer la potencialidad que brindan este tipo de sensores en la estimación de la biomasa (Cho et al., 2007).

Para la estimación de los stocks de carbono a partir de la biomasa, la FAO propone aplicar una fracción de carbono para convertir la biomasa a carbono (Blackburn, 1998; Marklund & Schoene, 2006). Este valor varía entre el 45% y 53%, utilizándose por defecto, generalmente, un valor de 50%. Cuando se tiene información de la especie sobre la que se quiere estimar el contenido de carbono, se pueden aplicar fracciones más acordes a la mismas (García et al., 2010).

Área de Estudio

El área de estudio abarca las zonas de pastos del Departamento de Olancho (Oriente de Honduras). Y cubren una extensión de 670;749.79, lo que representa aproximadamente un 28% de la extensión total del Departamento (Figura 1).

La climatología de la Región de Olancho es variada, predominando las variantes lluvioso de altura (25.8 %) y muy lluvioso de transición (24.2 %). De acuerdo con la clasificación climática elaborada por el meteorólogo hondureño Edgardo Zúñiga Andrade, la provincia climática "lluvioso de altura" se caracteriza por presentar un período lluvioso de seis meses siendo los más lluviosos junio y septiembre y los más secos febrero y marzo. La humedad relativa es de 72 a 74% con temperaturas de 21°C y 10°C. Por su parte, en la provincia "muy lluvioso de transición" los meses más lluviosos son junio y octubre y los menos lluviosos marzo y abril. La precipitación promedio anual es de 250 a 1200 mm con una humedad relativa de 86% (ANED, 2013).

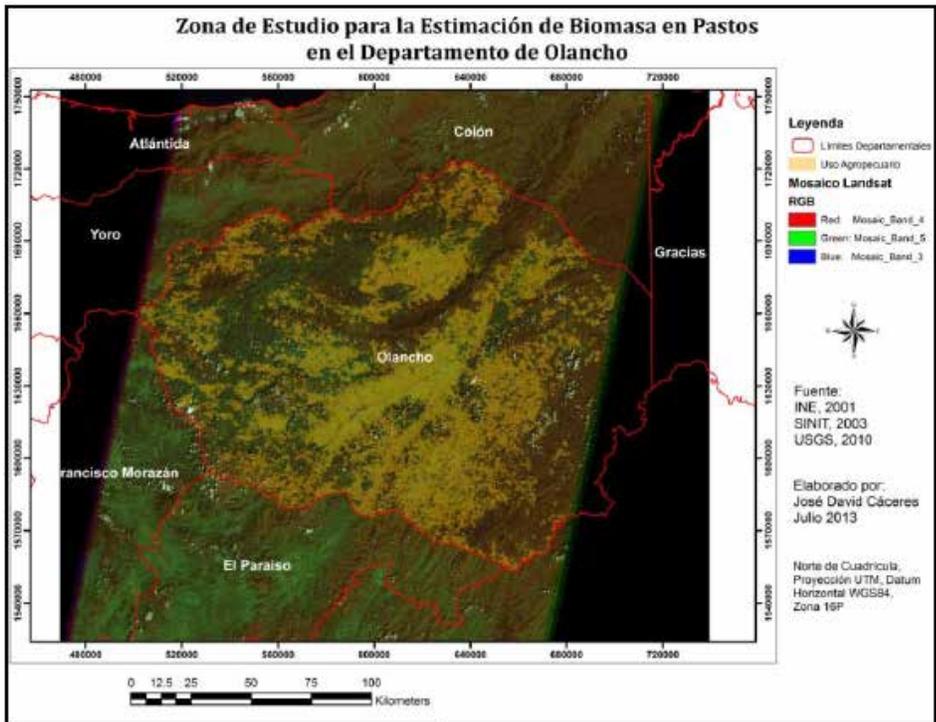


Figura 1. Área de Estudio

Las precipitaciones son muy variadas, el rango extremo de precipitaciones oscila entre 900 mm en los valles occidentales y los 3000 mm de las áreas más orientales. La diferencia estriba en que los primeros están situados en las cuencas intramontañosas a sotavento de los vientos húmedos del este. Por el contrario, las planicies orientales, pertenecientes a las cuencas de los ríos Patuca, Coco o Segovia, están abiertas a la influencia directa del mar Caribe debido a su cercanía y a la ausencia de relieves montañosos apreciables. No obstante el intervalo más común de precipitaciones está comprendido entre los 1300 y los 1700 mm, distribuidos en 8 a 10 meses, siendo Marzo y Abril los meses más secos (ANED, 2013).

Las temperaturas medias progresan paulatinamente de oeste a este de la Región Valles de Olancho, desde los 23,4° C hasta alcanzar los 27° C. Las zonas más calientes son las áreas del valle de Azacualpa y Patuca. Las zonas más frías corresponden con las áreas montañosas de Agalta, y sierra de Patuca. El descenso estacional es de pocos grados pero suficientes para generar brumas y nieblas en áreas elevadas y para generar bosques nublados en los principales sistemas montañosos (ANED, 2013).

La evapotranspiración sigue un patrón inverso a las temperaturas anuales, las zonas montañosas, especialmente en la Sierra Agalta, tienen la evapotranspiración más baja, con valores inferiores a los 1100 mm anuales, mientras que las cuencas bajas de los ríos Patuca y Segovia en la región Biosfera, tienen los valores más altos, con más de 1800 mm anuales. Salvo en áreas orientales muy localizadas, la evapotranspiración en los meses secos supera claramente los valores de precipitación, ocasionando un déficit hídrico estacional. La vegetación en este caso también presenta una estacionalidad en sus formas de vida con una marcada diferenciación fenológica (floración y fructificación en los meses de verano) (ANED, 2013).

El relieve de la Región Valles de Olancho se caracteriza por presentar áreas planas asociadas a valles fluviales de relativa poca altitud, con pendientes menores del 3%, así como zonas onduladas (3 a 60 %) y escarpadas (mayores del 60%). Las áreas con mayor pendiente se encuentran en la franja norte de la región, específicamente en la sierra de Agalta, mientras que las zonas onduladas se ubican en su mayoría hacia el oriente de la región (ANED, 2013).

La altitud de la Región de Olancho oscila entre los 100 msnm de las partes más bajas de las cuencas de los ríos Coco y Patuca, en el extremo oriental del municipio de Catacamas hasta los 2590 msnm de las cumbres de la sierra de Agalta. Se puede observar un promedio de altura por municipio decreciendo desde Guaimaca hasta Catacamas en su parte sur y central (penetrando en el Valle de Olancho) y creciendo según el mismo eje en la franja norte (Sierra de Agalta). A pesar de su relieve montañoso, no se encuentran mesetas ni altiplanos excepto en la parte central de Guaimaca (ANED, 2013).

Metodología

Para la consecución de los objetivos planteado, nuestro análisis se estructuraron en cuatro fases (Figura 2). En primer lugar, aunque en paralelo con las dos siguientes fases, se procedió a la selección y preprocesamiento de las imágenes Landsat, así como al cálculo de diversos índices espectrales. La segunda y tercer fase incluyen el trabajo de campo en el que se realizaron mediciones de la variable biofísica de interés (biomasa), así como de la radiometría de la cubierta de pasto. En la cuarta fase, se generaron modelos empíricos para la estimación de la biomasa a partir de ajustes de regresión lineal entre índices espectrales obtenidos de la radiometría de campo y los valores de las variables medidas en terreno en las mismas fechas. Utilizando estos modelos empíricos, se estimó la cantidad de biomasa a partir de los índices espectrales obtenidos con las imágenes Landast.

Esta cuarta fase se concluye con la estimación de los stocks de carbono a partir de los valores de biomasa.

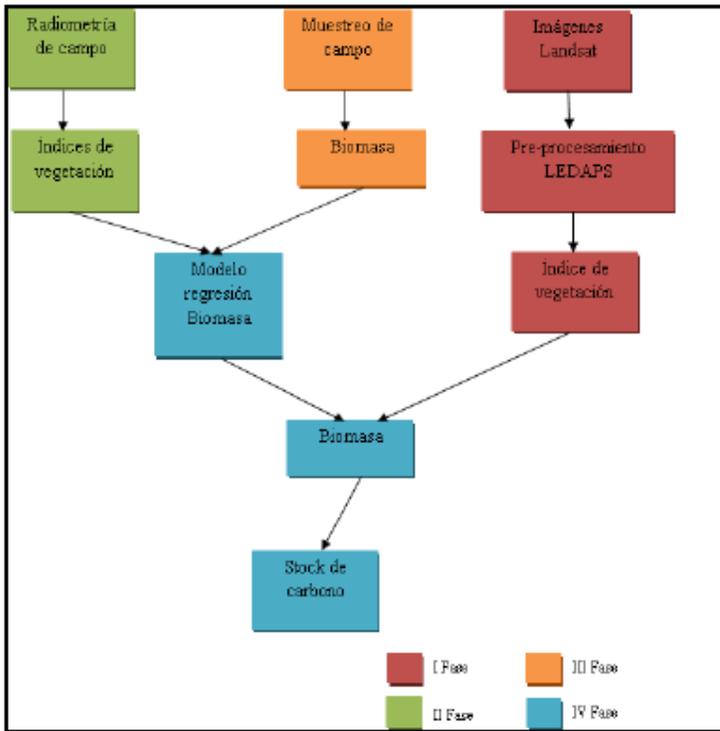


Figura 2. Descripción general del proceso de estimación de biomasa y carbono

- *Selección y pre-procesamiento de Imágenes Landsat*

Para este estudio se utilizó una serie histórica de las escena 017-049 y 017-050 adquiridas por los sensores Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) y Thematic Mapper (TM) a bordo del satélite Landsat. Las escenas fueron descargadas del servidor gratuito de imágenes del Servicio Geológico de los Estados Unidos (<http://glovis.usgs.gov/>). (Tabla 1)

Sensor	Fecha de Adquisición
ETM+	2010
ETM+	2012

Tabla 1. Listado de Escenas Landsat

Una vez obtenidas las escenas a utilizar se procedió a realizar el pre-procesamiento de las imágenes, esto incluye la transformación de los niveles digitales (ND) originalmente captados por el sensor a valores de radiancia y reflectividad, incluyendo las oportunas correcciones del efecto atmosférico. Para este fin se utilizó la herramienta desarrollada por el Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) (<http://ledaps.nascom.nasa.gov/>).

