



Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8

Deforestation and vegetation cover changes in the Jambelí Archipelago, using Landsat-8 satellite images

Jonathan Zhiminaicela-Cabrera*; José Quevedo-Guerrero; Anthony Morocho-Castillo

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Granja experimental Santa Inés, Av. Panamericana Km. 5 1/2 Vía a Pasaje-Machala, El Oro-Ecuador

*Autor corresponsal: jzhiminai1@utmachala.edu.ec (J. Zhiminaicela-Cabrera).

ID ORCID de los autores

J. Zhiminaicela Cabrera:  <https://orcid.org/0000-0001-9462-9608>

J. Quevedo-Guerrero  <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

A. Morocho-Castillo  <https://orcid.org/0000-0002-9281-2051>

RESUMEN

Las observaciones y estudios *In situ* permiten determinar los cambios producidos en los ecosistemas naturales. Pero actualmente los sistemas de información geográfica resultan una alternativa confiable para evaluar estas afectaciones. Por esta razón se analizó los cambios producidos en la cobertura vegetal del Archipiélago de Jambelí al año 2019, debido a la importancia medio ambiental, económica y social, por medio del cálculo de índices espectrales del paquete RStoolbox del software RStudio e imágenes satelitales Landsat 8. Además, se describir las razones que han favorecido la degradación de la cobertura vegetal, por medio de un análisis bibliográfico. Visualmente se presentaron mejores resultados en los índices SAVI, NDVI valores menores a -0,1 y NDWI. La deforestación de los manglares se debe principalmente a la implementación de piscinas artificiales para la producción de camarón y la extracción de moluscos y crustáceos. Además, como precursores negativos se determinaron las políticas y conflictos socioeconómicos y ambientales entre pobladores e industria acuícola permitiendo se continúe degradando el ecosistema natural.

Palabras clave: deforestación; manglares; índices espectrales; degradación del ecosistema; Landsat.

ABSTRACT

In situ observations and studies allow us to determine the changes produced in natural ecosystems. But nowadays geographic information systems are a reliable alternative to evaluate these effects. For this reason, the changes produced in the vegetation cover of the Jambelí Archipelago to the year 2019 were analyzed, due to the environmental, economic and social importance, by means of the calculation of spectral indexes of the RStoolbox package of the RStudio software and Landsat 8 satellite images. In addition, the reasons that have favored the degradation of the vegetation cover are described, by means of a bibliographic analysis. Better results were visually presented in the SAVI, NDVI values less than -0,1 and NDWI indices. The deforestation of mangroves is mainly due to the implementation of artificial pools for shrimp production and the extraction of mollusks and crustaceans. In addition, as negative precursors, socio-economic and environmental policies and conflicts between inhabitants and the aquaculture industry were determined, allowing the natural ecosystem to continue to be degraded.

Keywords: Deforestation; mangroves; spectral indices; ecosystem degradation; Landsat.

Recibido: 17-05-2020.

Aceptado: 16-06-2020.

INTRODUCCIÓN

En las zonas costeras del Ecuador existen conflictos por el crecimiento exponencial de la explotación de los recursos naturales y la

conservación de la biodiversidad de su ecosistema. Estos antecedentes han producido afectaciones en los manglares situados en las

