

Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo generado por actividades agrícolas en el municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, México

Change in vegetation cover and land use by agricultural activities in the municipality of Bahía de Banderas, Nayarit, Mexico

Bianca Georgina Gallardo Arce¹, Julio Cesar Morales Hernández², Oscar Frausto Martínez³,
Myrna Leticia Bravo Olivas^{4*}, Fátima Maciel Carrillo González²

¹Licenciatura en Biología, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, bianshgallardo@gmail.com

²Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara, julio.morales@academicos.udg.mx

³División Desarrollo Sustentable, Universidad de Quintana Roo, Sede Cozumel, fraustomartinezoscar@gmail.com

⁴Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, myrna.bravo@academicos.udg.mx

*Autor de Correspondencia

Resumen

El crecimiento urbano es considerado el principal problema que provoca la transformación de los ecosistemas, principalmente cuando su transición es de rural a urbano, asociándose a procesos de urbanización, crecimiento poblacional y modelos de desarrollo ineficientes. La cobertura vegetal mundial ha cambiado por causas naturales y antropogénicas. En Bahía de Banderas, Nayarit, México, estos cambios se relacionan con el abandono de áreas agrícolas. El objetivo de esta investigación fue identificar las modificaciones en la cobertura vegetal y uso de suelo asociados a actividades agrícolas. Para este análisis, se obtuvo la clasificación de uso de suelo durante el periodo 2000-2020. Lo anterior se estimó con la ayuda de tres imágenes satelitales Landsat procesadas con herramientas de un sistema de información geográfica (SIG), donde se obtuvieron cinco coberturas vegetales. En los resultados se identifican aceleradas transformaciones, sustituyendo elementos naturales por artificiales; dando como resultado la falta de equilibrio e integración al entorno, así como paisajes construidos donde se han presentado diferentes escenarios agrarios y rurales con drásticas transformaciones derivadas de la urbanización acelerada. Estos efectos son producto del crecimiento del municipio a raíz de la demanda del sector turístico.

Palabras clave: Cobertura vegetal; análisis multitemporal; clasificación supervisada; actividades agrícolas.

Abstract

Urban growth is considered the main problem causing the transformation of ecosystems, mainly when their transition goes from rural to urban, and it is associated with urbanization processes, population growth, and inefficient development models. The world's vegetation cover has changed due to natural and anthropogenic causes. In Bahía de Banderas, Nayarit, Mexico, these changes are related to the abandonment of agricultural areas. The objective of the research was to identify changes in vegetation cover and land use associated with agricultural activities. For this analysis, the classification of land use during the period 2000-2020 was obtained; this was estimated with the help of three Landsat satellite images processed with geographical information system (GIS) tools, where five vegetation covers were obtained. The results identify accelerated transformations, substituting natural elements for artificial ones; resulting in a lack of balance and integration with the environment, along with built landscapes where different agrarian and rural scenarios have been presented with drastic transformations derived from accelerated urbanization. These effects were caused by the growth of the municipality due to the demand of the tourist sector.

Keywords: Vegetation cover; multitemporal analysis; supervised classification; agricultural activities.

Recibido: 17 de junio de 2022

Aceptado: 09 de septiembre de 2022

Publicado: 19 de octubre de 2022

Cómo citar: Gallardo Arce, B. G., Morales Hernández, J. C., Frausto Martínez, O., Bravo Olivas, M. L., & Carrillo González, F. M. (2022). Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo generado por actividades agrícolas en el municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, México. *Acta Universitaria* 32, e3618. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2022.3618>

Introducción

Los cambios de cobertura y uso de suelos provocan efectos considerables sobre la dinámica de los ecosistemas, el ciclo hídrico y los suelos, promoviendo la erosión y la inestabilidad de laderas, siendo las actividades humanas uno de los principales promotores de este fenómeno de cambio (Morales-Hernández *et al.*, 2016).

Bahía de Banderas es un municipio del estado de Nayarit, en México, que cuenta con diferentes características geográficas, cuya asociación provoca una fertilidad de moderada a alta, lo cual permite una vocación de uso forestal, agrícola y pecuario. El cultivo de productos perennes es un sector económico en aumento en los últimos años (González-Cobian, 2008).

Este crecimiento en la producción agropecuaria y forestal induce a cambios de uso de suelo, modificando la cobertura de los ecosistemas naturales que en algunas zonas se degradan hasta considerarse como áreas improductivas, con consecuentes impactos socioecológicos negativos (Pineda-Jaimes *et al.*, 2009). La pérdida de algunos ecosistemas puede generar externalidades negativas (erosión, deforestación, pérdida de fauna y flora) en los servicios ecosistémicos que otorgan directa o indirectamente (Thompson *et al.*, 2009).

La deforestación, así como la degradación forestal, genera que los terrenos que originalmente ejecutaban alguna actividad forestal tengan un uso agrícola, pecuario, de zonas urbanas e incluso como depósitos de basura. De esta manera se transforman los componentes originales de estas áreas ya sea de manera natural o artificial, lo que estimula el crecimiento de la superficie relacionada como otros usos en comparación con la superficie forestal. A este proceso se le denomina cambio de uso de suelo (Mas *et al.*, 2009).

En Bahía de Banderas, la degradación de las comunidades vegetales está relacionada con la intensificación de las actividades agropecuarias, asociadas a patrones de consumo cada vez más demandantes al desarrollo de proyectos turísticos y asentamientos humanos (Navarro-Jáuregui, 2016). El principal factor de cambio en el territorio ha sido la deforestación principalmente de la selva caducifolia por obras de infraestructura, expansión agrícola y establecimiento de desarrollos turísticos (Nene *et al.*, 2017).

El conocimiento de la historia de los cambios en las coberturas vegetales en Bahía de Banderas permite hacer un análisis espacial y dinámico del impacto de estos en la extensión de los ecosistemas naturales y de otros vinculados con las comunidades humanas rurales y urbanas. Tal como se ha explicado en otras áreas, como en el caso de Jalisco, algunas posibles causas que se relacionan a estos cambios son las actividades agropecuarias, la creación de programas sociales por parte del gobierno para resolver la tenencia de la tierra y el desarrollo de las actividades turísticas (Michel-Canchola *et al.*, 2019).

Este trabajo se llevó a cabo para aportar conocimiento y evidencia sobre la pérdida o ganancia de vegetación en Bahía de Banderas, que sirva de apoyo para las autoridades encargadas de la toma de decisiones, para llevar a cabo y cumplir con los lineamientos que ayuden a reparar la interacción de la sociedad y el medio ambiente, con la finalidad de contribuir a la protección, preservación, restauración y aprovechamiento racional.