LEDAPS es un proyecto de la NASA cuyo objetivo es cartografiar las perturbaciones, la regeneración y la conversión forestal permanente en Norteamérica (Masek et al., 2006). Entre las herramientas desarrolladas en el proyecto para el tratamiento y análisis de imágenes de satélite se encuentra el software LEDAPS preprocessing (<http://ledaps.nascom.nasa.gov/tools/tools.html>), originalmente desarrollado en la NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) por Eric Vermote, Saleous Nazmi, Kutler Jonathan y Robert Wolfe. Esta herramienta se ha utilizado para el pre-procesamiento de todas las imágenes Landsat utilizadas en este trabajo.

- *Mediciones de Campo de Variables Biofísicas.*

Con el propósito de calibrar un modelo empírico para la estimación del contenido en biomasa del pasto a partir de las imágenes Landsat, se utilizaron los datos de terreno recopilados mediante giras de campo. Estos datos se refieren a una parcela de 25x25 m localizadas en el área objeto de estudio. Esta parcela fue muestreada en seis ocasiones de febrero a mayo de 2014.. El objetivo de esta selección fue el de obtener datos de biomasa en parcelas/periodos con escasa o nula presencia de material senescente y suelo descubierto que pudieran interferir en la relación entre el dato de biomasa medido en terreno y la respuesta espectral de la vegetación captada por el sensor (Malmstrom et al. 2009).

Las medidas de biomasa se realizaron mediante muestreo destructivo. Se muestrearon 3 cuadrantes de 25x25 cm distribuidos aleatoriamente en la parcela. En cada cuadrante se recogió toda la vegetación cortándola a ras de suelo y se introdujo en una bolsa con cierre hermético. El contenido de biomasa del pasto se calculó como peso de la muestra dividido por el área del cuadrante.

- *Mediciones de radiometría de campo*

En cada una de las parcelas en las que se tomaron muestras de biomasa de la vegetación, se realizaron también mediciones de radiometría sobre el terreno utilizando un espectro-radiómetro ASD FieldspecFR3 que recoge información entre 400 y 2500 nanómetros. Se realizaron dos transectos por parcela, uno NW-SE y

otro NE-SW. Estas mediciones se realizaron en una franja horaria de ± 2 horas respecto al mediodía solar, utilizando una óptica de 25° y a una distancia aproximada de 1 metro sobre el dosel vegetal. Por cada transecto se tomaron una media de 10 mediciones, por lo que se contó finalmente con unos 20 espectros por parcela.

Sin embargo, debido a que la batería del radiómetro no funcionó como se esperaba, las mediciones de radiometría se realizaron en el laboratorio, tomando las mediciones de las muestras recolectadas para la estimación de la biomasa.

Los valores de reflectividad obtenidos con el ASD Fieldspec FR3, disponibles en intervalos de 1 nm, fueron remuestreados a las bandas Landsat-TM utilizando el software ENVI que considera la función de respuesta espectral de cada banda. Con esta información se calcularon diversos índices espectrales propuestos en la literatura para estimar el contenido en biomasa de la vegetación.

- *Calibración de los modelos para la predicción de biomasa.*

Para la estimación de biomasa a partir de los datos de radiometría de campo y de las imágenes Landsat se emplearon en este trabajo los siguientes índices espectrales: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), cociente simple (SR), Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) e Índice de Vegetación Mejorado (EVI). Los índices se calcularon utilizando las siguientes expresiones:

$$NDVI = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3} \quad (1)$$

$$SR = \frac{TM4}{TM3} \quad (2)$$

$$SAVI = \left(\frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3 + 0.5} \right) * (1 + 0.5) \quad (3)$$

$$EVI = 2.5 * \left(\frac{TM4 - TM3}{TM4 + 6 * TM3 - 7.5 * TM1 + 1} \right) \quad (4)$$

Una vez calculados los índices a partir de los datos de radiometría de campo se realizó un análisis de correlación entre éstos y los datos de biomasa medidos en la parcela para las siguientes fechas: 16 de febrero, 2 de marzo, 22 de marzo, 5 de abril, 20 de abril y 10 de mayo de 2014. El dato de campo para cada parcela fue un promedio de los 3 cuadrantes muestreados en cada una de ellas.

A partir del dato de la medición de biomasa en campo y del valor del índice de vegetación seleccionado se procedió a realizar un análisis de regresión lineal para obtener la ecuación de ajuste del modelo para la estimación de la biomasa. El modelo resultante se aplicó a las escenas Landsat seleccionadas para obtener los valores de biomasa para la serie temporal. Con este valor de biomasa se procedió

a estimar el contenido de carbono aplicando una fracción de carbono del 50% del total de la biomasa.

Resultados y Discusión

Los cuatro índices de vegetación utilizados para la estimación de la biomasa ofrecieron buenas correlaciones con la variable dependiente, con valores superiores a 0,78 (Tabla 2) y con un p-valor < 0,0001. La mejor correlación se obtuvo con el EVI, con un $R^2 = 0,87$, por lo cual fue éste el seleccionado para la estimación de la biomasa.

Indice	R^2
NDVI	0,8299
SR	0,7844
SAVI	0,8599
EVI	0,8739

Tabla 2. Coeficientes de Correlación entre los valores de biomasa medidos en terreno y los índices espectrales calculados a partir de radiometría de campo

Los resultados obtenidos en nuestro estudio son similares a los obtenidos por Malmstrom et al. (2009) para la estimación de biomasa en una zona de pastizales en el valle de Sacramento, California. Los autores obtuvieron un $R^2 = 0,79$ y $0,83$ para el SR y el NDVI respectivamente, realizando las mediciones durante marzo y abril. Todd et al. (1998) obtuvieron correlaciones algo inferiores utilizando modelos de regresión para zonas de pastoreo en un centro experimental en Colorado, estimando la biomasa mediante la aplicación de cuatro índices: GVI ($R^2=0,67$), NDVI ($R^2=0,66$), RED ($R^2=0,64$) y WI ($R^2=0,62$). Kogan et al. (2004) también obtuvieron correlaciones inferiores ($R^2=0,658$) al utilizar el vegetation health (VH), índice derivado del NDVI y la temperatura de brillo, para imágenes NOAA-AVHRR.

La ecuación de ajuste del modelo para la estimación de la biomasa a partir de los valores del EVI aparece en la Figura 3. Esta función fue aplicada a las imágenes EVI calculadas a partir de la serie temporal Landsat, obteniéndose el valor de biomasa para cada uno de los años de estudio (Figura 4).

$$\text{Biomasa} = 44.7944 + 143.685 \cdot \text{EVI}$$

$$R^2 = 0,87$$

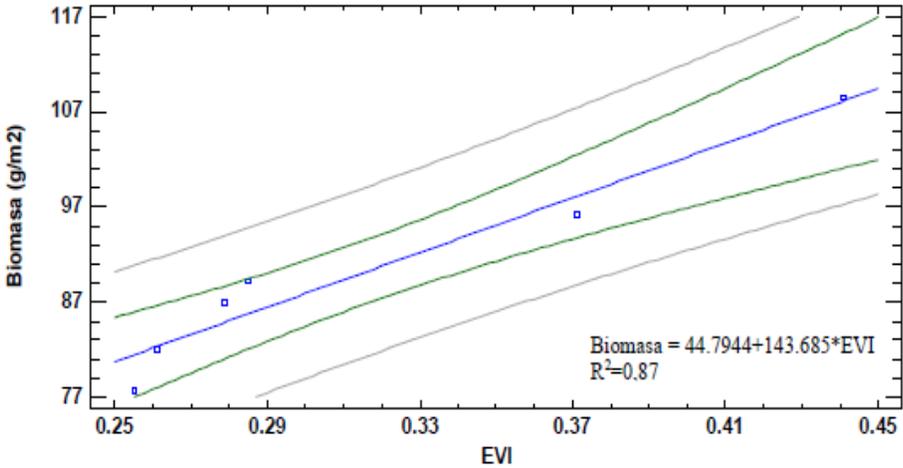


Figura 3. Gráfica del Modelo Ajustado para la Estimación de la Biomasa

Los valores de biomasa obtenidos a nivel de píxel para los dos años analizados presentaron rangos desde valores muy cercanos a cero hasta 5,087.34 Kg/ha, este valor máximo de la serie se registró en el año 2012. En general el valor medio de biomasa para cada píxel los años analizados fue de 1,191.71 Kg/ha. Malmstrom et al. (2009) obtuvieron valores bastante cercanos elevados, registrando valores de hasta 3.640 Kg/ha para su zona de estudio y Kogan et al. (2004) obtuvieron un valor medio anual de 1.400 Kg/ha. En cambio Todd et al. (1998) obtuvieron valores inferiores, registrando un valor máximo de 1.600 Kg/ha.