zonas las costeras del país, en seis estuarios repartidos en las provincias de Esmeraldas al Norte y El Oro en el Sur. Entre estos manglares se encuentran el Archipiélago de Jambelí, de vital importancia por el interés socioeconómico y natural para los pobladores. Pues permite obtener recursos por el potencial turístico, que les genera ingresos económicos a sus habitantes, en general debido a lo atractivo de sus especies vegetales, animales y playas (Orihuela-Torres *et al.*, 2016). Estos manglares se sitúan como una barrera de protección ante eventos climáticos adversos y amortiguan el cambio climático en las zonas costeras. Pero actualmente existen afectaciones producidas a los ecosistemas naturales de estos ecosistemas: especialmente por la producción camarónera, pesca, la extracción moluscos y crustáceos (Tapia., 2020). La producción acuícola de este cultivo y las actividades extractivas de los pobladores del Archipiélago han generados conflictos por el espacio y recursos naturales para realización de estas actividades (Rodríguez *et al.*, 2016). Generando afectaciones socio económicas que repercuten en los manglares y la seguridad alimentaria de los pobladores, que se ven reflejadas en el cambio de su hábito alimenticio, por la falta de especies alimenticias (Beitl *et al.*, 2020). Ecuador siendo uno de los mayores productores de camarón, como principal destino de exportación Estados Unidos y siendo uno de los países de estratégicamente comercial, tienen tendencia al crecimiento en la comercialización, las cuales provocaran un daño paulatino de los ecosistemas, en el caso que no se tomen medidas sustentables para mantener una armonía en las actividades productivas y ambientales (Vega *et al.*, 2019). Los problemas de las poblaciones aledañas a los manglares se debe a la competencia por la explotación de los recursos naturales y a los altos costos operativos, debido a que estos son mayores a los ingresos generados, provocando un declive en la conservación de los recursos naturales y promoviendo los conflictos con productores

industriales que tiene la capacidad de competir en el mercado (Beitl *et al.*, 2020), afectando no solo a la población sino poniendo en riesgo la biodiversidad del Archipiélago y sus manglares. Ante estas disputas se han implementado medidas para prevenir los conflictos y la degradación de los ecosistemas naturales, pero hasta la fecha actual no se han resuelto dichos problemas (Tapia., 2020).

Adicional a ello las limitaciones para obtener agua dulce, que en general es colectada por agua lluvia o de pozos profundos cuyos costos son exorbitantes (Correa *et al.*, 2017), generando limitaciones a una escasa agricultura, en la cual pocos agricultores pueden generar ingresos económicos y proteger la seguridad alimentaria (Domínguez *et al.*, 2016), por tales razones tienen que desforestar las áreas de manglar, con el fin de explotar sus recursos naturales.

Conocer el estado de los recursos naturales con un análisis espacial nos permiten tener una visión general del problema, utilizando herramienta de teledetección, siendo factible para aplicarlo para en extensiones exorbitantes y obtener información de la cobertura de vegetal en las zonas costeras (Posada *et al.*, 2001). La utilización de imágenes Landsat para el análisis multitemporal de los manglares se han utilizado y presentado resultados favorables (Salas *et al.*, 2019), pero dentro de la zona costera de la provincia del Oro no se tiene conocimiento ecogeográficos del archipiélago.

El objetivo de este estudio fue determinar los cambios presentados en la cobertura vegetal del Archipiélago de Jambelí al año 2019 con el análisis de imágenes satelitales en el periodo 2014 - 2019, con imágenes Landsat OLI 8, evaluados por medio de los índices espectrales del paquete RStoolbox del software R y analizar los parámetros socioeconómicos que afectan la degradación de la cobertura vegetal de la zona, y las causas que produce los cambios en el ecosistema natural del archipiélago.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación fue desarrollada en el área del Archipiélago de Jambelí ubicada en las coordenadas 3°21'56.02" S Latitud Sur y 80°6'38.88" W Latitud Norte en la provincia de El Oro, Ecuador. En las seis islas mayores y 12 islas menores, la extensión del archipiélago es de 300 km². Se presenta la imagen del Archipiélago con una combinación de las bandas satelitales para una mejor comprensión y visualización del área de estudio (Figura1).

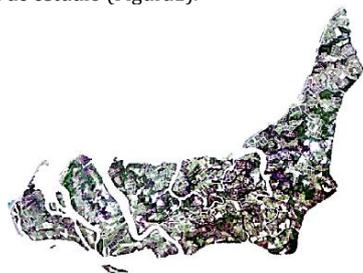


Figura 1. Imagen natural del Archipiélago de Jambelí en el año 2019 combinación de las imágenes satelitales RGB.

Métodos

Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales fueron adquiridas de la plataforma USGS de la Nasa, imágenes del Landsat OLI 8, seis imágenes anuales del 2014 al 2019 ubicadas en el PATH 11 ROW 62, descargadas del geo portal EarthExplorer, con un filtro de nubosidad menor al 20% sobre el área del estudio.