Contexto ambiental

Entre 1990-2020, en México se ha producido a nivel internacional y nacional un acercamiento a la problemática ambiental y una aproximación al estudio de las causas, procesos y consecuencias del cambio de uso y capacidad que se le está dando a un espacio y si este es el más apropiado (Morales-Hernández *et al.*, 2016; Osuna-Osuna *et al.*, 2015), destacando la importancia de tener una visión adecuada para afrontar la problemática ambiental y la conservación del medio ambiente (Galicia *et al.*, 2007).

Una alternativa económica para cumplir con las necesidades que la población rural demanda es mediante la explotación de recursos naturales, aunque a su vez esto representa una problemática del municipio, puesto que ha originado la práctica y el crecimiento de las actividades primarias, extendiendo la frontera agrícola sobre zonas inadecuadas (litorales del río Ameca) (Domínguez *et al.*, 2019; Gallardo-Arce, 2022).

Así mismo, Bahía de Banderas ha transformado su cobertura debido al desarrollo de actividades agrícolas, provocando cambios en la vegetación, modificando las condiciones naturales de los ecosistemas y promoviendo la desaparición de especies vegetales por acciones directas o indirectas (Rosas-Pérez *et al.*, 2006).

Bahía de Banderas representa el destino turístico más importante y de mayor desarrollo del estado en oferta y servicios turísticos. Por otra parte, el sector turístico no es la única actividad económica del municipio, sino que también participa el sector agropecuario, destacando los cultivos en la modalidad tanto de riego como de temporal, entre los cuales destacan arroz, sandía, mango, melón, jitomate y pepino (Soto-Ruiz *et al.*, 2015). Cuenta con una superficie sembrada de 7755 hectáreas, que representan el 2.02% del total estatal, y en la que se utilizan sistemas agrícolas tecnificados. Según datos del Plan Municipal de Desarrollo de Bahía de Banderas 2017-2021, el 92% de la superficie cultivada utiliza fertilizantes, principales causas de contaminación del agua (H. Ayuntamiento de Bahía de Banderas, 2017).

De este modo, la actividad agrícola afecta también a la base de su propio futuro a través de la utilización de procesos que fomentan la degradación de la tierra, la salinización y el exceso de extracción de agua. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue identificar las modificaciones en la cobertura vegetal y uso de suelo, lo cual permitirá en los años próximos entender y observar la dinámica en la región de Bahía de Banderas como una herramienta de planeación y ordenamiento territorial para los tomadores de decisiones (Morales-Hernández *et al.*, 2016).

Materiales y métodos

Área de estudio

El municipio de Bahía de Banderas se ubica en el extremo sur del estado de Nayarit. Al este colinda con el río Ameca, el cual divide al estado de Nayarit con Jalisco; al sur se encuentra la Bahía más grande de México; y al norte se localiza la localidad de Guayabitos (municipios de Compostela). El área de estudio comprende una región con un gran potencial turístico, donde destaca el aprovechamiento del potencial paisajístico de la costa (Figura 1), lo cual responde a intereses de expansión de proyectos turísticos relacionados con políticas federales y estatales. En la zona costera del municipio se encuentran las islas Marietas, las ensenadas y áreas que bordean la costa. Es importante destacar que, en la naturaleza, la región de estudio no puede considerarse aislada de su entorno, sino que representa un área con flujos energéticos de entrada y salida hacia sus sistemas ambientales internos y circundantes (Gallardo-Arce, 2022; Navarro-Jáuregui, 2016; Salazar-García *et al.*, 2022).

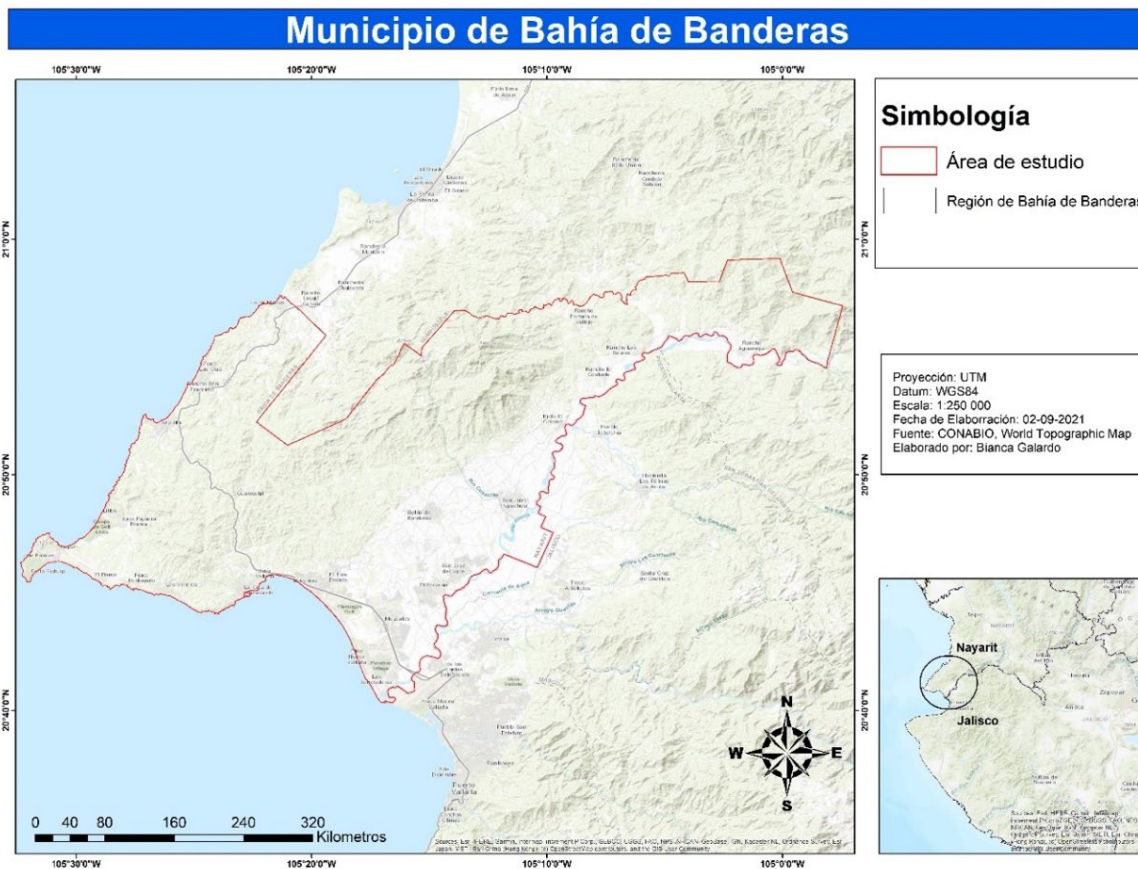


Figura 1. Municipio de Bahía de Banderas, correspondiente al área de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Metodología

Para llevar a cabo la investigación se utilizaron tres imágenes satelitales Landsat del periodo 2000-2020, obtenidas para el periodo de estiaje, con una cobertura de nubosidad menor al 20% (path/row: 30/46) y con una resolución de 30 metros. Las características principales de las imágenes son: la coincidencia de los meses de todas las imágenes y un bajo porcentaje de nubosidad. Las fechas correspondientes a las imágenes satelitales son abril del 2000, abril del 2010 y abril del 2020 (se agruparon clases de vegetación secundaria por la resolución de las imágenes y la temporalidad de las imágenes). Las imágenes se obtuvieron del portal de internet del Servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey [USGS]).

