Universidad del Mar

Campus Puerto Escondido

División de Estudios de Posgrado

Maestría en Ciencias Genómicas

Líneas de Investigación:

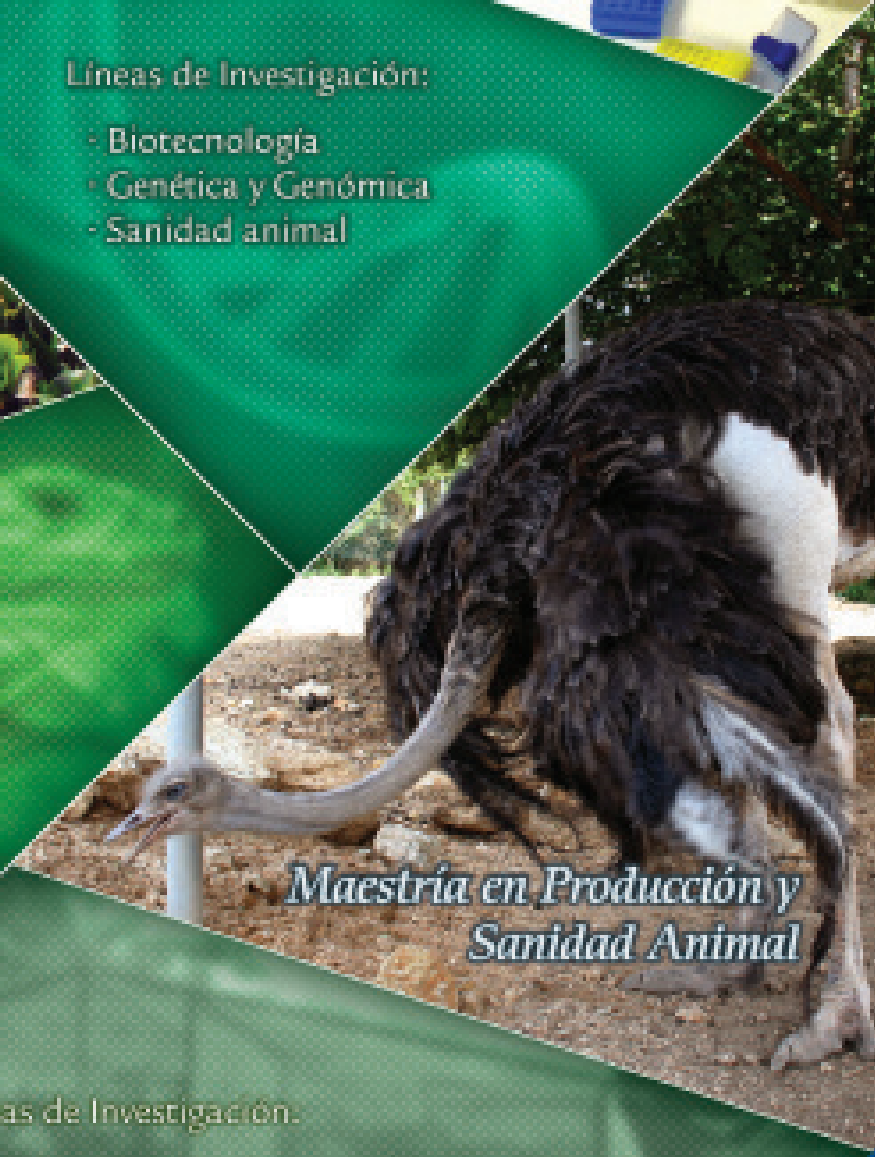
- Biotecnología
- Genética y Genómica
- Sanidad animal

Maestría en Ciencias: Manejo de Fauna Silvestre

Líneas de Investigación:

- Ecología y Conservación de la Fauna silvestre
- Desarrollo sustentable
- Interacciones biológicas

Becas CONACYT



Maestría en Producción y Sanidad Animal

Líneas de Investigación:

- Producción animal en especies convencionales y no convencionales
- Socio-economía de la producción pecuaria
- Sanidad animal

Informes

Dr. Juan Francisco Meraz Hernando
Jefe de la División de Estudios de Posgrado
Tel. (958) 584 3057 Ext. 111
Fax (958) 584 3078
sula@angel.umar.mx

www.umar.mx

Uso de vehículos aéreos no tripulados para la caracterización del paisaje sumergido; Bahía Estacahuite

Ramírez Chávez E.J., Cruz García A., Lagunas Pérez A.G. & Reyes Carreño O.E.