Software

El manejo de la información geográfica se elaboró y el procesamiento se realizó por medio de las herramientas libres del software R versión 1.3.959, con los siguientes paquetes se elaboró el procesamiento: RColorBrewer, raster, sp, sf, tidyverse, rgeos, gstat, wesanderson, mapview, rgdal, gtools, R. utils, RStoolbox, landsat8, ggplot2

Análisis multitemporal

El análisis multitemporal permite conocer los

cambios presentados en el territorio y las imágenes satelitales identifican los cambios demostrando fiabilidad comparado con los datos obtenido de otros satélites (Berlanga-Robles *et al.*, 2016).

Corrección de bandas de imágenes satelitales

Para evaluar los cambios efectuados se evaluaron por medio de las imágenes satelitales y correcciones de Landsat-8 (Ariza., 2013). Se realizaron las correcciones de la radiométrica y topográfica (Goslee, 2011).

Índices espectrales evaluados

El cálculo de índices espectrales fue de acuerdo a la metodología presentada por Leuther *et al.* (2017), utilizando el software RStudio (Figura 2) y según las consideraciones de García y François (2008). La metodología permite la aplicación de más de 30 índices, con metodologías que reducen los errores por omisión (Paz *et al.*, 2015), pero para este estudio se aplicaron los índices presentes en la (Tabla 1). Siendo estos en general los más utilizados.

Tabla 1

Índices espectrales utilizados para el análisis de la cobertura vegetal

Índice	Descripción	Calculo
NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada	$(nir - red)/(nir + red)$
NDWI	Índice de agua de diferencia normalizada	$(green - nir)/(green + nir)$
SAVI	Índice de vegetación ajustado al suelo	$(nir - red) * (1 + L)/(nir + red + L)$

Nota: La metodología aplicada permite calcular todos los índices espectrales de paquete RStoolbox, pero para el área de estudio, se utilizaron los presentes.

Análisis de los resultados

De acuerdo a la metodología de Carvacho y Sánchez (2010). A los resultados obtenidos se les realizó un análisis comparativo de los cuartiles generados de cada índice espectral en los años que se realizó el estudio 2013-2019. Para determinar las variaciones en el territorio, se consideraron la cantidad de valores negativos para los años evaluados, los cuales representa que no hay negativos por debajo de -0.2.

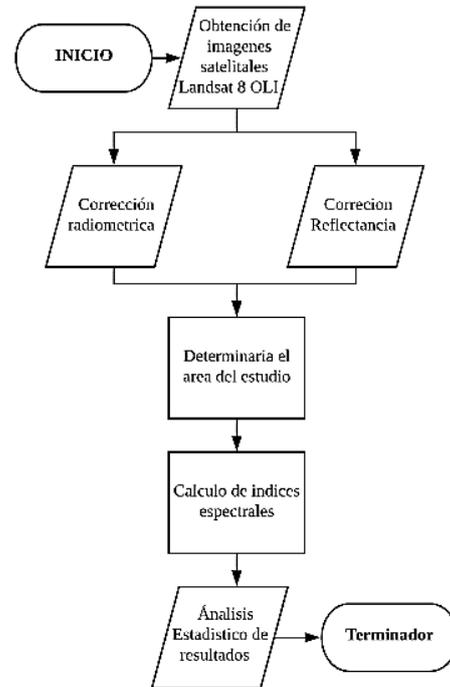


Figura 2. Diagrama de flujo para el procesamiento, manejo y cálculo de índices espectrales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis espectral nos permite tener una visión del efecto producido en la cobertura vegetal, un espacio con conservación de la cobertura vegetal y con es el caso de un archipiélago las imágenes representadas, deben tener coloraciones e índices espectrales cercanos de 0.4 a 0.8 respectivamente, pero en la barra del índice normalizado de vegetación (SAVI), se pueden observar valores por debajo de 0.2 lo que conlleva a determinar que existen pérdidas aun paulatinas y a partir del año 2015 baja hasta 0.4.