Se realizó un pre-procesamiento de imágenes con el fin de realizar la interpretación y análisis de las imágenes. Las técnicas utilizadas estuvieron dirigidas a realzar, enfatizar o suprimir ciertas características de las imágenes, esto para mejorar la calidad visual para su clasificación. La composición de bandas para las imágenes Landsat fueron la 4-5-3 (RGB), dado que permite una mejor interpretación visual de las imágenes, realzando y discriminando las diferentes coberturas vegetales y diferenciándolas de las coberturas de agua, suelos desnudos, zonas urbanas, etc.

Análisis de imágenes

El procedimiento se realizó mediante una clasificación supervisada, utilizando el clasificador de máxima verosimilitud (Chuvieco, 2006; Tso & Mather, 2009), que es el algoritmo más comúnmente utilizado en percepción remota; ya que es sencillo de aplicar y facilita la interpretación de los resultados que arroja, además de considerarse uno de los procedimientos de discriminación más acertados y eficientes, siempre y cuando los datos sigan una función de distribución normal (Loya-Carrillo *et al.*, 2013; Maselli *et al.*, 1992). En el clasificador de máxima verosimilitud, se verificaron las imágenes, con base en los cuales se caracteriza estadísticamente cada categoría (fase de entrenamiento).

Para llevar a cabo los campos de entrenamiento se utilizaron composiciones de falso color de las imágenes con las cartas temáticas del Geo Portal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), así como las del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (series III y VI). Posteriormente, se realizaron verificaciones en campo en puntos estratégicos, así como con el uso de la plataforma de Google Earth, con la intención de entrenar al programa con las clases a caracterizar. En promedio, se seleccionaron alrededor de 30 campos de entrenamiento por clase, con 12 a 16 píxeles por campo para cada imagen, lo que representa áreas mayores a 1 ha. Posteriormente, se ejecutó el algoritmo de máxima verosimilitud en el *software* ARCGIS 10.3 (Eastman, 2012), mediante el cual cada píxel será agrupado de acuerdo con la probabilidad de que perteneciera a una clase dada (Eastman, 2003).

Evaluación de cobertura vegetal y uso de suelo

La evaluación del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el municipio de Bahía de Banderas se realizó mediante un enfoque de comparación post-clasificadorio, utilizando como herramienta una matriz de transición. Este análisis permitió calcular los cambios observados en el periodo de estudio (2000-2020) al realizar una tabla de contingencia, la cual contiene en uno de los ejes las clases de uso de suelo del primer año (2000), en otro eje las clases del segundo año (2010) y en el otro eje las clases del tercer año (2020).

En esta matriz, la diagonal expresa el número de puntos de verificación donde concuerdan ambas fuentes (mapa y campo), mientras que los marginales suponen errores de asignación. La relación entre el número de puntos correctamente asignados y el total expresa la fiabilidad del mapa global. Los residuales en filas indican tipos de cubierta real que no se incluyeron en el mapa, mientras que los residuales en columnas implican categorías del mapa que no se ajustan a la realidad. Para determinar la confiabilidad del mapa, se empleó la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\sum ii}{N} \times 100$$

donde F es el porcentaje de exactitud global (confiabilidad del mapa), $\sum ii$ es la sumatoria de los aciertos o acuerdos observados con el mapa y N es el total de los puntos muestreados.

Índice de kappa (k)

Para analizar las relaciones múltiples entre las distintas categorías, se trabajó con técnicas de análisis categórico multivariante, idóneas para el estudio global de matrices de confusión (Campbell, 1987). Uno de los índices más empleados en este sentido es el estadístico de kappa (k), que mide la diferencia entre el acuerdo mapa-realidad observado y al que cabría esperar simplemente por azar. Intenta delimitar el grado de ajuste debido, solamente, a la exactitud de la clasificación, prescindiendo del causado por factores aleatorios. El test pretende evaluar si la clasificación ha discriminado las categorías de interés con precisión significativamente mayor a la que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria (Chuvieco, 1990). La fórmula empleada es:

$$k = \frac{N \sum X_{ij} - \sum (X_i * X_{+i})}{N^2 - \sum (X_i * X_{+i})}$$

donde N es igual al total de datos muestreados, X_{ii} indica el acuerdo observado en campo y $(X_{i+1,j})^*$ $X_{i,j+1}$ es la concordancia esperada (producto de marginales).

El valor obtenido representa el porcentaje en que la clasificación es mejor que la esperada por azar. Se consideran seis clases de resultados (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de interpretación del coeficiente Kappa.

Coeficiente Kappa		Fuerza de la concordancia
0.00		Pobre
0.01	0.20	Leve
0.21	0.40	Aceptable
0.41	0.60	Moderada
0.61	0.80	Considerable
0.81	1.0	Casi Perfecta

Fuente: Landis & Koch (1977).

Efecto de las actividades agrícolas en la cobertura vegetal

Para la etapa de realización del efecto de las zonas agrícolas, se viajó a las localidades de los ejidos que comprenden el área seleccionada (San Juan de Abajo, San Jose del Valle, Valle de Banderas, El Porvenir, El Colomo, Rancho el Coatante, Rancho los Sauces, Fortuna de Vallejo y Rancho Aguamilpa). Se realizó un método de muestreo no probabilístico, esto a partir de un estudio de "bola de nieve" (que se utiliza cuando los participantes potenciales son difíciles de encontrar o si la muestra está limitada a un subgrupo muy pequeño de la población), donde los resultados se integraron al programa TagXedo (Cuya-Matos, 2016; Frausto-Martínez *et al.*, 2018). Los sujetos de estudio fueron agricultores del municipio que tienen mayor conocimiento del ejido tanto en historia como en funcionamiento. Las entrevistas no estructuradas se enfocaron en recabar información sobre la situación actual de la agricultura y las actividades agropecuarias que se han realizado históricamente, para conocer si perciben cambios en la producción en los últimos 20 años, los recursos que se cultivan, las plagas que se presentan, la cantidad de lluvia en la región y la deforestación en la zona.

Una vez que se analizaron las preguntas, se realizó el análisis de la información para poder establecer relaciones, interpretar la información y extraer los significados relevantes del problema en cuestión, mediante un análisis de nubes de palabras. La nube proporciona una primera visión del conjunto de datos que nos ayuda a desentrañar las distintas dimensiones de las imágenes que forman parte de este valor para, a partir de ellas, crear una primera clasificación para nuestros datos (Cuya-Matos, 2016).