Resumen

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) o drones se han desarrollado en los últimos años con mayor frecuencia en los ámbitos comercial y científico, revolucionando la forma en que se obtiene información espacial del territorio. *Se han desarrollado metodologías para el monitoreo biológico como base para la biología de la conservación, asistencia en zonas de desastre por algún fenómeno de origen natural, monitoreo de infraestructura o generación de fotografía y video aéreo para fines de entretenimiento. En este artículo se presenta como, mediante el uso de una cámara deportiva montada en un UAV de bajo costo y técnicas de fotogrametría y de percepción remota se obtuvo un mosaico compuesto de 48 fotografías aéreas, georreferenciadas usando Datum WGS1984 y proyección Nad 1927 del paisaje sumergido de la bahía de Estacahuite, Oaxaca, así como una descripción de la cobertura del mismo. Finalmente se discuten algunas ventajas y desventajas del uso de esta nueva tecnología como un sensor remoto alterno para aplicaciones cartográficas.*

Palabras clave: UAV, Drones, Paisaje Sumergido, Estacahuite, Percepción remota

Abstract

The Unmanned Aerial Vehicles (UAV), also called "Drones", have being used in the last years, mostly in commercial and scientific fields, changing the way get spatial information of the environment. *By incorporating these kind of tools, new methodologies have been developed for different purposes, such as conducting biological monitoring as basis for conservation biology, to assist in disaster zones of after natural phenomena impacts, to monitoring many types of infrastructure, and to generate aerial photography and video for entertainment purposes. In this study we used a sport camera mounted on a low cost UAV and photogrammetry and remote sensing techniques, to obtain a cartographic model of submerged landscapes at Estacahuite bay in Oaxaca, México. Finally, we discuss the advantages and disadvantages of using this new technology as an alternative remote sensor cartography.*

Key words: UVA, Drones, Submerged landscapes, Estacahuite, Remote sensing

Introducción

Las aplicaciones de sensores remotos en la biología de la conservación, monitoreo de coberturas y actividades forestales requieren imágenes con una alta resolución temporal (Grenzdörffer 2003). No obstante, las imágenes satelitales o imágenes convencionales obtenidas por una aeronave representan una dificultad tanto en logística como en costos.

Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y percepción remota, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel. Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oaxaca, México CP 70902
Autor de correspondencia: Eduardo Juventino Ramírez Chávez, eduardo@angel.umar.mx

Sin embargo los vehículos aéreos no tripulados (UAV) empiezan a tener gran atención en las investigaciones de este tipo (Pin-Koh & Wich 2012). La navegación autónoma de los UAV es realizada usando GPS, un controlador de vuelo encargado de suministrar la potencia a los motores propulsores y un receptor de frecuencia para su control a distancia. Pero solamente el autopiloto programable (Fig. 1) hace posible el poder trabajar con fotogrametría, ya que permite tener un mapeado sistemático, rápido y eficiente del área de interés, a diferencia de un vehículo aéreo piloteado remotamente con capacidad de obtención de video que no resulta recomendable como suite de trabajo para fotogrametría debido a que su navegación y su obtención de imágenes no puede ser sistematizado y tener el control de lo que se esté capturando (Eisenbeis, 2004; Broich, *et al*., *2011*; Gardner *et al*., 2008; Zhang y Kovacs, 2012).