Esta tendencia se mantiene en todos los índices espectrales calculados, determinando pérdidas en la cobertura vegetal, similar a los resultados determinados por (Beitl *et al.*, 2019) en el que evalúa parte de la zona costera del archipiélago de Jambelí. No se tiene más información espectral determinada en imágenes satelitales Landsat OLI 8 en el Ecuador, con referencia a las zonas costeras.

Se determinó por medio del análisis espectral las siguientes imágenes de tipo cartográficas con el índice espectral SAVI, se reduce el error producto

de la nubosidad en las imágenes satelitales y nos permite obtener una imagen más certera del lugar del estudio, observe la comparación entre imágenes en la (figura 3, 4, 5).

Las imágenes espectrales del Landsat OLI 8 permiten visualizar y analizar grandes extensiones de un área determinada para un estudio, pero en cierta medida la nubosidad, puede ser una alternativa no fiable y se debería reducir el área en caso de ser necesario. Los índices espectrales determinarlos valor promedio en los años respectivamente, se considera una pérdida y mejoras en la cobertura vegetal, debido a las actividades de los órganos descentralizados.

Para interpretar los resultados se debe conocer la función espectral de los índices en la que los valores positivos explican las condiciones saludables en la vegetación y demostrando resultados favorables para interpretaciones ecológicas (Ariza *et al.*, 2018), entre promedios 0,8 y 0,4. Por debajo de 0,4 vegetación poco saludable y -0,2 donde no se encuentra vegetación, véase la tendencia negativa de los índices en la (Figura 6).

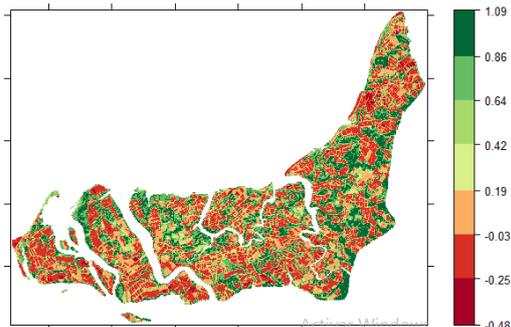


Figura 3. Archipiélago de Jambelí imagen mejorada índice SAVI 2019.

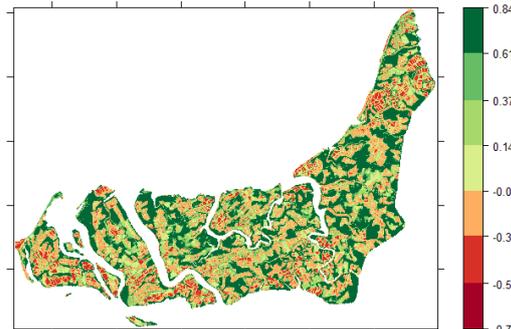


Figura 4. Archipiélago de Jambelí imagen mejorada índice NDVI 2019.

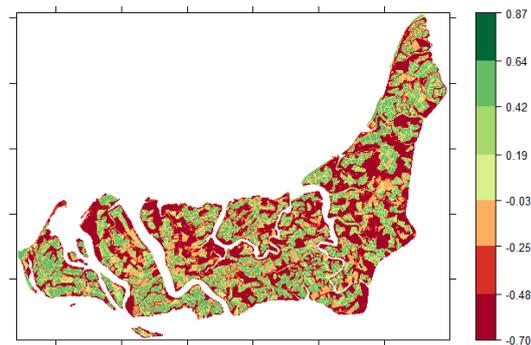


Figura 5. Archipiélago de Jambelí imagen mejorada índice NDWI.