Resultados

El análisis de las imágenes satelitales resultó en tres mapas de cobertura vegetal (selva mediana, selva baja) y dos usos de suelo (agricultura y zonas urbanas), clases que fueron verificadas a través del método de la matriz de error para cada uno de los años, a fin de determinar el grado de confiabilidad de los resultados por medio de los errores de omisión y comisión. Cabe resaltar que la vegetación secundaria y el bosque degradado registraron más errores de omisión. La vegetación secundaria y el bosque degradado tuvieron los mayores porcentajes de error debido a la resolución de las imágenes. La vegetación secundaria se confunde con la riparia y con la selva baja caducifolia, mientras que el bosque degradado se confunde con el bosque de coníferas; este y la vegetación secundaria presentaron la cantidad más grande de errores de omisión, por tal motivo se homogenizaron con las clases realizadas en el análisis.

Las clases que presentaron mayor extensión fueron: la selva baja, con 35 248.51 ha, equivalente a 46% del territorio; la selva mediana, con 17 763.67 ha, que representa el 23%; y la zona agrícola y pastizales, con 16 342.87 ha. La clase de selva baja caducifolia es la que se encuentra con mayor presencia en la región; sin embargo, su principal distribución se encuentra en el este (zona costera) y oeste (Rancho Vallejo) del área, y las zonas agrícolas y urbanas se encuentran principalmente en el valle de la región, con una cobertura del 25% de la superficie total (Figura 2).

Los resultados del análisis de las imágenes satelitales para el año 2000 muestran una vegetación dominante de selva baja caducifolia, que se extiende por 35 248.51 ha, el equivalente al 46% del total estudiado.

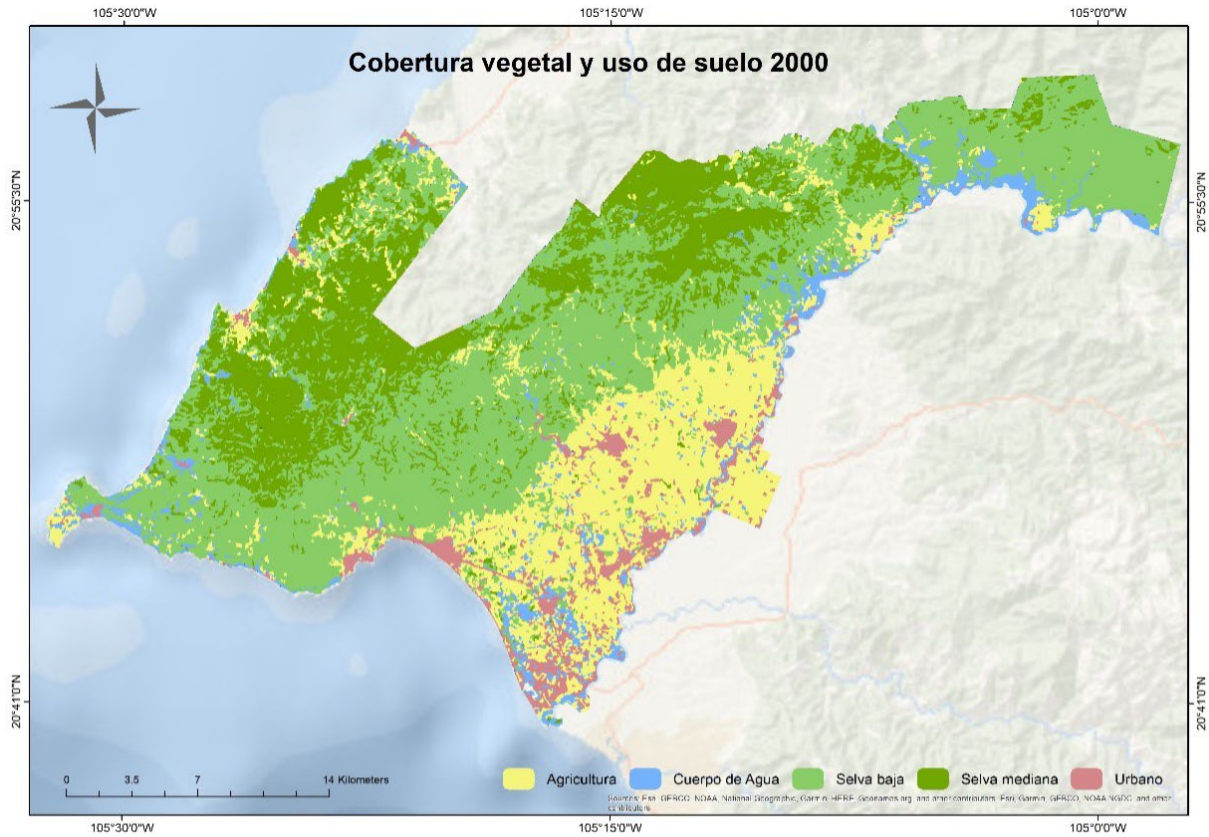


Figura 2. Cobertura vegetal y uso de suelo del año 2000 del municipio de Bahía de Banderas.
Fuente: Elaboración propia.

La clasificación del 2000 presentó los menores errores en cuanto a la definición de los campos de entrenamiento. La exactitud global fue de 89%, y el índice kappa fue de 87%, lo cual genera una exactitud “casi perfecta”, presentándose la menor exactitud en las zonas agrícolas, urbanas y cuerpos de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de error año 2000 con los campos de entrenamiento.

	Agricultura	Cuerpo de agua	Selva baja	Selva mediana	Urbano	Total usuario	Precisión usuario %
Agricultura	22	0	0	3	0	25	88
Cuerpo de agua	1	11	1	0	1	14	78
Selva baja	0	0	15	0	0	15	100
Selva mediana	0	0	0	10	0	10	100
Urbano	3	0	0	0	19	22	86
Total productor	26	11	16	13	20	86	-
Precisión productor %	85	100	94	77	95	-	-
Precisión General	$77/86 \times 100 = 89\%$						
Coficiente Kappa	$5008/5782 \times 100 = 87\%$						

Fuente: Elaboración propia.

Cobertura vegetal y uso de suelo 2010

Las clases que presentaron mayor extensión fueron: la selva mediana, abarcando 31 067 ha, equivalente al 40.4% total del territorio; la selva baja, con un 34.2%; y la zona agrícola, con 17.3%, siendo la clase de selva mediana subcaducifolia la que presenta mayor extensión en la región. Sin embargo, su principal distribución es en el noreste (Lo de Marcos) y el noroeste (Fortuna de Vallejo); las zonas agrícolas y urbanas se encuentran principalmente en el valle de la región con una cobertura del 23.4% de la superficie total (Figura 3).