En general se observa una distribución espacial bastante uniforme de la biomasa en la zona de estudio, aunque aparece un sector al sur del área de estudio en el que se registran valores más altos a lo largo de los años analizados, existiendo una mayor variación en la parte central de la misma. En el ámbito temporal también se observa un patrón homogéneo, con la clara excepción de la parte central de la zona de estudio, en la cual se observa una mayor existencia de biomasa en el año 2012 en comparación con la existente en el 2010.

A partir de los valores de biomasa medios anuales calculados anteriormente, se procedió a aplicar la fracción de carbono del 50% del total de biomasa, para estimar el comportamiento de los stocks de carbono en el pasto en la zona de estudio. Los resultados se muestran en la Tabla 3, teniendo en cuenta que la relación es directa entre la biomasa y el contenido de carbono, la tendencia en el

comportamiento anual de las dos variables es exactamente la misma.

Año	Biomasa Promedio (Kg/ha)	Contenido Carbono (Kg/ha)
2010	1,101.81	550.90
2012	1,281.60	640.80

Tabla 3. Cantidad promedio de biomasa y carbono estimado para la temporada de primavera en cada uno de los años analizados

Para el período de estudio, el contenido de carbono en el pasto osciló entre 550.90 Kg/ha para el año 2010 y 640.80 Kg/ha para el 2012. El valor medio de contenido de carbono para toda los dos años analizados fue de 595.85 Kg/ha. La mayoría de los estudios realizados en la estimación de los stocks de carbono se realizan sobre masas forestales ya que son sumideros con mayor capacidad y mayor estabilidad temporal que las zonas de pastos, por lo cual resulta difícil comparar los valores obtenidos del contenido de carbono en nuestro ecosistema ya que será bastante menor a las cantidades presentes en masas boscosas.

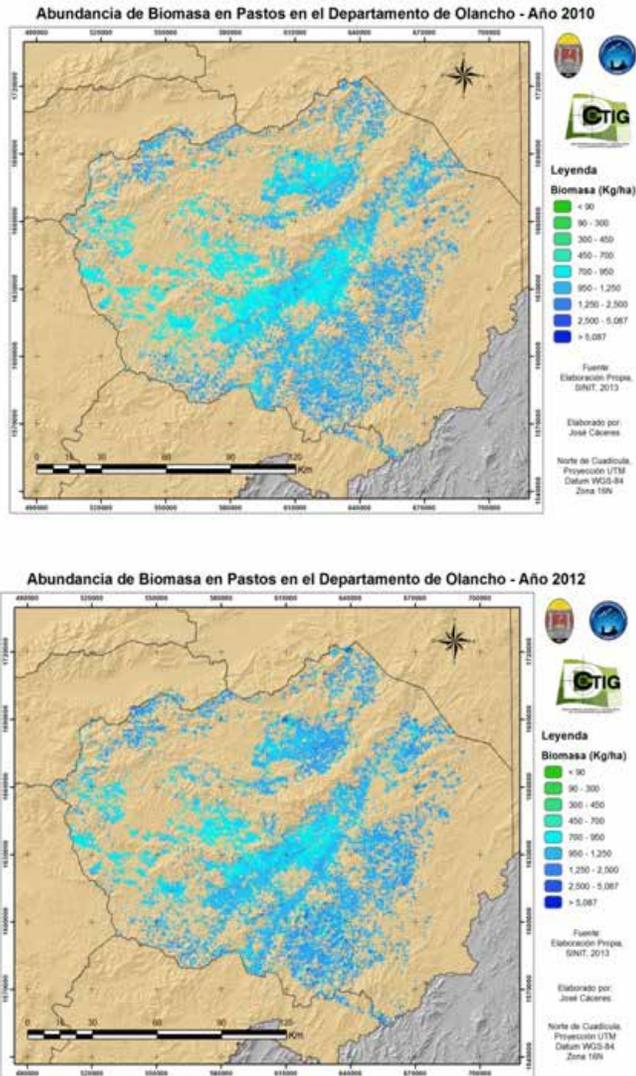


Figura 4. Estimaciones de Biomasa del pasto obtenida a partir de imágenes Landsat para la zona de estudio, 2010 y 2012.

Conclusiones

En este estudio hemos investigado el uso de índices espectrales derivados de los sensores TM y ETM+ a bordo del satélite Landsat para la estimación de biomasa y stocks de carbono del pasto en departamento de Olancho, así como la importancia de contar con información medida en campo para calibrar los modelos de estimación a partir de regresiones simples. Las imágenes Landsat fueron procesadas antes del cálculo de los índices espectrales y se obtuvo que para la predicción de biomasa en pastos, la utilización de un índice como el EVI brinda un modelo más robusto ($R^2=0,87$) frente a otros índices más tradicionales como el NDVI, siendo este valor comparable con resultados obtenidos por otros autores con metodología similar ((Cheng, Zarco-Tejeda, Riaño, Rueda, & Ustin, 2006; Malstrom et al., 2009; Science, Education, & Affairs, 2003; Todd et al., 1998). Estos datos ponen de manifiesto el interés de utilizar imágenes de satélite para la estimación de variables biofísicas, que de otra manera requerirían de costosos muestres de campo, inabordables para medios y grandes territorios.

Resalta el hecho de que los cambios estacionales para los años estudiados, siendo necesaria la incorporación de otras variables para poder determinar que otros factores pueden contribuir a las fluctuaciones de la biomasa a lo largo del tiempo, principalmente variables climatológicas.

Bibliografía

- ANED (2013). *Plan de Desarrollo Regional con Enfoque de Ordenamiento Territorial de la Región Valles de Olancho*. In SEPLAN (Ed.). Honduras
- ANED. (2013). *Plan de Desarrollo Regional con Enfoque de Ordenamiento Territorial de la Región Valles de Olancho*. Honduras.
- Blackburn, G. A. (1998). Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales; an evaluation of some hyperspectral approaches. *Remote Sensing of Environment*, 6(3), 273-285.
- Cheng, Y.-B., Zarco-Tejeda, P., Riaño, D., Rueda, C., & Ustin, S. (2006). Estimating vegetation water content with hyperspectral data for different canopy scenarios: Relationships between AVIRIS and MODIS indexes. *Remote Sensing of Environment*, 105, 354-366.

- Cho, M. A., Skidmore, A., Corsi, F., van Wieren, S. E., & Sobhan, I. (2007). Estimation of green grass/herb biomass from airborne hyperspectral imagery using spectral indices and partial least squares regression. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9(4), 414-424. doi: 10.1016/j.jag.2007.02.001
- Edirisinghe, A., Clark, D., & Waugh, D. (2012). Spatio-temporal modelling of biomass of intensively grazed perennial dairy pastures using multispectral remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 16, 5-16. doi: 10.1016/j.jag.2011.11.006
- García, M., Riaño, D., Chuvieco, E., & Danson, F. M. (2010). Estimating biomass carbon stocks for a Mediterranean forest in central Spain using LiDAR height and intensity data. *Remote Sensing of Environment*, 114(4), 816-830. doi: 10.1016/j.rse.2009.11.021
- Kogan, F., Stark, R., Gitelson, A., Jargalsaikhan, L., Dugrajav, C., & Tsooj, S. (2004). Derivation of pasture biomass in Mongolia from AVHRR-based vegetation health indices. *International Journal of Remote Sensing*, 25(14), 2889-2896. doi: 10.1080/01431160410001697619
- Malmstrom, C. M., Butterfield, H. S., Barber, C., Dieter, B., Harrison, R., Qi, J., . . . Wirka, J. (2009). Using *Remote Sensing to Evaluate the Influence of Grassland Restoration Activities on Ecosystem Forage Provisioning Services*. *Restoration Ecology*, 17(4), 526-538. doi: 10.1111/j.1526-100X.2008.00411.x
- Marklund, L. G., & Schoene, D. (2006). Global assessment of growing stock, biomass and carbon stock. In FAO (Ed.), *Forest resources assessment programme 2005*. Working paper 106. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Masek, J. G., Vermote, E., Saleous, N., Wolfe, R., Hall, F., Huemmrich, K., . . . Lim, T.-K. (2006). A Landsat Surface Reflectance Dataset for North America, 1990-2000. *Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3, 68-72.
- Meng, Q., Cieszewski, C. J., Madden, M., & Borders, B. (2007). A linear mixed-effects model of biomass and volume of trees using Landsat ETM+ images. *Forest Ecology and Management*, 244(1-3), 93-101. doi: 10.1016/j.foreco.2007.03.056

- Muukkonen, P., & Heiskanen, J. (2007). Biomass estimation over a large area based on standwise forest inventory data and ASTER and MODIS satellite data: A possibility to verify carbon inventories. *Remote Sensing of Environment*, 107(4), 617-624. doi: 10.1016/j.rse.2006.10.011
- Science, R. C. f. S., Education, T., & Affairs, U. N. O. f. O. S. (2003). *Remote Sensing and the Geographic Information System: Education Curriculum*: United Nations, Office for Outer Space Affairs.
- Todd, S. W., Hoffer, R. M., & Milchunas, D. G. (1998). *Biomass estimation on grazed and ungrazed rangelands using spectral indices*. *International Journal of Remote Sensing*, 19(3), 427-438. doi: 10.1080/014311698216071

ARQUEOASTRONOMÍA Y ASTRONOMÍA CULTURAL

Tendencias curriculares en Astronomía Cultural

Javier Mejuto

Resumen

El presente trabajo realiza un recorrido por la situación académica de la disciplina desde sus primeros pasos hasta el presente proyectando el futuro de la misma en los próximos años. El objetivo es su presencia fuerte y definitiva en los centros de educación superior. Se realiza un análisis global de los diferentes planes de estudios -tanto en educación formal como no formal- en Astronomía Cultural y disciplinas afines para conocer las tendencias y materias que están conformando en la actualidad el cuerpo de conocimientos y competencias de los egresados de estos estudios. Debido a la baja inclusión en el ambiente académico de la disciplina en todo el mundo se propone la creación de unos estudios de licenciatura en Astronomía Cultural como el siguiente paso necesario para el desarrollo de la disciplina.