Para los índices NDVI y SAVI. Los valores con tendencia positivo sitios con cantidades densas de agua. Si se observa la (Figura 3 y 4), su tonalidad es rojiza con valores similares y en la (Figura 5), varía con respecto a los índices NDVI y SAVI, se

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en el estudio determinan pérdidas en la cobertura vegetal presente con valor por debajo de 0.0 que en todos los índices determinar valores negativos en la cobertura vegetal los valores promedios para todos los índices son de 0,2 para cobertura en mal estado y hasta 0,8 cobertura en buen estado respectivamente. El índice espectral SAVI, se relaciona con el NDWI, permitiendo tener una posible herramienta para determinar piscinas artificiales.

alude a las piscinas artificiales para la reproducción y cría de camarón. Con cuartiles por debajo de valores espectrales de la habana (Denis, 2020), al igual que en el estudio de Acosta-Velázquez y Ruiz-luna (2007), se observa los cambios en el ecosistema y la degradación del manglar.

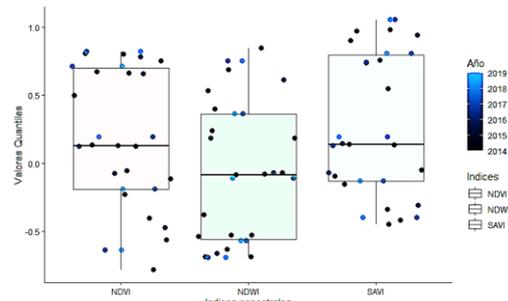


Figura 6. Diagrama de cajas inter cuartiles de los valores espectrales.

El índice NDWI, pudiera permitir el reconocimiento de criaderos de piscinas ilegales o en detección de varios sectores con el ideal de analizar los recursos hídricos.

Del análisis bibliográfico se determinó:

- Se deben generar nuevas políticas públicas para proteger la biodiversidad de los manglares, prevenir la degradación de la biodiversidad, pues aún tienen falencias y deben ser mejoradas, enfocadas a mejorar los ingresos de los pobladores (Tapia, 2020; Porras *et al.*, 2018; Beitel *et al.*, 2020).
- Se debe estudiar en mayor medida las especies vegetales del archipiélago de Jambelí, pues presenta condiciones medioambientales, para la adaptabilidad y darles características únicas a las especies, pues solo se ha estudiado la avifauna (Orihuela *et al.*, 2016).
- El crecimiento de la producción camaronera afecto la biodiversidad del archipiélago de Jambelí observado por las imágenes satelitales (Rodríguez *et al.*, 2016).

Se sugiere general políticas públicas que favorezcan a los pobladores, para evitar la pérdida de la biodiversidad, pues los conflictos por el espacio y los recursos naturales son la principal razón de la degradación de la cobertura vegetal.

Los índices espectrales son herramientas factibles para el estudio de la degradación de la cobertura vegetal o del ecosistema, pero dependerá el índice del tipo de análisis que se vaya a determinar. La influencia de la actividad antropogénica afecto la cobertura vegetal del Archipiélago de Jambelí debido a la explotación de recursos naturales: crustáceos, moluscos, pesca la deforestación de los manglares se debe en su mayoría a la implementación de piscinas artificiales para la cría y reproducción de camarón.

Además, se constata que la degradación de la biodiversidad debido a los conflictos socioeconómicos, posibilitan la continua degradación del bioma, permitiendo la verdad de especies vegetal que al habitar ante condiciones atmosféricas pudieran tener características para proteger la