Figura 1. Autopiloto programable DJI Ground Station

La tecnología de los UAV en su mayoría está siendo manejada por el ambiente militar, sin embargo hay desarrollos para el sector civil y comercial entre los que se encuentran:

- Detección de incendios forestales
- Monitoreo de restricciones legales
- Mapeo de cobertura de suelo
- Generación de cartografía digital
- Inventario de recursos naturales
- Determinación de biomasa en cultivos

Este nuevo desarrollo en el campo permite generar mosaicos derivados de técnicas fotogramétricas con rapidez y precisión, construir una orientación relativa de un bloque de imagen, extraer un DTM y producir ortofotos (Sandoval 2013). A pesar de no contar con antecedentes sobre el uso de UAV para la caracterización de habitas sumergidos, la implementación ya sea fotografía o video aéreo son herramientas importantes y válidas para el estudio y caracterización de arrecifes (Bello-Pineda 2005, Hill & Wilkinson 2004). En el presente artículo se hace la identificación y caracterización del paisaje sumergido de Bahía Estacahuite en Puerto Ángel, Oaxaca mediante el uso un UAV.

Método

Estacahuite es una bahía localizada en la parte central del estado de Oaxaca con coordenadas 15º 40' 1" y -96º 28' 48". Esta localidad es una de las más visitas por turistas y habitantes de la zona, ya que además de los arrecifes rocosos, grava y arena, presenta comunidades coralinas bien desarrolladas. En estas la especie dominante es *Pocillopora damicornis* (Linnaeus 1758), especie que se caracteriza por poseer ramificaciones que alcanzan una altura considerable, siendo una característica que la hace susceptible a daño por actividad humana (Leyte-Morales 1999). (Fig. 2).

El quipo utilizado es un UAV DJI Phantom V.1 (Fig. 3) el cual cuenta con sistema autopiloto Naza-M + GPS que ayuda a mantener estable su altitud. Se adaptó al fuselaje del dron un GPS Garmin modelo fénix de ±1 m de error, cuya función es el registro del recorrido de vuelo con checkpoint cada cinco segundos siendo sincronizado con la cámara fotográfica, GoPro Hero 3 (Dimensiones del sensor 6.6 [mm] x4.95 [mm]) tomando fotografías cada cinco segundos con resolución de siete mega-píxeles. Para saber la altura a la que se encuentra el UAV se usó un Telemetro (Bushnell de precisión ± 1 m), para registrar el ascenso y detenerlo a una altura de 150 m.

Tanto las imágenes como los checkpoint fueron descargados y se seleccionaron las fotografías que se encontraban a una altura media de 150m. Mediante el software Panorama Studio fue creado el mosaico fotográfico para posteriormente exportarlo a la plataforma ArcGIS 10.2 donde se le asignó referencia geográfica usando una imagen Landsat 8.

Para identificar los componentes del paisaje

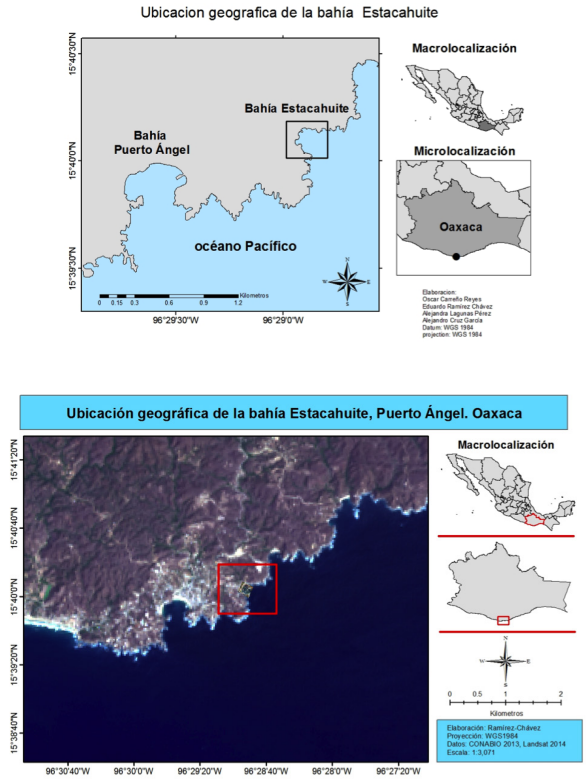


Figura 2. Localización de la Bahía Estacahuite.