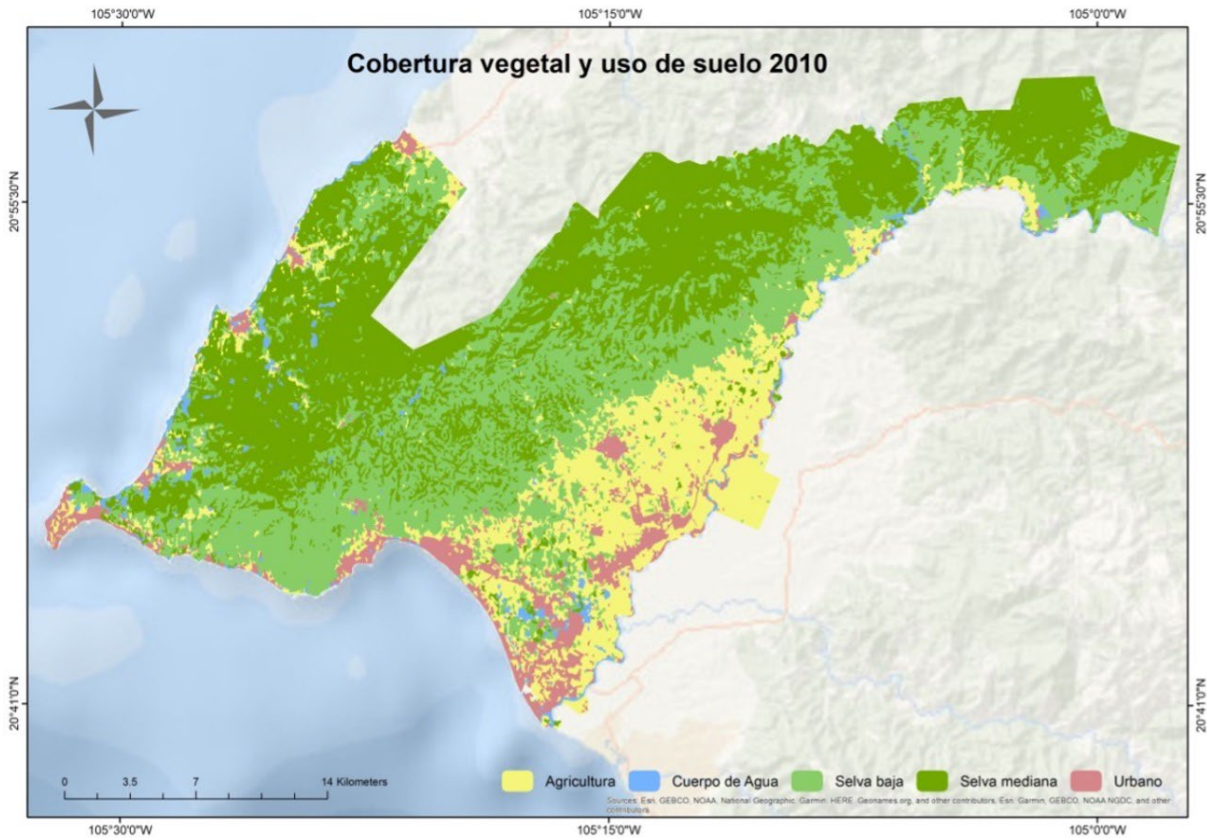


Figura 3. Cobertura vegetal y uso de suelo del año 2010 en el municipio de Bahía de Banderas.
Fuente: Elaboración propia.

La clasificación del 2010 presentó una exactitud global del 88% y un índice kappa de 85%, este último se clasifica como "casi perfecta", presentándose la menor exactitud en selva baja, selva mediana y zonas urbanas (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de error año 2010 con los campos de entrenamiento.

	Agricultura	Cuerpo de agua	Selva baja	Selva mediana	Urbano	Total usuario	Precisión usuario %
Agricultura	14	0	1	0	0	15	93
Cuerpo de agua	1	13	0	0	0	14	93
Selva baja	3	0	15	0	0	18	83
Selva mediana	0	0	2	10	0	12	83
Urbano	3	0	0	0	24	27	88
Total productor	21	13	18	10	24	86	-
Precisión productor %	67	100	83	100	100	-	-
Precisión general	$76/86*100 = 88\%$						
Coefficiente Kappa	$4947/5807*100 = 85\%$						

Fuente: Elaboración propia.

Cobertura vegetal y uso de suelo 2020

Las clases que presentaron mayor extensión fueron: la selva baja, con cerca de 35 660.56 ha, equivalente a 46.3% total del territorio; la zona agrícola, con 24%; y la selva mediana, con 19.7%, siendo la clase de selva baja caducifolia la que presenta mayor presencia en la región. Sin embargo, su principal distribución se da en centro-oeste y en el este (Aguamilpa); las zonas agrícolas y urbanas se encuentran principalmente en el valle de la región, con una cobertura del 32.9% de la superficie total (Figura 4).