seguridad alimentaria de las comunidades, se estima que la degradación del ecosistema natural continuara debido que es la manera en la cual las comunidades pueden subsistir, explotando los recursos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Velázquez, J.; Ruíz-Luna, A. 2007. Variación en la cobertura, distribución y estructura de los manglares del complejo lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas (1990-2005). *Estudios Ecológicos En Bahía Magdalena* 127-141.
- Ariza, A.; Melgarejo, O.; Serrato, P.; Rincón, H. 2018. Uso de índices espectrales derivados de sensores remotos para la caracterización geomorfológica en zonas insulares del Caribe colombiano. *Perspectiva Geográfica* 23(1): 105-122.
- Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de Productos Landsat 8 LDCM. 1ra Edición. Editorial Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. 46 pp.
- Beitl, C.; Chavez, Vanegas R.; Carvajal C.; Zambrano M.; Alfonso Ramírez; Gortaire D. 2020. Socio-environmental Change, Food and Livelihoods in a Rural Mangrove Community. *Investigatio Research Review* 13: 89-102.
- Berlanga-Robles, C.; Ruiz-Luna, A. 2006. Assessment of landscape changes and their effects on the San Blas estuarine system, Nayarit (Mexico), through Landsat imagery analysis. *Ciencias Marinas* 32(3): 523-538.
- Berlanga-Robles, C.A.; Ruiz-Luna, A. 2007. Análisis de las tendencias de cambio del bosque de mangle del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, México. Una aproximación con el uso de imágenes de satélite Landsat. *Universidad y Ciencia* 23(1): 29-46.
- Carvacho, B.; Sánchez M. 2010. Comparación de índices de vegetación a partir de imágenes MODIS en la región del Libertador Bernardo O Higgins, Chile, en el período 2001-2005. In *Congreso Nacional de Tecnologías de La Información Geográfica*, Universidad de Sevilla: 728-737.
- Correa, J.; de la Sala, C.; Urgilés, F.; Barreto, F. 2017. Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico en la Isla Jambelí, cantón Santa Rosa. *Revista Cumbres* 3(1): 151-159.
- Denis, D. 2020. Variación espacio-temporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, a través de sensores remotos. *Revista de Biología Tropical* 68(1): 321-335.
- Domínguez, O.; Burgos, B.; Fadul, N. 2016. Alternativa de agricultura orgánica y potencialidades turísticas: caso: isla costa rica, archipiélago Jambelí, Provincia El Oro. Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad* 8(3): 93-98.
- García, T.; François, J. 2008. Cobertura, Comparación de metodologías para el mapeo de la México, y uso del suelo en el sureste de. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM* 67: 7-19.
- Goslee, S. 2011. Analyzing remote sensing data in R: the Landsat package. *Journal of Statistical Software* 43(4): 1-25.
- Leuther, B.; Horning, N.; Schwalb-Willmann, J.; Hijmans, R. 2017. RStoolbox: tools for remote sensing data analysis. R package version 0.1, 7.
- Orihuela-Torres, A.; López-Rodríguez, F.; Ordóñez-Delgado, L. 2016. 50 aves comunes del Archipiélago de Jambelí. 1era Edición. EDILOJA Cía. Ltda. 122 pp.
- Paz, P.; Romero S.; Palacios, V.; Bolaños, G.; Valdez L.; Aldrete, A. 2015. Alcances y limitaciones de los índices espectrales de la vegetación: análisis de índices de banda ancha. *Terra Latinoamericana* 33(1): 27-49.
- Porras, J.; Seoane, J.; Cogalniceanu, D.; Maza, F.; Aguirre, N. 2018. Common birds of Jambelí Island (Ecuador). *Revista Biodiversidad Neotropical* 8(1): 55-62.
- Posada, E.; Salvatierra, H. 2001. Análisis multitemporal del cambio del ecosistema de manglar en la costa del departamento del Atlántico (Colombia). *Revista de Cartografía*, 73: 1-25.
- Rodríguez C.; Aguirre L.; Chiriboga C. 2016. La gestión ambiental empresarial, su función frente a los cambios climáticos globales. Camaroneras, caso: manglares de Ecuador. *Universidad Y Sociedad* 8(3): 43-50.
- Salas, R.; Castro, W.; Cuthbert, M. 2019. Análisis multitemporal de la cobertura de manglar en la Reserva Cayos Miskitos, 2006-2017. *Revista Universitaria Del Caribe* 22(1): 61-68.
- Tapia, Z. 2020. Costos de Conservación del Manglar: Casos Las Huacas y Pongalillo, en la Provincia de El Oro, al Sur de Ecuador. *Investigatio* 13: 65-72.
- Vega, F.Y.; Apolo, N.J.; Sotomayor, J. G. 2019. La Productividad Del Sector Camaronero En La Provincia Del Oro Y Su Impacto Al Medio Ambiente. *Revista Científica Agro ecosistemas* 7(1): 39-44.