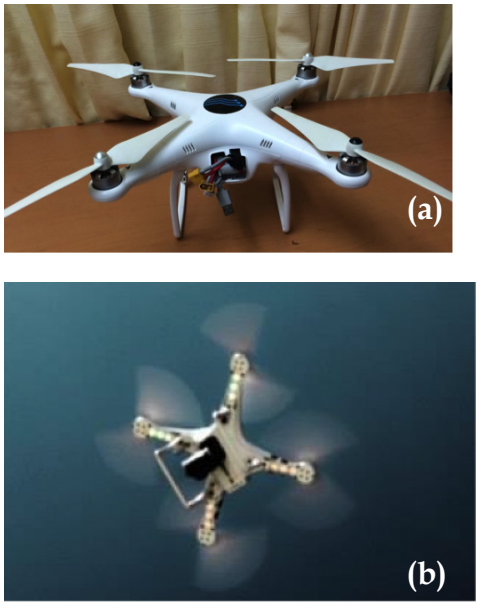


Figura 3. a. Phantom V1 Cuadricoptero marca DJI modelo Phantom. b. Phantom V1 volando y tomando fotografías aéreas.

sumergido se realizó un muestro por medio de vuelos en forma de "S" perpendicular a la línea de costa (Bello-Pineda *et al*. 2005) los días 10,11 y 12 de diciembre de 2013, para registrar y georreferenciar el tipo de sustrato, el cual fue clasificado según la Tabla I. Cabe aclarar que los datos aquí tomados fueron los utilizados para validar la clasificación supervisa.

Sustrato	
Arena	Rocas
Arrecife	Arrecife fragmentado
Roca/Arrecife	No identificado

Tabla I. Tipo de sustrato

Con la ortofoto obtenida y los puntos de cobertura de sustrato se realizó una clasificación supervisada con el algoritmo de máxima probabilidad dentro del software ArcMap 10.2, posterior a la clasificación se realizó una conversión de formato ráster a formato vector, un proceso de suavizado del vector y una reasignación de los polígonos pequeños de la misma clase a los polígonos más grandes dentro de ese mismo polígono (generalización).

Resultados

Como primer resultado se obtuvo un mosaico compuesto de 48 fotografías aéreas, georreferenciadas usando Datum WGS1984 y proyección Nad 1927 (Fig. 4) mediante la herramienta georeferencing de ArcMap 10.2 con ayuda de una imagen Landsat 8 (banda 1) usando seis puntos de control.

En un segundo resultado se obtuvo un modelo la cobertura del paisaje sumergido de la bahía de Estacahuite, por medio de la técnica de clasificación supervisada y el uso de algoritmo de máxima probabilidad de ArcMap (Fig. 5). En la cual se pudieron identificar nueve clases: arenas, arenas sumergidas, coral, roca emergida, roca sumergida, roca-coral, zona intermareal, vegetación y casas (Fig. 5) con una precisión de 80%.

Discusión

Los UAV presentan una alta rentabilidad en el contexto de la cartografía. La capacidad para