Palabras claves: Astronomía Cultural, Arqueoastronomía, Desarrollo curricular.

Abstract

This paper provides an overview of the academic status of the discipline, from its beginning to the present, to project the future of the discipline in the coming years which should be marked by a strong and permanent presence in higher education. A comprehensive analysis between Cultural Astronomy different studies – in formal and non-formal education- is conducted in order to know the trends and subjects that are shaping today's body of knowledge and skills of the graduates of these studies. Due to the discipline's low inclusion in the academic environment worldwide creating a Degree in Cultural Astronomy as the next necessary for the development of the discipline step is proposed.

Keywords: Cultural Astronomy, (javier.mejuto@unah.edu.hn) Archaeoastronomy, Curriculum Development.

Javier Mejuto, Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural. Facultad de Ciencias Espaciales Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Introducción

Se considera tradicionalmente que la Astronomía Cultural –usando la definición disciplinar de Iwaniszewski (Iwaniszewski, 1991), aunque el término ha ido cambiando desde su denominación como astroarqueología (Iwaniszewski, 1994)- comienza con el trabajo de Sir Norman Lockyer y, en particular, con su libro *The Dawn of Astronomy* en 1894. A pesar de que ya han pasado más de 100 años, se sigue asumiendo que la Astronomía Cultural es una ciencia emergente y muy joven en comparación con otras ciencias. Aunque cabría pensar que en los 120 años que han pasado desde la publicación del libro de Lockyer el desarrollo de la disciplina ha sido lineal, basta consultar algunas recensiones históricas (Baity, 1973) o la evolución del mismo término arqueoastronomía para darse cuenta de lo contrario, siendo en ocasiones incluso aparcada por décadas. Sin embargo, este trabajo no busca ocuparse tanto de la historia disciplinar como de su presente y muy especialmente de su futuro dada su emergencia y juventud.

Existen varios momentos clave que han ido conformando el campo. En particular se han marcado una serie de tendencias que se desarrollaron con las primeras investigaciones en el área y que han permanecido vigentes hasta la actualidad. El primer punto de interés es la preponderancia de los estudios sobre megalitismo en Europa, plasmada en trabajos icónicos como *Stonehenge and other british monuments astronomically considered* del mismo Lockyer, que han relegado a otros contextos culturales a un plano muy secundario en la Astronomía Cultural. Afortunadamente, la expansión de las investigaciones a otros países ha diversificado y aumentado –aunque no de manera suficiente, especialmente en número- la cantidad de trabajos sobre contextos arqueológicos: Neolítico, Calcolítico, Bronce, Edad del Hierro, etcétera. A la par del interés por el megalitismo aparece otra tendencia, la geofocalización de los trabajos dentro del área geográfica cercana al investigador que los realiza. Esta tendencia que puede parecer lógica, no se da con igual intensidad en disciplinas afines como la astronomía, arqueología, antropología o etnología.

Inducido por el trabajo de Thom en los años 60 del siglo XX también se ha ido conformando en la Astronomía Cultural europea una preponderancia de la metodología sobre los aspectos culturales de los pueblos que se estudian. Este ha sido un punto de desencuentro en la disciplina entre el viejo y el nuevo mundo, éste último mucho más preocupado por los aspectos culturales de los estudios, dando lugar a la famosa distinción entre la Arqueoastronomía marrón y verde. En América la disciplina goza de una gran salud resultado de la repercusión que han tenido los

trabajos sobre las principales culturas americanas entre los investigadores arqueólogos con los que a menudo se han realizado trabajos interdisciplinarios de gran relevancia e interés, sin embargo debemos tener cuidado de no caer en los vicios ya expuestos con el megalitismo europeo y que otras culturas caigan en el olvido científico.

Afortunadamente las investigaciones tanto en América como en Europa están convergiendo hacia trabajos metodológicamente consistentes aunando un fuerte componente cultural. En relación con la metodología propiamente dicha, no ha ayudado el hecho de que los trabajos hayan venido de la mano de profesionales de ramas tan dispares como geología, astronomía, topografía, ingeniería civil, arqueología, ... Todas estas disciplinas han venido acompañadas de su propia metodología de trabajo y han provocado cierto grado de caos metodológico que también ha venido acompañado por su equivalente teórico. En la actualidad -desde un punto de vista académico- la situación de la disciplina es halagüeña pero insuficiente. Existen una cantidad creciente de investigadores que trabajan en el campo desde las universidades y centros de investigación pero sin tener una posición real como campo del conocimiento en dichas universidades. En muchas ocasiones la actividad investigadora en Astronomía Cultural se realiza de forma marginal al campo principal en el que trabajan los investigadores. Esto se refleja en el pequeño impacto que tiene en la docencia universitaria la Astronomía Cultural y de la luego hablaremos.

Los profesionales de la Astronomía Cultural también se encuentran con la necesidad de un medio eficaz y reconocido dónde publicar sus trabajos especializados, efectivamente existen algunas publicaciones pero son de publicación bastante aperiódica en su mayoría. Igualmente valiosa es la creciente creación de redes profesionales que avalen a sus miembros y permitan a los mismos compartir sus experiencias posibilitando el desarrollo de trabajos cada vez más estandarizados y de mayor calidad.

Los problemas esbozados reflejan una disciplina joven, que no acaba de encontrar su lugar entre las ciencias sociales y naturales, entre disciplinas ya consolidadas desde hace tiempo. Uno de los pasos necesarios para consolidarse es encontrar un sitio en el mundo académico universitario. Por lo tanto, es necesario realizar una reflexión que apunte a un desarrollo curricular, científico y ocupacional en Astronomía Cultural. Podría argumentarse que es suficiente con una serie de cursos de posgrado, especialización o tecnificación que completen la formación inicial. Esta posibilidad continuaría creando profesionales con formación heterogénea –en exceso y con vacíos conceptuales en numerosas ocasiones- que seguiría

impidiendo un desarrollo apropiado disciplinar a través de la discusión epistemológica bajo los mismos parámetros científicos que conlleve a una definición unívoca los objetivos y finalidades de esta rama científica. Es por ello que en este trabajo se propone la necesidad de desarrollar una línea curricular en grado de licenciatura bajo la seguridad de que la misma permitirá homogeneizar a los futuros profesionales.

Si conseguimos que todos estos problemas, ya endémicos de la disciplina, se solucionen a través de una formación específica adecuada sin duda podremos asistir a la consolidación del campo como uno de los de mayor proyección actualmente.

Metodología

Se ha pretendido recopilar, comparar y analizar los diferentes grados que existen en la actualidad a nivel internacional en Astronomía Cultural. Se han evaluado una serie de parámetros que se han considerado relevantes para completar un análisis final de los mismos.

En particular, se han analizado comparativamente si existen conocimientos y/o estudios requeridos para ingresar a los estudios y en su caso de cuales se trata. Para ello se han analizado las asignaturas, grados o conocimientos previos que son requeridos como base para cursar los programas en estudio.

Se analizaron los perfiles de los estudiantes, aptitudes, competencias y/o habilidades que se requieren para cursar los programas en estudio. Estos mismos programas de estudios se analizaron comparativamente junto con los currículos asociados.

Se ha puesto especial hincapié en las disciplinas y ramas científicas asociadas a los estudios. Se han analizado la existencia de ciencias afines y diferentes áreas del conocimiento, identificando cuáles son. Asimismo se han ubicado los estudios geográficamente y, dentro de las universidades, se ha identificado en qué facultades o asociadas a qué estudios se asocian los estudios en Astronomía Cultural.

Por último se analizaron las competencias y conocimientos específicos de los egresados. Aptitudes, competencias y/o habilidades que se requieren para egresar de los programas en estudio.

Asimismo para completar la imagen de la situación de la Astronomía Cultural se ha realizado una revisión de otros aspectos que conforman la disciplina, como son las revistas especializadas en el campo y las asociaciones científicas.

Resultados

Actualmente existen pocos ejemplos de grados en astronomía cultural (ver Tabla 1), comparativamente hablando con otras disciplinas. Como se comentaba anteriormente la incursión en la universidad a nivel docente es todavía tímida. De cualquier manera, se pueden dividir en tres grandes grupos, estudios de grado, estudios de posgrado y educación no formal.

Entre los estudios de grado tenemos 5 relacionados con la astronomía cultural que se dividen en 4 asignaturas optativas generales y una obligatoria en una licenciatura de otra disciplina. Entre los estudios de posgrado tenemos 4 que se dividen en una asignatura optativa en un programa de maestría de otra disciplina, una asignatura obligatoria en una maestría de otra disciplina, una maestría con temática en astronomía cultural y un programa de doctorado en Astronomía Cultural. Por último, como estudios no formales tenemos un diplomado y 2 seminarios de investigación.