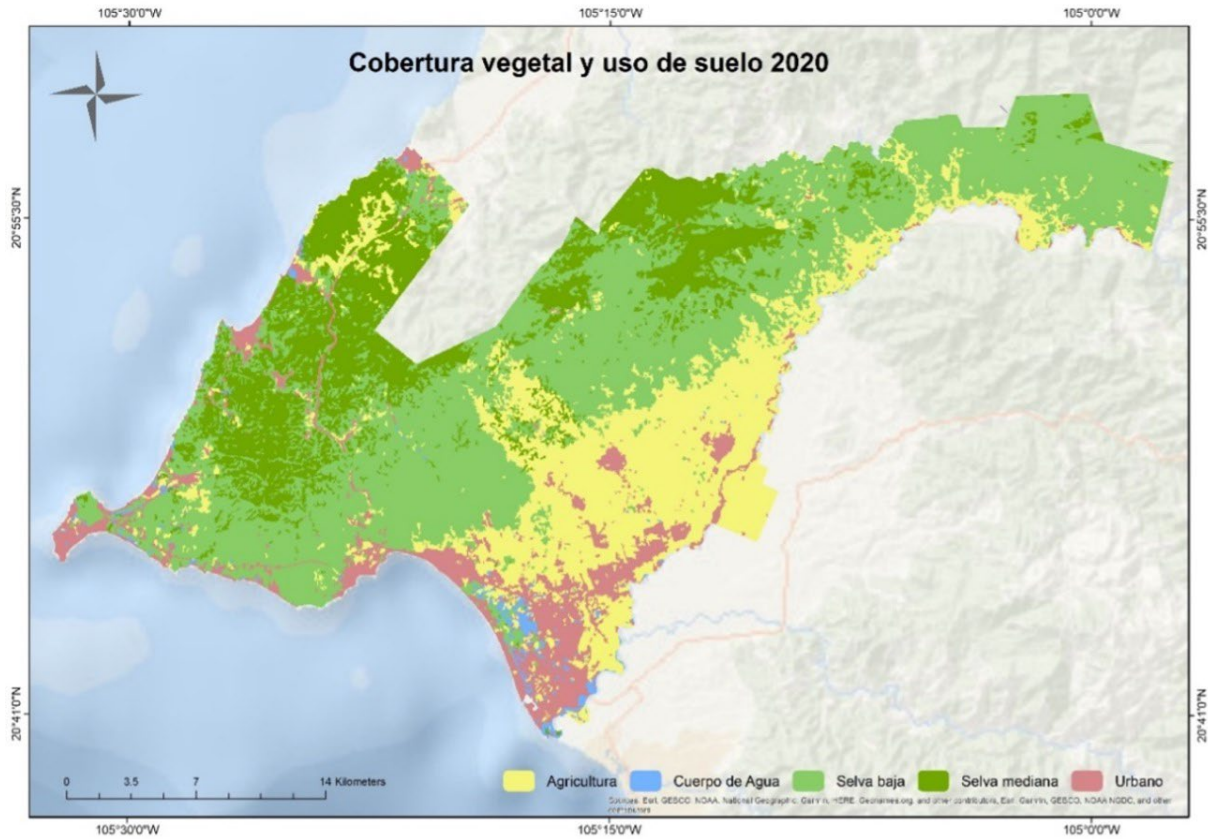


Figura 4. Cobertura vegetal y uso de suelo del año 2020 del municipio de Bahía de Banderas.
Fuente: Elaboración propia.

La clasificación del 2020 presentó los mayores errores en comparación con los años anteriores; a pesar de esto, tiene una exactitud global del 86%, categorizándose en el índice kappa como "casi perfecta", presentando la menor exactitud en las zonas agrícolas, selva baja y zonas urbanas (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de error año 2020 con los campos de entrenamiento.

	Agricultura	Cuerpo de agua	Selva baja	Selva mediana	Urbano	Total usuario	Precisión usuario %
Agricultura	16	0	3	0	2	21	76
Cuerpo de agua	1	11	0	0	0	12	92
Selva baja	2	0	15	1	0	18	83
Selva mediana	0	0	0	9	0	9	100
Urbano	1	2	0	0	23	26	88
Total productor	20	13	18	10	25	86	-
Precisión productor %	80	85	83	90	92	-	-
Precisión general	$76/86 \times 100 = 86\%$						
Coefficiente Kappa	$4947/5807 \times 100 = 82\%$						

Fuente: Elaboración propia.

Estado de la cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo en el periodo 2000-2020 en la región de estudio

Las principales zonas que evidenciaron disminución en el periodo correspondiente son cuerpo de agua y selva mediana, que presentan una disminución de -4.0% y -3.03% (4175.24 ha a 728.17 ha y 17 763.67 ha a 15 200.10 ha, respectivamente). Por otro lado, los usos de suelo registraron aumento en las tasas anuales de cambio de selva baja con +0.03% de 35 248.51 ha a 35 660.56 ha, las cuales pueden estar homogenizando a la vegetación secundaria por la temporada de secas. En cambio, la clase urbano y agricultura presentan un incremento de +4.9% y +3.0%, con 3454.36 ha a 6829.81 ha y 16 342.87 ha a 18 512.01 ha (Tabla 5).

Tabla 5. Hectáreas de la cobertura de la región de Bahía de Banderas.

Clases	2000		2010		2020		Cambio en % de 2000-2020
	ha	%	ha	%	ha	%	
Urbano	3454.36	4	4665.66	6	6829.81	8.9	+ 4.9
Cuerpos de Agua	4175.24	5	1619.87	2	782.17	1.0	- 4.0
Selva Baja	35248.51	46	26350.08	34	35660.56	46.3	+ 0.3
Selva Mediana	17763.67	23	31067.44	40	15200.1	19.7	- 3.3
Agricultura	16342.87	21	13281.6	17	18512.01	24.0	+ 3.0
Total Ha	76984.65	100	76984.65	100	76984.65	100	

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó una disminución en la cobertura de cuerpos de agua con una tasa anual de cambio de -2.9% (2000-2010) (Tabla 6) y -1.0% (2010-2020) (Tabla 7). Y en selva mediana se observa un aumento con una tasa anual de cambio de +17.0% (2000-2010) (Tabla 6); posteriormente, se encuentra una disminución del -20.3% (2010-2020) (Tabla 7), atribuida a la clase urbana y agricultura. Estos valores de disminución concuerdan con los registrados en la Tabla 5.

Tabla 6. Tasas de cambio (%) de cobertura vegetal y uso de suelo periodo 2000-2010.

Clases	2000	2010	Cambio en % de 2000-2010
Urbano	4	6	+ 2.1
Cuerpos de Agua	5	2	- 2.9
Selva Baja	46	34	- 12.0
Selva Mediana	23	40	+ 17.0
Agricultura	21	17	- 4.0
Total %	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Tasas de cambio (%) de cobertura vegetal y uso de suelo del periodo 2010-2020.

Clases	2010	2020	Cambio en % de 2010-2020
Urbano	6	8.9	+ 2.9
Cuerpos de Agua	2	1.0	- 1.0
Selva Baja	34	46.3	+ 12.3
Selva Mediana	40	19.7	- 20.3
Agricultura	17	24.0	+ 7.0
Total %	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

Efecto de las actividades agrícolas en la cobertura vegetal de la región de Bahía de Banderas

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de la información proporcionada por los pobladores y agricultores de la región en las entrevistas, así como del análisis cartográfico, se puede observar que el cambio de uso de suelo en el municipio indica que el incremento de la población está asociado al aumento de la zona cultivada o destinada para el ganado; sin embargo, la variación en las últimas décadas de la superficie cultivada en el municipio no fue significativa.

El incremento de las zonas urbanas ha ganado terreno sobre el suelo agrícola, el cual ha perdido paulatinamente su extensión dentro del municipio. Los cambios más representativos fueron: el cambio de vegetación a agricultura, seguido del cambio de agricultura a urbano y, por último, el cambio de agricultura a vegetación secundaria. Durante este periodo hubo un pequeño incremento del área agrícola.

El análisis de las entrevistas a los agricultores permitió observar que una de las principales actividades económicas que estos realizaban era la agricultura, además de la siembra de maíz, aprovechando la temporada de lluvias, aunque también practicaban la agricultura de riego, aprovechando los márgenes del río Ameca. El frijol, la calabaza, el chile y las hortalizas formaban parte de sus plantas cultivadas. Así mismo, cultivaban el cacao, el tabaco y el algodón.