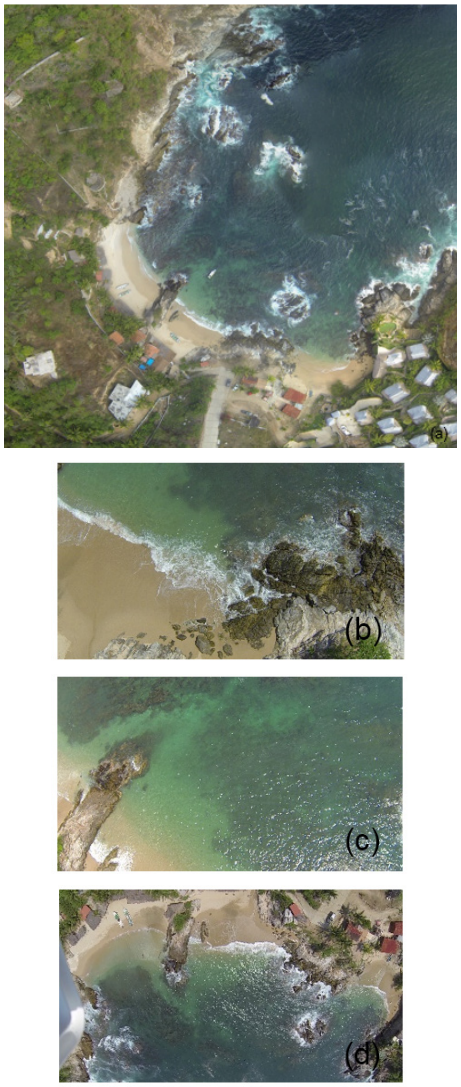


Figura 4. a. Mosaico georeferenciado bahía Estacahuite. b. fotografía aérea individual parte de la bahía de Estacahuite, c. fotografía aérea individual parte de la bahía de Estacahuite porción marina, d. fotografía aérea individual parte de la bahía de Estacahuite vista a tierra

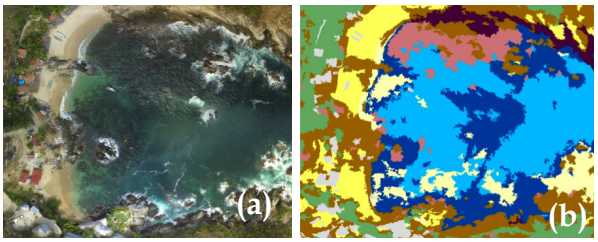


Figura 5. a. Mosaico de 54 fotografías aéreas para formar bahía Estacahuite. b. Imagen producto de la Clasificación supervisada en bahía Estacahuite

inspeccionar toda la zona de estudio en un tiempo más corto que la cartografía tradicional presenta una ventaja competitiva.

Una reflexión de la realización de este artículo es que la adquisición de datos de forma descentralizada, será una tendencia ya que el poseer sensores remotos para cartografía o para distintos fines es mucha más práctica y sencilla. La resolución temporal y espacial es calibrada según las necesidades que se tenga, por lo que se propone que antes de la toma de datos con el apoyo de pequeños aviones no tripulados, se llegue a un acuerdo en la frecuencia de adquisición de imágenes, resolución espacial y formato de entrega.

Sin embargo, cabe mencionar las desventajas de esta tecnología, el primer punto que se aborda es su capacidad de carga pequeña, lo limitados en gran medida de la cantidad de equipo que pueden llevar a bordo. Esto limita la calidad de los sensores de imágenes que se pueden montar puesto que los pequeños sensores de imagen profesional aun presentan un alto precio en el mercado.

Los UAV siguen presentando una resolución espectral baja, aunque pueden ser equipados con una variedad de sensores (por ejemplo, multiespectral, hiperespectral, lidar, radar) según las necesidades específicas de los usuarios, los altos costos de este tipo de sensores de alta resolución espectral hace poco probable su utilización. Si bien obtener imágenes aéreas a un bajo costo y con cierta facilidad es un logro, las investigaciones futuras se verán limitadas sobre todo si se siguen usando las cámaras digitales convencionales RGB que no bastan para determinadas tareas relacionadas con investigaciones científicas, que necesitan una mayor resolución espectral.

Aunque por lo general los pequeños aviones no tripulados pueden volar lo suficientemente bajo como para no verse afectado por la nubosidad, otras condiciones atmosféricas tales como niebla, lluvia intensa, los vientos fuertes y variables pueden dificultar su funcionamiento. Para obtener las mejores precisiones de imagen, la velocidad del viento debe ser lo más bajo posible y, dependiendo del