Geográficamente los estudios se dividen en las dos regiones que históricamente han tenido un mayor número de estudios en Astronomía cultural, Europa y América (ver figura 1).



Figura 1. Lugares dónde se encuentran los estudios en Astronomía Cultural.

En Europa los estudios con más tradición se sitúan en Inglaterra, en la facultad de Arqueología e Historia antigua de la Universidad de Leicester. Los llamados *courses in Archaeoastronomy* encierran una asignatura optativa general de grado que cubre aspectos introductorios de la disciplina y que viene siendo llevado a cabo por Clive Ruggles. Es un curso de 11 semanas dividido en cuatro bloques temáticos: naturaleza y desarrollo de la Arqueoastronomía, Astronomía en la Gran Bretaña e Irlanda prehistóricas, Arqueoastronomía en el mundo y salidas de campo.

También optativas generales son las asignaturas del único departamento universitario de la disciplina, el Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural en la Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Estás dos asignaturas son: *Introducción a la Arqueoastronomía* e *Introducción a la Arqueoastronomía Maya*, como su propio nombre indica son de carácter introductorio con una fuerte componente de conocimiento en culturas mesoamericanas. Las asignaturas –que son elegibles a nivel de grado- se imparten 3 veces en el año académico con varias secciones para cada una de las asignaturas, sobrepasan los 300 alumnos en el curso en ambos casos.

El siguiente curso, *Archeoastronomia*, que imparte Giulio Magli se incluye en los planes de estudio de la licenciatura de Diseño Arquitectónico del Instituto Politécnico de Milán. Tiene un fuerte componente de las culturas romana y egipcia, debido a que son las áreas en las que ha venido Magli investigando durante su carrera profesional.

Las últimas asignaturas de grado son las que Aveni imparte en la Universidad de Colgate dentro de los Estudios Nativo-Americanos. Las dos asignaturas: *Astronomy in culture* y *Comparative cosmologies* forman parte de las asignaturas optativas elegibles para los egresados del programa de estudios nativo-americanos, como es obvio, tratan aspectos de culturas indígenas americanas y no se ocupan de otros nichos culturales o geográficos.

Cambiando ahora a los estudios de posgrado, comenzaremos con la asignatura optativa Exploración geofísica y orientación topoastronómica de yacimientos arqueológicos, dentro del Máster en Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid. Es impartida por María de Gracia Rodríguez-Caderot y María Luisa Cerdeño que dirigen, a su vez, el grupo de investigación en arqueoastronomía de la Universidad Complutense de Madrid, que con el que dirige Juan Antonio Belmonte en Canarias son los dos grupos actuales de investigación en el campo más relevantes en España.

De nuevo en el Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural de Honduras nos encontramos con una asignatura, Seminarios en Arqueoastronomía, dentro del programa de la Maestría Académica Regional Centroamericana en Astronomía y Astrofísica (MARCAA). Se trata de una asignatura basada en la investigación que se realiza en el propio departamento y destinada a que los alumnos conozcan las nociones básicas disciplinares así como las técnicas propias de la Astronomía Cultural.

Los dos siguientes programas de estudio son los dos únicos casos que tenemos hasta el momento que se pueden considerar como grados en Astronomía Cultural. Se trata de la Maestría en Astronomía Cultura y Astrología impartido desde 2002 (Brady y Bird, 2013; Campion y Malville, 2011), y desde 2008 solamente en modalidad virtual, dentro de la Facultad de Arqueología, Historia y Antropología de la Universidad de Gales. La maestría consta de 180 créditos ECTS, con unos módulos obligatorios de 20 créditos ECTS cada uno: Introducción a la astronomía cultural y la astrología, Métodos de investigación: Etnografía y trabajo de campo, Historia de la astrología. El curso se completa con la elección de uno de los tres itinerarios: El cosmos interior, Estrellas y piedras y Tierra y Cielo, y una asignatura de uno de los otros dos restantes junto con una disertación.

Para finalizar con la educación formal tenemos el programa de doctorado de la Escuela de Artes y Ciencias de la Ilia State University que incluye en su plan de estudios: Curso especial de Astronomía, Astronomía Cultural y Arqueoastronomía, Arqueología del Paisaje, Historia antigua. Según la información que muestra la dirección del doctorado se trata de un programa de 4 años gratuito.

Estudios en Astronomía Cultural

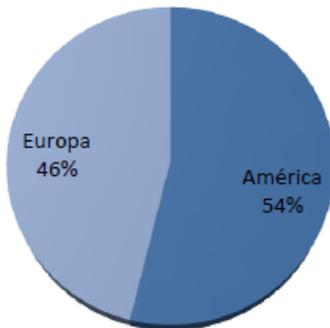


Figura 2. Distribución geográfica de los estudios en Astronomía Cultural

La educación no formal ha sido importante en la conformación actual de la disciplina ya que ha sido una manera de introducirse en el ámbito académico en muchas universidades y centros de investigación. En este capítulo tenemos el Diplomado en Arqueoastronomía Maya, del ya comentado Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural hondureño, y los seminarios de investigación que dirigen en la Universidad Nacional Autónoma de México, Jesús Galindo Trejo y Stanislaw Iwanisewski dentro de la Escuela Nacional de Antropología e Historia. El otro seminario de investigación es el que lleva a cabo Clive Ruggles en Leicester como complemento a los Courses in Archaeoastronomy comentados previamente.

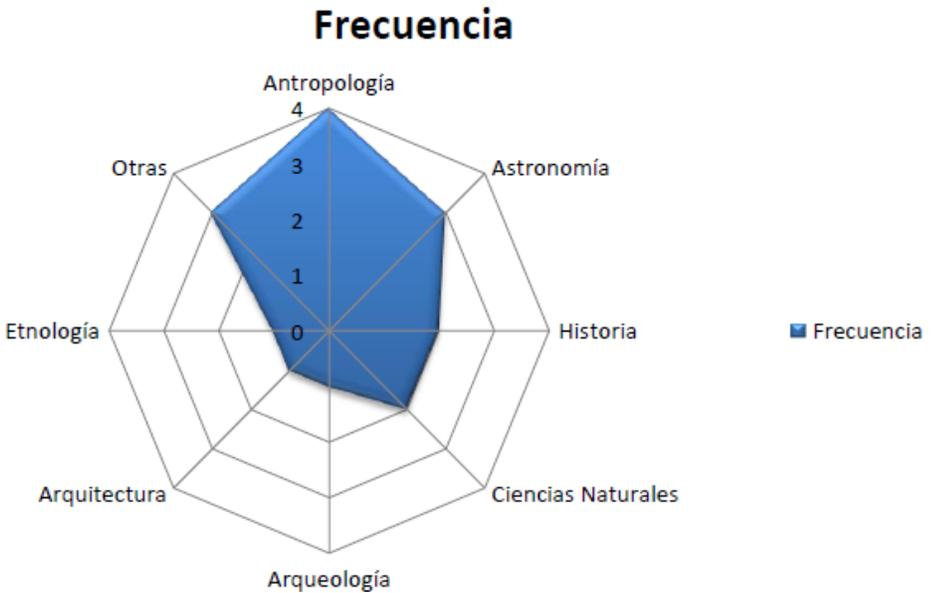


Figura 3. Frecuencia de asignaturas relacionadas con los requisitos de entrada a los estudios

Se trata de un total de 13 casos, entre estudios de grado (46.2%), posgrado (30.7%) y educación no formal (23.1%). De ellas el 46.2% son optativas de algún tipo y solamente el 15.4% conforman grado académico y ninguna de ellas de licenciatura (ver figura 4). Geográficamente el 46.2% se imparten en Europa y el 53.8% en América (ver figura 2).

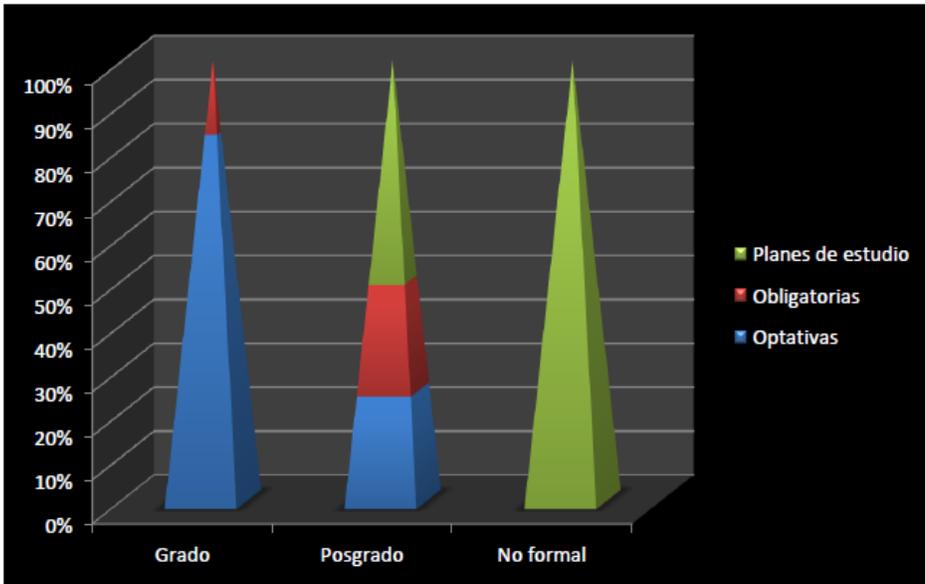


Figura 4. Reparto de estudios optativos, obligatorios y planes de estudio propios entre niveles de grado, posgrado y educación no formal

En cuanto a los requisitos de entrada a los estudios, solamente el 38.2% especifican algún requisito entre los que destacan Antropología (23.5%), Astronomía (17.6%), Historia (11,8%). Tras ellos aparecen Arqueología, Física, Matemáticas, Inglés, Arquitectura, Etnología y otras Ciencias Sociales y Humanidades, todos ellos aparecen en un 5.8% de las ocasiones (ver figura 3).