Sin embargo, a partir del reparto agrario y de la construcción de la Unidad de Riego de Valle de Banderas en 1954-1958, la zona agrícola experimentó un crecimiento sostenido que, de la misma forma, contrajo el asentamiento de instituciones oficiales de crédito agrícola y la institucionalización de precios de garantía.

La producción agrícola del Valle de Banderas se caracterizó por la diversa gama de productos que se cultivaban, que, a su vez, provocó la demanda de tierra en la zona del valle, por lo que los campesinos y núcleos agrarios propusieron la ampliación hacia tierras colindantes a los esteros, pantanos y humedales para su uso agropecuario.

Si bien las actividades agropecuarias se practicaban de manera estacional y tradicional, estas mantuvieron como límite el manglar, el humedal o el pantano. De esta manera, las afectaciones eran mínimas, o en su defecto, absorbidas por el sistema estuarino y regeneradas gradualmente durante la temporada de lluvias. No obstante, el turismo como actividad reemplazante no escatimó en transformar de manera radical el paisaje natural al causar daños a lo largo y ancho de la zona costera de Bahía de Banderas, edificando construcciones que eventualmente modificaron el paisaje natural de manera definitiva.

Márquez-González (2008) menciona que la promoción para la creación de infraestructura turística en la parte costera del municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, ha provocado daños de importantes espacios ocupados por cubiertas vegetales, muchas de ellas en tendencia a su desaparición en el corto y mediano plazo. Asimismo, de seguir con las actuales tendencias, se conformarán nuevas conurbaciones, como el caso de la región sur de Nayarit y el norte de Jalisco, deteriorando los supuestos atractivos para la promoción del turismo como cuerpos de agua internos y costeros.

Un aspecto principal en los análisis de clasificación por cambio de cobertura con el uso de técnicas de teledetección es facilitar información cuantificable de la exactitud temática y espacial de los mapas resultantes con esas técnicas (Skirvin *et al.*, 2004). Con esta metodología se obtienen resultados satisfactorios cuando los mapas presentan altos niveles de exactitud (Mas, 1999).

En diversos estudios, la expansión de los asentamientos humanos se ha relacionado con el crecimiento poblacional y las modificaciones en la cobertura vegetal nativa (García López *et al.*, 2001). Los resultados de esta investigación coinciden con los obtenidos por Ramírez-García *et al.* (1998), Berlanga-Robles (1999) y Páez-Brito (2000), quienes señalan que la frontera agrícola y urbana se ha desarrollado sobre otras coberturas naturales, principalmente en la cobertura de selvas y bosques, de los cuales, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), la conversión de estos terrenos con coberturas de selvas y bosques hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes de deforestación en América Latina.

Con base en el trabajo de campo, a través de los recorridos, se pudo deducir que la superficie que percibe la producción agrícola se ha expandido a lugares no aptos (márgenes del río Ameca) y sigue creciendo considerablemente sobre la cobertura de selva mediana, esto se debe al desplazamiento que ocasionan las actividades antropogénicas.

En estudios anteriores, se determinó un grado bueno de conservación del territorio debido a que gran parte de sus recursos naturales se encontraban en proceso de recuperación o en madurez. Sin embargo, en este estudio se genera el seguimiento de las modificaciones en la cobertura vegetal, el cual demuestra que tal grado de conservación se ve afectado por la falta de la implementación de políticas o acciones que mantuvieran esas condiciones, por lo que se considera que este estudio sea de utilidad para futuros planes de manejo o estrategias de conservación y restauración de coberturas de Bahía de Banderas.

La agricultura representó un ingreso económico fuerte en el municipio en años anteriores; no obstante, la competencia de tecnologías y el sector turístico han desplazado esta actividad primaria. Sin embargo, el municipio aún presenta vocación agrícola, aunque en menor intensidad de producción, y se espera sea impulsada para lograr diversificar la economía del municipio y, sobre todo, que los dueños de la tierra perciban ingresos mediante su aprovechamiento antes de venderla y permitir que la mancha urbana y turística siga creciendo por desplazar las zonas agrícolas a zonas de riesgo y, por consiguiente, se disminuyan coberturas vegetales tales como la selva mediana y cuerpos de agua.

Finalmente, de acuerdo con Mas (1999), el crecimiento de la frontera agrícola ha generado la mayor presión ambiental; sin embargo, la presencia del crecimiento de población y la construcción de infraestructura turística y urbana (determinados a partir del uso de la teledetección y la aplicación de los SIG) tienen un impacto creciente que debe considerarse en futuros planes de desarrollo a nivel estatal y regional, con la finalidad de armonizar el desarrollo de Puerto Vallarta con las políticas vigentes de crecimiento sustentable y para que las autoridades estén informadas sobre lo que está pasando con sus recursos naturales y así apoyen en su preservación.

Conclusiones

Las zonas que presentaron disminución más evidente en el periodo 2000-2020 fueron cuerpo de agua y selva mediana, mientras que los usos de suelo con registros de aumento en las tasas anuales de cambio fueron selva baja. Dicho suceso es entendible desde el punto de vista socioeconómico, ya que representan una fuente de ingreso a corto plazo para la población. Sin embargo, su intensidad ha provocado una pérdida de cobertura natural (selvas y bosques), lo cual puede incidir en la fertilidad y erosión del suelo. Por otra parte, también hay una importante transición de selvas y bosques a vegetación con disturbio, y esta a su vez en pastizales y suelo agrícola, lo que refleja la sucesión ecológica que experimenta la vegetación natural.

Los resultados de este trabajo son herramientas que pueden ser consideradas por los tomadores de decisiones en programas de ordenamiento territorial, ya que el objetivo de estos programas es ordenar y regular las actividades humanas. En este trabajo se hizo un análisis de las afectaciones de estas y su crecimiento, ayudando, a su vez, a comprender, analizar y observar la dinámica del cambio de uso de suelo y dando una clara evaluación de cómo se encuentra el territorio de Bahía de Banderas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades del Centro Universitario de la Universidad de Guadalajara por el apoyo logístico para las actividades de trabajo de campo en la región.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Berlanga-Robles, C. A. (1999). *Evaluación de las condiciones actuales y del cambio en los paisajes de humedales de la costa sur de Sinaloa, México: una aproximación con el uso de datos provenientes de sensores remotos*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Campbell, J. B. (1987). *Introduction to remote sensing*. The Guilford Press.
- Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de teledetección espacial* (1ª ed.). Ediciones RIALP.
- Chuvieco, E. (2006). *Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio* (2ª ed.). Ariel.
- Cuya-Matos, O. A. (2016). *Variación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en relación con la gradiente altitudinal en las lomas de Atocongo (Lima - Perú)*. Universidad Ricardo Palma.
- Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., & Sunkel, O. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad* (J. Sánchez, Ed.). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Eastman, J. R. (2003). *IDRISI Kilimanjaro guide to GIS and image processing*. Clark Labs.
- Eastman, J. R. (2012). *IDRISI Selva tutorial*. Clark Labs.
http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/eng/gis/idrisi_selva_tutorial.pdf
- Frausto-Martínez, O., Tun-Chim, J., Colín-Olivares, O., Vázquez-Sosa, A., Dzul-Pech, R., Isla-García, R., Hernández-Aguilar, M. L., Campos-Vargas, M., Arroyo-Arcos, L., & Palacio-Aponte, G. (2018). Perfil de resiliencia urbana de la isla de Cozumel, México. *Antrópica. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(8), 215-237. <https://antropica.com.mx/ojs2/index.php/AntropicaRCSH/article/view/113>
- Galicia, L., García-Romero, A., Gómez-Mendoza, L., & Ramírez, M. I. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia*, 58(4), 50-59.