modelo de UAV, normalmente no deberían ser superiores a 25 km/h

Al contrario de lo que sugieren Hardin y Ryan (2011), la corta autonomía de vuelo no hace una restricción importante para obtener imágenes para su posterior tratado para obtención de coberturas de paisaje ya que el tiempo de vuelo (8 minutos) obtenido para este trabajo resulto ser suficiente para obtención de imágenes para la elaboración del mosaico, con un sobrelape de imágenes de 70 y 50 por ciento norte-sur/oeste-este respectivamente. No obstante, esto no debería ser un obstáculo importante para la rama de la cartografía a menos que el territorio de una a cubrir sea mayor a las 50 Ha, por ejemplo en este artículo se cubrió un área de 46 ha en ocho minutos y con 48 fotografías aéreas para la formación de un mosaico con 30% de sobrelapamiento lateral y 60% de sobrelapamiento vertical. No obstante, los tiempos de vuelo de 50 a 60 min actualmente ya son factibles y pueden tomar imágenes de hasta 500 hectáreas por vuelo a 250 m de altitud, lo que se traduce en una muy alta resolución espacial de menos de 10 cm por lado de píxel. Varias de estas misiones podrían ser trasladándose en un día desde diferentes lugares dentro de la zona a cubrir y por lo tanto un mapa de un área relativamente grande.

Los drones pequeños no suelen estar equipados con sistemas de alerta o de evasión, y las colisiones pueden ocurrir si las coordenadas de entrada vuelo se introducen de forma incorrecta o si algo entra en su trayectoria de vuelo. Hay peligro de colisiones con líneas eléctricas, antenas de telefonía celular, etc. Sobre todo con los operadores inexpertos. Debido a su fragilidad fuselaje, las colisiones representan un riesgo significativo para los pequeños aviones no tripulados y justifican la necesidad de formación y la adquisición de conocimientos sobre configuración de la ruta de vuelo y maniobra manual cuando sea necesario, esta curva de aprendizaje se sugiere no sea menor a seis meses y se inicie en las primeras dos semanas con simuladores de vuelo.

La técnica usada en el presente trabajo es precursora en la percepción remota, debido a que incluye el uso de imágenes obtenidas por medio de UAV para reconocer paisaje sumergido a baja profundidad, por lo que se dificulto obtener referencias de otros trabajos. Sin embargo la precisión de las coberturas de suelo por medio de UAV resulto tener por lo menos para este ejemplo una mayor certidumbre 80% comparado el 75% de trabajos similares (Aguilera-Arias, 2012) usando técnicas alternativas para cartografía de ambientes someros.

Conclusión

En este trabajo se han evaluado las perspectivas, desafíos y oportunidades del uso UAV o drones para la cartografía de paisajes sumergidos en zonas tropicales como forma de realizar monitoreo de cobertura, que es fundamental para la implementación de otros esfuerzos de conservación. El tema es de gran actualidad y relevancia porque el tener con una resolución temporal imágenes de la cobertura de cada fragmento del ecosistema puede ayudar a la reducción, la prevención y la degradación de los ecosistemas marinos, esencial para la conservación global de la biodiversidad. Teniendo en cuenta los avances rápidos de la tecnología en UAV o drones, se sostiene que el enfoque aquí propuesto tiene un gran potencial para monitoreo biológico. Se sugiere que este enfoque es factible en muchos lugares tropicales, siempre y cuando se tome las medidas necesarias en capacitación y cuidado de operación del equipo, ya que los equipos, al ser tan fácil su adquisición y puesta en vuelo se corre el riesgo que esta actividad se vea como un juego y los equipos como juguetes ocasionando negligencia operacional que puede poner en riesgo la integridad física de las personas sobre las cuales se realice el vuelo. Se espera que la mayoría de las limitaciones y los desafíos identificados en la esta evaluación actual será superada relativamente pronto, ya que la tecnología está mejorando rápidamente en términos de costo, calidad y facilidad de uso por personas no expertas.

El uso de pequeños UAV para levantamientos fotogramétricos puede satisfacer una necesidad de alta precisión (milímetros en

ciertos casos) en el intervalo de uno a 10 km2. Que tradicionalmente era lo que había estado marcando el límite entre investigaciones basadas en tierra y levantamientos fotogramétricos desde aviones tripulados. Y que para las áreas de este tamaño, las metodologías topográficas se llevan demasiado tiempo resultando ser poco rentables, y en adición la densidad de puntos para estudios sobre el terreno es generalmente mucho menor que la obtenida de un UAV, y mientras la exactitud de puntos GNSS individuales es muy alta, con los UAV que incluso producen un modelo digital de elevación (DEM) que contiene mucho más detalle y mayor precisión global.