Los estudios se sitúan en facultades de Arqueología, Historia o Antropología en el 33.3% de las ocasiones, el 50% en las facultad de Ciencias y el 16.7% en facultades de Arquitectura.

Discusión

Los cursos y grados en Astronomía Cultural, al igual que los trabajos científicos aunque van creciendo de forma muy sustancial en África y Oceanía, están polarizados en los continentes europeo y americano pero Europa está perdiendo la hegemonía en este campo que siempre tuvo debido a que fue en este continente dónde comenzó la disciplina. Dentro de esta polarización es América la que posee un mayor número de cursos, siendo Honduras con el 57.1% el lugar más propicio para estudiar Astronomía Cultural en cuanto a número y variedad de cursos espe-

cíficos. De hecho, al ser el único departamento universitario del campo se abren unas posibilidades de desarrollo disciplinar a través de él que no existían hasta el momento.

Sin embargo en los estudios, como vemos, no existe una licenciatura propia en Astronomía Cultural. Es reseñable que existan estudios en todos los demás grados educativos superiores salvo a nivel de licenciatura. Sin embargo, ello responde a la propia concepción de la disciplina, que ha venido siendo una disciplina que se encuentra a caballo entre dos paradigmas científicos muy diferentes y marcados (la Astronomía y la Arqueología), que ha ocasionado ciertos problemas típicos de los trabajos interdisciplinarios. Al no considerarse, hasta el momento, como una disciplina independiente se ha ido incluyendo en otros planes de estudio, como asignatura optativa o como conocimientos complementarios a disciplinas como la antropología y la arqueología, entre otras.

Si bien es cierto que podríamos considerar a la Astronomía Cultural como disciplina auxiliar de otras ciencias, no es menos cierto que es y debe considerarse una disciplina con entidad propia epistemológica y metodológicamente diferenciada. En la actualidad, la situación que podemos ver a través de los datos se corresponde de forma extraordinaria con la historia de la disciplina. Desde los inicios, han sido ciertos investigadores -Michael Hoskin, Aveni, Clive Ruggles, en el ambiente anglosajón y otros como María Cristina Pineda, Santos Vito Véliz o Ricardo Agurcia en Honduras o Juan Antonio Belmonte, Gracia Rodríguez-Caderot y María Luisa Cerdeño en España- los que a través de sus intereses y trabajo han creado en su entorno núcleos de investigación que, a su vez, germinaron en grupos de investigadores que continuaron el trabajo ampliándolo en número de estudios, países y culturas estudiadas.

TIPO	NOMBRE	CARÁCTER	FACULTAD	UNIVERSIDAD
GRADO	Courses in Archaeoastronomy	Optativa General	School of Archaeology & Ancient History	University of Leicester
	Introducción a la Arqueoastronomía	Optativa General	Facultad de Ciencias Espaciales	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
	Introducción a la Arqueoastronomía Maya	Optativa General	Facultad de Ciencias Espaciales	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
	Astronomy in Culture	Optativa (Native American Studies)	_____	Colgate University
	Comparative Cosmologies	Optativa (Native American Studies)	_____	Colgate University
	Archeoastronomia	Obligatoria (Architectural Design)	Scuola di Architettura Civile	Politecnico de Milano
POSGRADO	Exploración geofísica y orientación topoastronómica de yacimientos arqueológicos	Optativa (Máster en Geofísica)	Facultad de Ciencias Físicas	Universidad Complutense de Madrid
	Seminarios en Arqueoastronomía	Obligatoria (MARCAA)	Facultad de Ciencias Espaciales	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
	MA Cultural Astronomy and Astrology	_____	Sophia center for the study of cosmology in culture	University of Wales
	Ph.D program in cultural astronomy and archaeoastronomy	_____	School of Arts & Sciences	Iliia State University
NO FORMAL	Diplomado en Arqueoastronomía Maya	_____	Facultad de Ciencias Espaciales	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
	Seminarios en Arqueoastronomía	_____	Escuela Nacional de Antropología e Historia	Universidad Nacional Autónoma de México
	School Research Seminar Series	_____	School of Archaeology & Ancient History	University of Leicester

Tabla 1. Estudios en Astronomía Cultural. Para más información ver Anexo I.

La centralización en investigadores individuales, aunque lógica en el momento que se encuentra la disciplina, ha tenido como consecuencia que los estudios en arqueoastronomía sean sesgados y faltos de estandarización. Por ejemplo, la asignatura del Instituto Politécnico de Milán se enfoca especialmente en la cultura egipcia, ya que es ésta la especialidad del profesor Magli que la imparte. Faltan por lo tanto, un verdadero plan de estudios que sea integrador y permita obtener al egresado una visión general y completa de la disciplina, consiguiendo así crear un verdadero perfil profesional de astrónomo cultural.

A pesar de que existen tres grandes asociaciones profesionales: SEAC (Sociedad Europea de Astronomía Cultural), SIAC (Sociedad Interamericana de Astronomía Cultural), ISAAC (International Society for Archaeoastronomy and Astronomy in Culture), no ha surgido entre ellas un grupo de profesionales que acometa esta estandarización disciplinar y la verdadera inclusión del campo en la comunidad universitaria.

Otro ejemplo de la necesidad de estandarizar y estabilizar los estudios dentro de la universidad son las revistas científicas del campo. Inicialmente los trabajos se fueron publicando en el suplemento -ya extinto- de la *Journal for the History of Astronomy*. En la actualidad, existen otras revistas como *Archaeoastronomy: the journal of astronomy in culture*, sin embargo la mayor parte de los artículos deben publicarse en revistas no específicas del campo haciendo difícil su seguimiento y la discusión entre profesionales mediante sus páginas. Como vemos, la subsidiariedad disciplinar actual de la Astronomía Cultural se refleja en los aspectos de investigación como docencia.

Si nos detenemos en los datos que arroja el presente estudio, vemos –la ya comentada- preponderancia de los estudios optativos o incluidos en otras carreras, solamente el 15.4% de los estudios conforman grado propio en Astronomía Cultural. Por otro lado, se puede apreciar el carácter interdisciplinario tan defendido por muchos autores. En especial, podemos definir como campos afines la Antropología, Arqueología, Astronomía e Historia en primera instancia, seguidos por una serie de campos de las Ciencias Sociales, Naturales y Humanidades. En cuanto a los lugares donde se imparten estos estudios es casi de forma exclusiva en facultades de ciencias y facultades de Arqueología e Historia, de forma coherente con las disciplinas afines a la Astronomía Cultural.

Debido al carácter multidisciplinar de la Astronomía Cultural el diseño curricular de un plan de estudios de una licenciatura presenta mayores dificultades que el diseño de licenciaturas de campos clásicos. Aún con estas dificultades es

posible proponer un esbozo de plan de estudios modular basado en las ciencias y disciplinas afines de la Astronomía Cultural, junto con asignaturas que enlacen y relacionen conceptos transdisciplinarios. También son de relevancia asignaturas específicas de metodología de trabajo de campo y análisis posterior de datos. Finalmente son necesarias aquellas asignaturas que permitan un manejo de las nuevas tecnologías con la finalidad de un manejo correcto de datos como el desarrollo y manejo de software específico.

Si queremos, como se propone en estas líneas, la creación de unos estudios en grado de licenciatura no debemos olvidar el perfil del egresado que demanda el campo, así como su nicho profesional. Aunque mayoritariamente, en estos momentos, la principal salida profesional se encuentra en la academia a través de la investigación, ya hemos visto por el número creciente de cursos y estudios que la docencia demandará cada vez más profesionales del campo. Qué duda cabe que los profesionales egresados de la Licenciatura en Astronomía Cultural serán profesionales en un campo muy específico, lo cual podría pensarse que les reducirá las posibilidades de encontrar un empleo. Sin embargo, tenemos ejemplos que avalan las posibilidades de colocarse en el mundo laboral. Ejemplos de ello son los estudios mesoamericanos, estudios indígenas de diversos tipos, arqueometrías como la arqueometalurgia, arqueobotánica, etcétera. Estos son ejemplos de especialistas que son incluidos en grandes proyectos científicos de muy diversa índole.

Además de estos campos, más o menos tradicionales, últimamente se están abriendo grandes oportunidades laborales en los campos del turismo cultural arqueológico (Alonso López, 2008) y el patrimonio. El patrimonio cultural considera los monumentos: obras arquitectónicas, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos; los conjuntos: grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal; y los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos; todos ellos que tengan un valor excepcional desde el punto de vista de la historia, el arte, lo estético, etnológico, antropológico o de la ciencia. Una nueva categoría patrimonial del máximo interés para la Astronomía Cultural es el Patrimonio Astronómico. En este concepto trabajan la UNESCO, el International Council on Munuments and Sites (ICOMOS) y el Grupo de Astronomía y Patrimonio de la Humanidad de la Unión Astronómica Internacional. El Patrimonio Astronómico es la evidencia relativa a la práctica de la Astronomía y los usos y representaciones sociales de la misma. Comprende cuatro categorías: monumentos y sitios, tangible y fijo; instrumentos y artefactos, tangible móvil; conocimientos e ideas, intangible

cultural; y paisaje y cielos, natural (UNESCO and World Heritage Center, 2014). Como es obvio, esto abre unas posibilidades laborales para los futuros astrónomos culturales en los campos del turismo cultural y las ciencias del patrimonio que hasta la actualidad no existían.