- Gallardo-Arce, B. G. (2022). *Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo generado por actividades agrícolas en el municipio de Bahía de Banderas*. Universidad de Guadalajara.
- García López, S., Pinilla Ruiz, C., & Lago, A. (2001). Utilización de Landsat-MSS para la cartografía de cultivos bajo plástico. Estudio de la fiabilidad de la clasificación. En J. I. Rosell-Urrutia & J. A. Martínez-Casasnovas (eds.), *Teledetección: medio ambiente y cambio global* (pp. 65-69). Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl.
- González-Cobian, M. F. (2008). *Estrategias de negocios para el litchi, fruta exótica que se produce en Bahía de Banderas, Nayarit*. Universidad Autónoma de Nayarit.
- H. Ayuntamiento de Bahía de Banderas. (2017). *Plan Municipal de Desarrollo 2017-2021*.
<https://www.bahiadebanderas.gob.mx/transparencia20172021/B-PLAN%20DE%20DESARROLLO/PMD%20ORIGINAL.pdf>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://www.jstor.org/stable/2529310>
- Loya-Carrillo, J. O., Aguilar-Estrada, S. A., Bravo-Peña, L. C., & Sánchez-Flores, E. (2013). Evaluación espacio-temporal del impacto del crecimiento urbano sobre la cobertura vegetal en la región fronteriza Nogales, México y Arizona, Estados Unidos, durante el periodo 1995-2010. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1), 124-140.
- Márquez-González, A. R. (2008). Cambio de uso de suelo y el desarrollo turístico en Bahía de Banderas, Nayarit. *Ciencia UANL*, 11(2), 161-167. <http://eprints.uanl.mx/1863/1/NAYARIT.pdf>
- Mas, J. F. (1999). Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20(1), 139-152. doi: <https://doi.org/10.1080/014311699213659>
- Mas, J. F., Velázquez, A., & Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/ uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental. Ciencia y Política Pública*, 1(1), 23-39. https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/La_evaluacion_de_los_cambios_de_cobertura-uso_de_suelo_en_la_Republica_Mexicana.pdf
- Maselli, F., Conese, C., Petkov, L., & Resti, R. (1992). Inclusion of prior probabilities derived from a nonparametric process into the maximum-likelihood classifier. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58(2), 201-207. http://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1992journal/feb/1992_feb_201-207.pdf
- Michel-Canchola, J. E., Cruz-Romero, B., Téllez-López, J., & Carrillo-González, F. M. (2019). Análisis histórico de la deforestación en la costa de Jalisco, México. *Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 12(35), 1-23. <https://www.eumed.net/rev/delos/35/deforestacion-jalisco.pdf>
- Morales-Hernández, J. C., Carrillo-González, F. M., Farfán-Molina, L. M., & Cornejo-López, V. M. (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. *Caldasia*, 38(1), 7-16. doi: <https://doi.org/10.15446/REV.COLOMB.BIOTE.V18N1.57709>
- Navarro-Jáuregui, C. T. (2016). *Análisis del cambio de cobertura y uso del suelo por el desarrollo urbano - turístico en el municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, 2000 - 2015*. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Nene, A. J., González, G., Mendoza, M. E., & De Asís, F. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico Central Mexicano. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía*, (94), 64-81. doi: <https://doi.org/10.14350/RIG.56770>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015. Compendio de datos*. FAO.
- Osuna-Osuna, A. K., Díaz-Torres, J. J., De Anda-Sánchez, J., Villegas-García, E., Gallardo-Valdez, J., & Davila-Vázquez, G. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. *Revista Ambiente & Agua*, 10(2), 350-362. doi: <https://doi.org/10.4136/AMBI-AGUA.1539>
- Páez-Brito, L. P. (2000). *Evaluación de cambios de paisaje del sistema estuarino de San Blas, Nayarit y su área adyacente a la desembocadura del río Santiago con aplicación de percepción remota*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

- Pineda-Jaimes, N. B., Bosque-Sendra, J., Gómez-Delgado, M., & Plata-Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 69, 33–52. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0188-46112009000200004
- Ramírez-García, P., López-Blanco, J., & Ocaña, D. (1998). Mangrove vegetation assessment in the Santiago River Mouth, Mexico, by means of supervised classification using Landsat TM imagery. *Forest Ecology and Management*, 105(1–3), 217–229. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00289-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00289-2)
- Rosas-Pérez, I., Carranza-Ortiz, G., Nava-Cruz, Y., & Larqué-Saavedra, A. (2006). La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal. En J. Urbina-Soria & J. Martínez-Fernández (eds.), *Más allá del cambio climático* (pp. 123–140). Instituto Nacional de Ecología.
- Salazar-García, V., Chavoya-Gama, J. I., & Morales Hernández, J. C. (2022). Transformación del paisaje del municipio Bahía de Banderas. *Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 3(2), 40–53. <http://www.reiagro.ugto.mx/images/pdf/vol3-num2/3-salazar-garcia-et-al-2022.pdf>
- Skirvin, S. M., Kepner, W. G., Marsh, S. E., Drake, S. E., Maingi, J. K., Edmonds, C. M., Watts, C. J., & Williams, D. R. (2004). Assessing the accuracy of satellite-derived land-cover classification using historical aerial photography, digital orthophoto quadrangles, and airborne video data. En R. Lunetta & J. G. Lyon (eds.), *Remote sensing and GIS accuracy assessment* (pp. 137–154). CRC Press LLC.
- Soto-Ruiz, M. G., Soto-Ceja, E., & Robles-Zepeda, F. J. (2015). Vinculación turismo-agricultura del municipio de Bahía de Banderas. Caso de estudio: centro de calidad Nayarit. *Revista Fuente Nueva Época*, 6(21), 17–24. <http://dspace.uan.mx:8080/handle/123456789/210>
- Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2166. doi: <https://doi.org/10.1098/RSTB.2009.0053>
- Tso, B., & Mather, P. (2009). *Classification methods for remotely sensed data* (2a ed.). CRC Press.