Por último se hace énfasis que con la continua expansión de los drones o UAV para la teledetección y la cartografía, es probable que los nuevos sensores serán desarrollados para coincidir con las necesidades de los investigadores y del mercado. Para las imágenes aéreas, se deberá abordar la capacidad de grabar las imágenes a través de múltiples bandas de frecuencia simultáneamente y la capacidad para el análisis automatizado de imágenes.

Agradecimientos

Agradecemos al laboratorio de Sistemas de información geográfica y percepción remota de la Universidad del Mar campus Puerto Ángel por arroparnos en la elaboración de este artículo, prestarnos sus instalaciones e infraestructura. Un especial agradecimiento a Sistemas de información geográfica alternativos (SIGALT) por permitirnos usar su vehículo aéreo y la financiación en las salidas de campo, que nos permitió llevar esta investigación.

Referencias

Aguilera-Arias, J. 2012. Caracterización estructural y dinámica del paisaje en lagunas arrecifales: studio de caso Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Maestría, Instituto de ciencias marinas y pesquerias. Universidad Veracruzana

Bello-Pineda J. 2005. Participatory coral reef resources planning based on multi-criteria evaluation and geographic information systems spatial modelling techniques. Tesis de doctorado.

Bello-Pineda J., M. A. Liceaga-Correa, H. Hernández-Núñez & R. Ponce-Hernández. 2005. "Using aerial video to train the supervised classification of Landsat TM imagery for coral reef habitats mapping". Env. Mont.and Assmt. 105: 145-164.

Broich, M., M. C. Hansen, P. Potapov, B. Adusei, E. Lindquist & S.V. Stehman. 2011. Time-series analysis of multi-resolution optical imagery for quantifying forest cover loss in Sumatra and Kalimantan, Indonesia. Inter. Jour. of App. Ear. Obsv. and Geoinf. 13 (2): 277-291.

Eisenbeis, H. 2004. A Mini Unmanned Aerial Vehicle (UAV): System Overview and Image Acquisition (7). In: International Workshop on "Processing and Visualization Using High-Resolution Imagery", Pitsanulok, Thailand.

Gardner, T. A., J. Barlow, I. S. Araujo, T. C. Avila-Pires, A. B. Bonaldo, J. E. Costa, M. C. Esposito, L. V. Ferreira, J. Hawes, M. I. Hernandez, M. S. Hoogmoed, R. N. Leite, N. F. Lo-Man-Hung, J. R. Malcolm, M. B. Martins, L. A. Mestre, R. Miranda-Santos, W. L. Overal, L. Parry, S. L. Peters, M. A. Ribeiro-Junior, M. N. da Silva, C. da Silva Motta, C. A. Peres. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. Ecological Letters 11 (2): 139-150.

Grenzdörffer, G. & S. Zuev. 2007. Bestimmung desphotogrammetrischen Genauigkeitspotentials des Online-Systems ANTAR zur Verkehrsüberwachung. DGPF 16 (99): 571-578.

Grenzdörffer, G. 2003. Investigations on the use of airborne remote sensing for variable rate treatments of fungicides growth regulators and N-Fertilisation. *In:* Stafford, J. & A. Werner. Precision Agriculture (4): 241-246.

Hill J. & C. Wilkinson. 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs. Australian Institute of Marine Science.

Leyte-Morales, G. Ecología de comunidades coralinas de las Bahías de Huatulco. Informe final del proyecto SIBEJ-UMAR, RNMA-OAX/1004-96. 74 pp.

Pin Koh, L. & S. A. Wich. 2012. Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. Trop.Cons.Sci. 5(2): 121-132.

Perry J. Hardin & Ryan R. Jensen (2011) Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles in Environmental Remote Sensing: Challenges and Opportunities, GIScience & Remote Sensing, 48:1,99-111

Sandoval, G.H. 2013. Generación de mapas utilizando vehículos aéreos no tripulados de baja altitud. Tesis de Licenciatura. Instituto politécnico Nacional. México D.F.

Zhang, C. & J. Kovacs. 2012. The application of small-unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision Agriculture, 13: 693-712.