Conclusión

La Astronomía Cultural se encuentra en un momento decisivo para su definición futura como campo científico. Es el momento de tener una disciplina estandarizada, libre de los problemas que, como disciplina emergente e interdisciplinar, ha padecido.

La creación de una Licenciatura en Astronomía Cultural permitirá que los planes de estudio se estandaricen, permitiendo un perfil único de profesional del campo, cerrando con ello la brecha que existe entre estudios de grado y posgrado. Como consecuencia aparecerá una disciplina bien diferenciada con carácter multi e interdisciplinar. Se evitará la dependencia directa de la formación del alumnado por los intereses científicos del profesorado. Al crearse una comunidad homogénea de profesionales parece inmediato que las redes profesionales y revistas especializadas se verán ampliadas y desarrolladas por una mayor cantidad de profesionales siempre compartiendo un mismo marco conceptual.

Este trabajo ha permitido definir las llamadas disciplinas afines de la Astronomía Cultural y que nos permitirán conformar el currículo de la futura licenciatura dentro de los parámetros teóricos disciplinares. Que exista unos estudios propios en el grado de licenciatura que ayuden a conformar de forma definitiva y estable la disciplina no implica abandonar el carácter interdisciplinar de la Astronomía Cultural, si no que debemos reforzar y afianzar estos aspectos a través de la estandarización de los estudios, siempre abiertos a una ciencia dinámica. Creo que la creación de este tipo de estudios solamente puede redundar en una mejora de la Astronomía Cultural en todos los aspectos, produciendo trabajos de una gran calidad científica que permita el reconocimiento del resto de campos científicos con los que compartimos objetos de estudio.

Bibliografía

- Alonso López, O. (2008) Turismo Arqueoastronómico: Diseño de una Ruta Turística arqueoastronómica en la Zona Arqueológica de Teotihuacan como un Servicio Turístico Innovador. Tesis de Maestría.

- Baity, Elizabeth (1973) *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy So Far, Current Anthropology*, Vol. 14, N° 4.
- Brady, B. y Bird, A. (2013) "A Niche Degree: a Case Study of an MA (in Cultural Astronomy and Astrology)". *Diskus 14*: 55-69
- Cerdeño, M. L.; Rodríguez-Caderot, G.; R. Moya, P.; Ibarra, A. y Herrero, S. (2006). "Los estudios de arqueoastronomía en España: Estado de la cuestión". *Trabajos de Prehistoria*, 63, 2, pp. 13–34.
- Champion, N., Malville, M. (2011). Masters-level education in archaeoastronomy at the University of Wales Trinity Saint David "Oxford IX" International Symposium on Archaeoastronomy. *International Astronomical Union Proceedings IAU Symposium No. 278, 2011*. Clive L. N. Ruggles, ed. doi:10.1017/S1743921311012804
- Iwaniszewski, S. (1991). "Astronomy as a Cultural System". *Interdisciplinarni izsledvaniya*, 18, pp. 282–288.
- — (1994). "De la astroarqueología a la astronomía cultural". *Trabajos de Prehistoria*, 51 (2), pp. 21–39.
- Pineda de Carías, M. C., Vito Veliz y Ricardo Agurcia Fasquelle (2002a). "Del grande y complejo plan de 18 Conejo para la Plaza del Sol del Parque Arqueológico de Copán Ruinas". *Revista del Instituto Hondureño de Antropología e Historia. Edición Conmemorativa 50 Aniversario: 1952-2002*:126-134. Instituto Hondureño de Antropología e Historia. Tegucigalpa, Honduras.
- — (2002b). "Acerca de las observaciones del Sol realizadas en la Gran Plaza del Parque Arqueológico de Copan Ruinas, Honduras". *Revista Yaxkin, Volumen XXI*:15-44. Instituto Hondureño de Antropología e Historia. Tegucigalpa, Honduras.
- — (2009). "Estela D: Reloj Solar de la Plaza del Sol del Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Honduras". *Revista Yaxkin. Instituto Hondureño de Antropología e Historia. Año 34, Vol. XXV, No.2*: 111-138.
- UNESCO and World Heritage Center. (2 de Julio de 2014). Portal to the Heritage of Astronomy. Recuperado el 2 de julio de 2014, de Portal to the Heritage of Astronomy: <http://www2.astronomicalheritage.net/index.php/what-is-astronomical-heritage>

- Williamson, R.A. (1981). "Archaeoastronomy in the Americas". Ballena Press y Center for Archaeoastronomy. Los Altos.

ANEXO I

ESTUDIOS EN ASTRONOMÍA CULTURAL

- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS

<http://faces.unah.edu.hn/arqueo>

<http://faces.unah.edu.hn/astro/marcaa/>

- UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

http://pendientedemigracion.ucm.es/info/Geofis/webmaster/yacimientos_arqueolo.htm

- UNIVERSIDAD DE LEICESTER

<http://www.uwtsd.ac.uk/ma-cultural-astronomy-astrology/>

<http://www2.le.ac.uk/departments/archaeology/research/seminars>

- UNIVERSITY OF WALES

<http://www.uwtsd.ac.uk/ma-cultural-astronomy-astrology/>

- ILIANA STATE UNIVERSITY

http://www.iliauni.edu.ge/index.php?sec_id=932&lang_id=ENG#3

- INSTITUTO POLITECNICO DE MILANO

https://www4.ceda.polimi.it/manifesti/manifesti/controller/extra/RegolamentoPublic.do?jaf_currentWFID=main&EVN_DEFAULT=evento&k_corso_la=1118&aa=2014&lang=EN

- COLGATE UNIVERSITY

<http://www.colgate.edu/academics/course-catalogue/native-american-studies>

NOTAS INFORMATIVAS

Revista Ciencias Espaciales, instrucciones a los autores y criterios para el diseño, diagramación y maquetación

Historia:

La Facultad de Ciencias Espaciales (FACES) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras fue creada por el Consejo Universitario en Abril de 2009, en reconocimiento al funcionamiento del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS) que venía funcionando desde la década anterior. Está organizada en los departamentos académicos de Astronomía y Astrofísica, Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, Arqueoastronomía y Astronomía Cultural y Ciencias Aeronáuticas. Un departamento es la unidad académica básica y fundamental de la Universidad que agrupa a una comunidad de docentes especializados en un campo determinado del conocimiento, que trabaja organizadamente en equipo en la docencia, la investigación, la vinculación con la sociedad, la asesoría y gestión académica.

Desde su creación, ha sido política de la FACES el desarrollo de la investigación científica como una de sus actividades académicas más importantes. En consecuencia todos los profesores de sus departamentos, participan y desarrollan proyectos de investigación científica incluidos como parte de la Carga Académica, participando con grupos de investigadores nacionales y extranjeros.

En el año 2009, la producción científica de los profesores de la FACES empezó a hacerse evidente por lo que la Dirección de Investigación de la UNAH dedicó toda la temática de la Revista Ciencia y Tecnología, Número 4, Segunda Época, Junio 2009 (ISSN: 1995 – 9613) para publicar los resultados de los proyectos de investigación científica realizados por el OACS ahora Facultad de Ciencias Espaciales, como un reconocimiento a su esfuerzo y a la integración sistemática de la investigación al trabajo académico universitario.

La motivación para publicar una revista propia de la Facultad de Ciencias Espaciales estaba dada. En 2009, coincidiendo con la celebración del Año Internacional de la Astronomía, en la FACES se creó la Revista Ciencias Espaciales. Esta sería una publicación semestral, dedicando el primer número del año, denominado *primavera* a la producción científica de los diferentes campos del conocimiento trabajados en la FACES; y el segundo número, denominado *Otoño*, dedicado exclusiva y rotativamente a uno de los campos que desarrolla la Facultad.

Descripción de la Revista

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, Número 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 Número 2, llamado *Otoño*, se dedica rotatoriamente por años, a cada uno de los campos que trabaja la Facultad. Para distinguir cada uno de los campos temáticos, el fondo de la Revista cambia de: azul espacio para Astronomía y Astrofísica, verde tierra para Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica, rojo ladrillo para Arqueoastronomía y Astronomía Cultural, azul cielo para Ciencias Aeronáuticas.

La Revista Ciencias Espaciales tiene un Director y un Consejo Editorial integrado por los profesores de los Departamentos de la Facultad y otros profesores visitantes. Ellos son los encargados de recibir y gestionar el proceso de selección de los artículos, edición y publicación de la Revista. Dependiendo del campo temático del año, rotatoriamente un Editor coordina el Consejo Editorial. 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 de autores nacionales y extranjeros, residentes dentro o fuera del país. Los artículos publicados pueden estar referidos a investigaciones originales en el campo de la Astronomía y la Astrofísica, la Ciencia y las Tecnologías de la Información Geográfica, la Arqueoastronomía y las Ciencias Aeronáuticas.

nomía y la Astronomía Cultural, y las Ciencias Aeronáuticas. El contenido de cada artículo es responsabilidad de sus autores.

El arte y diagramación de la Revista Ciencias Espaciales es aprobado por la Secretaría Ejecutiva de Desarrollo Institucional de la UNAH y la Editorial Universitaria. Las dimensiones de cada ejemplar son de 23.4x16cm.

Instrucciones a los autores

Cada artículo que se remita para ser publicado en la Revista Ciencias Espaciales debe organizarse en los siguientes apartados: Título del artículo; Nombre de los autores, filiación, dirección y correo electrónico; Resumen y palabras clave, en idioma español e inglés. El texto del documento debe contener un Introducción, descripción de la metodología utilizada, presentación de resultados, discusión y conclusiones. Al final del documento se deben incluir las referencias bibliográficas, seguidas de las Tablas y Figuras utilizadas.

El título:

- Debe escribirse con letra inicial mayúscula.
- Debe ser conciso, pero informativo. Su objetivo es dar a conocer al lector lo esencial del artículo. No debe exceder de 15 palabras.

Los autores:

- El nombre completo de cada uno de los autores debe acompañarse de su grado académico más alto, institución a la que pertenece y cargo que ocupa.
- Indicar el nombre del departamento, institución o instituciones a las que se debe atribuir el trabajo.
- Dirección electrónica, teléfono y la dirección del autor responsable de la correspondencia a la que puede dirigirse avisos sobre el artículo.

Resumen y palabras clave:

- El Resumen debe contener un máximo de 250 palabras.
- Debe contener los objetivos 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.
- Después del Resumen se deben incluir de 3 a 5 palabras clave las cuales facilitaran el indizado del artículo.
- El Resumen y las palabras clave deben también ser presentadas en idioma Inglés.

Introducción:

La finalidad de esta sección es ubicar al lector en el contexto en el que se realizó la investigación, por lo que debe mencionar claramente los siguientes aspectos:

- El propósito o finalidad de la investigación: es importante que quede claro cuál ha sido el problema estudiado, y cuál es la utilidad del producto de la investigación (para qué sirve, a quien le sirve, donde se puede usar, etc.).
- Se debe enunciar de forma resumida la justificación del estudio.
- Los autores deben aclarar que partes del artículo representan contribuciones propias y cuales corresponden a aportes de otros investigadores, incluyendo en estos casos las referencias bibliográficas apropiadas.
- En esta sección se describirá de manera muy general la metodología empleada, resultados y las conclusiones más importantes del trabajo.
- Se pueden enunciar los retos que conllevó la realización de la investigación y una explicación breve de cómo se superaron.

Metodología:

En términos generales, es la manera estructurada por medio de la cual se ha logrado obtener conocimiento o información producto de la investigación. En términos prácticos, es la manera seleccionada para solucionar el problema estudiado.

Aquí se describe el diseño del método o del experimento (aleatorio, controlado, casos y controles, prospectivo, etc.). Se indicará con claridad cómo y por qué se realizó el estudio de una manera determinada. Se ha de especificar cuidadosamente el significado de los términos utilizados y detallar de forma exacta cómo se recogieron los datos. Estos métodos se describirán también en el resumen del artículo.

Se describe el área de estudio, población u objetos sobre los que se ha hecho la investigación. Describe el marco y cómo se ha hecho su selección. Describe con claridad cómo fueron seleccionados los sujetos, objetos o elementos sometidos a observación.

Se indica el entorno dónde se ha hecho el estudio. Procure caracterizar el lugar o ubicación escogida.

Se describen las técnicas, tratamientos (siempre utilizar nombres genéricos), mediciones y unidades, pruebas piloto, aparatos y tecnología, etc. Describa los métodos, aparatos y procedimientos empleados con el suficiente grado de detalle para que otros investigadores puedan reproducir los resultados.

Resultados:

Presente los resultados auxiliándose de tablas y figuras, siguiendo una secuencia lógica. No repita en el texto los datos de las tablas o figuras; destaque o resuma tan solo las observaciones más importantes. Recuerde que las tablas y figuras deben tener una numeración correlativa y siempre deben estar referidos en el texto.

Los resultados deben ser enunciados claros, concretos y comprensibles para el lector; y por supuesto, se deben desprender del proceso investigativo enmarcado en el artículo.

Discusión:

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

Conclusiones:

Son proposiciones o ideas producto o resultado de la investigación realizada, de modo que se deben relacionar con los objetivos del estudio. Evite afirmaciones poco fundamentadas o subjetivas y conclusiones insuficientemente avaladas por los datos.

Agradecimientos:

De manera opcional, al final puede incluir los agradecimientos. Este debe ser un apartado muy breve, en donde se agradece a las personas que han colaborado con la investigación, pero que no cumplan los criterios de autoría. Por ejemplo, se puede dar gracias a los que colaboraron con la ayuda técnica recibida, o en la escritura del artículo. También puede incluir en los agradecimientos el apoyo financiero y los medios materiales recibidos.

Bibliografía:

Este apartado se construye de acuerdo a 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, a una referencia de una publicación periódica u 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.

Tablas, Figuras y leyendas de las figuras

Tablas:

- Se enumeran correlativamente desde la primera hasta la última. Asígneles un breve título a cada una, pero no dentro de estas.
- En cada columna figurará un breve encabezamiento.
- Las explicaciones o información adicional se pondrán en notas a pie de la Tabla, no en el título de la tabla. En estas notas se especificarán las abreviaturas no usuales empleadas, para hacerlo se usarán como llamadas.
- Identifique las unidades de medida utilizadas. Asegúrese de que cada Tabla se halle citada en el texto, recuerde que sin esa referencia su presencia en el artículo no tiene validez.

Figuras:

- Las figuras se numerarán consecutivamente según su primera mención el texto, desde la primera hasta la última. El formato, letras, números y símbolos usados en las figuras, serán claros y uniformes en todos los que aparezcan en el artículo.
- Los títulos y las explicaciones detalladas se incluirán en las leyendas de las figuras y no en las mismas figuras.
- Si se emplean fotografías de personas, figuras o imágenes que no son de elaboración propia, se deberá incluir el permiso por escrito para poder utilizarlas.
- Todas las figuras, fotografías e ilustraciones debe tener un pie de imagen que las identifique.

Unidades de medida:

Las unidades de medida se deben expresar en unidades del sistema métrico decimal. Se debe tomar como referencia el Sistema Internacional de Unidades.

Abreviaturas y símbolos:

En las siglas, abreviaturas y símbolos, use únicamente las normalizadas. Evite las abreviaturas en el título y en el resumen. Cuando en el texto se emplee por primera vez una abreviatura o sigla, esta irá precedida del término completo, salvo salvo si se trata de una unidad de medición común.

Recomendaciones generales para presentar el artículo:

- Todo el artículo debe presentarse con letra Arial Narrow, tamaño 12.
- Inicie cada sección o componente del artículo después de donde terminó el anterior.
- La extensión total del artículo tendrá un máximo de 17 páginas, a doble espacio.
- Las tablas deben enviarse en formato digital, una tabla por página.
- Las figuras deben enviarse en formato digital, con la mayor resolución posible y en un formato jpg. Una figura por cada página.
- Incluya las autorizaciones para la reproducción de material anteriormente publicado, para la utilización de figuras o ilustraciones que puedan identificar a personas o para imágenes que tengan derechos de autor. Adjunte la cesión de los derechos de autor y formularios pertinentes.
- Todo el artículo se imprimirá en papel blanco tamaño carta, con márgenes de 2 cm a cada lado (superior, inferior, derecho e izquierdo). El papel se imprimirá en una sola cara.
- Las páginas se numeran consecutivamente comenzando por el título. El número de página se ubicará en el ángulo inferior derecho de cada página.
- En la copia en soporte electrónico (en CD, memoria o correo electrónico) se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: a) Cerciorarse de que se ha incluido la misma versión del artículo impreso; b) Incluir en el CD, memoria

correo electrónico, solamente la última versión del manuscrito; c) Especificar claramente el nombre del archivo; d) Etiquetar el CD, memoria USB o el correo electrónico correctamente; e) Facilitar la información sobre el software y hardware utilizado, si procede.

Criterios para el diseño, diagramación y maquetación de la Revista Ciencias Espaciales

De la Portada:

Texto:

- Ciencias Espaciales. Tipo: Times New Roman. Tamaño: 48. Color: blanco.
- Publicación semestral de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES)
- Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- Número, Volumen, Año, Temporada.
- ISSN:2225-5249

Imágenes y Logos:

- Logo de la UNAH
- Imagen alusiva al contenido

Color de fondo:

- Revista Ciencias Espaciales de Astronomía y Astrofísica: Azul Espacio. R:42, G:75, B:106
- Revista Ciencias Espaciales de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica: Verde Tierra R:0, G:124, B:103
- Revista Ciencias Espaciales de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural: R:130, G:47, B:44
- Revista Ciencias Espaciales de Ciencias Aeronáuticas: Azul Cielo. R:160, G:199, B:230

Dimensiones:

24.4 x 16 cm. Grosor varía

Del Lomo

Texto:

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

De la contraportada

Imágenes y logos:

- UNAH
- Facultad de Ciencias Espaciales

Del interior de la Revista

Texto:

- Tipo de letra: Arial Narrow. Tamaño:12
- Espaciado: Anterior 0 puntos. Posterior 10 puntos. Interlineado: mínimo.
- Márgenes: superior: 0.8 pulgadas, izquierdo: 0.8 pulgadas, inferior: 1 pulgada, derecho: 0.5 pulgadas.
- Figuras: Tipo de letra: Arial Narrow. Tamaño: 12

Las páginas de la derecha deben llevar:

- En la parte superior: Revista Ciencias Espaciales, Numero x, Volumen x, Año xxxx, Mes xxxxxx, Temporada xxxxxx,
- En la parte inferior Facultad de Ciencias Espaciales y el número de la página.