

DEFORESTACIÓN Y EXPANSIÓN GANADERA: AFECTACIONES A LA COBERTURA ARBÓREA DE ACTOPAN, VERACRUZ (2000-2022)

DEFORESTATION AND LIVESTOCK EXPANSION: IMPACTS ON TREE COVER IN ACTOPAN, VERACRUZ (2000-2022)

Arantxa Huerta Toral¹, Irving Uriel Hernández Gómez², Carmin Magaly Marín Guerrero³ y Edward Alan Ellis⁴

SUMARIO: 1. Introducción, 2. Materiales y métodos, 2.1 Área de estudio, 2.2 Diseño metodológico, 2.2.1 Obtención y procesamiento de material satelital, 2.2.2 Clasificación supervisada, 2.2.3 Análisis de certeza: índice *kappa*, 2.2.4 Cambio de uso del suelo, 2.2.5 Tasa de cambio anual, 2.2.6 Deforestación anual promedio, 3. Resultados, 3.1 Usos y coberturas del suelo de los años 2000, 2010 y 2022, 3.2 Cambio de uso del suelo en los periodos 2000-2010, 2010-2022 y 2000-2022, 3.3 Deforestación anual promedio y tasa de cambio anual, 4. Discusión 5. Conclusiones, Fuentes de información

RESUMEN

La ganadería representa una de las principales actividades económicas en el estado de Veracruz, así como en el municipio de Actopan; sin embargo, las prácticas ganaderas extensivas resultan en la deforestación. Este estudio evaluó el impacto en la cobertura arbórea por el incremento de la superficie ganadera en el municipio de Actopan de 2000 a 2022. Se realizaron clasificaciones supervisadas con imágenes satelitales, en el programa de ArcMap, que generaron mapas de usos

ABSTRACT

Livestock farming represents one of the main economic activities in the state of Veracruz, as well as in the municipality of Actopan. However, extensive livestock practices result in deforestation. This study evaluated the impact on tree cover caused by the expansion of livestock areas in the municipality of Actopan from 2000 to 2022. Supervised classifications of satellite images were performed using the ArcMap software, generating land use and land cover maps, as well as maps

1: Licenciada en Geografía por la Universidad Veracruzana, estudiante de la maestría en Ecología Tropical en el Centro de Investigaciones Tropicales. Se especializa en los sistemas de información geográfica y en las dinámicas del paisaje por las actividades humanas.

2 Licenciado en Geografía, maestro en Ecología Tropical y doctor en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Veracruzana. Pertenece al SNII-I; en 2024 se incorporó como profesor de tiempo completo a la Facultad de Economía- UV. Se especializa en sistemas de información geográfica y cambios de uso de suelo.

3 Licenciada en Ciencias y Técnicas Estadísticas y especialista en Métodos Estadísticos (EME). Estudiante de la Maestría en Economía Ambiental y Ecológica. Actualmente trabaja en funciones administrativas y como docente por horas en la EME de Universidad Veracruzana.

4 Doctor en manejo de recursos forestales y agroforestales por la Universidad de Florida. Pertenece al SNII-2, investigador de tiempo completo del Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana. Se especializa geomática para el manejo y conservación de recursos naturales.

y coberturas del suelo; así como también del cambio de uso del suelo. Posteriormente se calcularon las superficies de las áreas deforestadas y se compararon con la categoría de uso de suelo ganadero. Los resultados mostraron que la cobertura arbórea tuvo una disminución del 13 %, mientras que la superficie ganadera incrementó en un 10% durante el periodo 2000-2022, estos resultados demuestran el impacto directo de las actividades ganaderas sobre la cobertura arbórea en el municipio de Actopan.

PALABRAS CLAVE: Geografía ambiental, actividades humanas, deforestación, percepción remota.

of land use change. Subsequently, the areas of deforestation were calculated and compared with the livestock land use category. The results showed that tree cover decreased by 13%, while the livestock surface area increased by 10% during the 2000-2022 period, these findings demonstrate the direct impact of livestock activities on tree cover in the municipality of Actopan.

KEYWORDS: Environmental geography, human activities, deforestation, remote sensing.

1. Introducción

El sector primario es fundamental para la economía y para la seguridad alimentaria; este sector comprende actividades como la pesca, la ganadería y la agricultura (Campos-Hernández, 2024). Particularmente la ganadería en México se destaca como una de las actividades económicas con mayor producción a nivel mundial, sobre todo porque para el periodo 2020-2021 los recursos de financiamiento de programas federales del ramo 08 que comprende agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación aumentaron un 3.6% (Reyes y Gómez, 2023).

A escala global, las actividades ganaderas han generado diversos impactos negativos, principalmente a los ecosistemas forestales

(FAO, 2020). La FAO (2020) estimó que la ganadería es responsable del 14.5% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales están estrechamente relacionados con el cambio climático; es decir, que las actividades ganaderas como la del ganado bovino han contribuido a la deforestación y la pérdida de biodiversidad, debido al desmonte de bosques y selvas tropicales para la introducción de pastizales, con lo que se generan serios problemas en los ecosistemas forestales (Steinfeld et al., 2006).

A una escala nacional, en países como México y Brasil, la ganadería también representa una actividad económica fundamental; por lo que sus ecosistemas de bosques y selvas se ven ampliamente amenazados, lo que provoca deforestación,

contribuye a la erosión de los suelos y modifica el ciclo hidrológico (Sampaio & Harfuch, 2024). Por lo que esta actividad económica representa una presión sobre el medio ambiente, generando conflictos entre la producción pecuaria y la conservación de los recursos naturales (Fearnside, 2017).

A nivel estatal, en algunas regiones del estado de Veracruz, la actividad ganadera ha aumentado un 12 % en los últimos 10 años (SADER, 2023; Huerta-Toral, 2024), mientras que en regiones como Jalisco la población ganadera ha incrementado en un 10 % en últimos 5 años (INEGI, 2023). Teniendo como consecuencia la modificación de la vegetación de los bosques tropicales y subtropicales, propiciando a la vez la fragmentación de ecosistemas y hábitats, tanto para especies endémicas como para las migratorias (Miranda et al., 2020).

En la investigación de Mata-Páez (2019) se describen estas problemáticas a escala local, analizando afectaciones a través del método gradsects, con lo que se concluyó que el pastoreo prolongado afecta negativamente la estructura y composición de vegetación en dunas, llanos y mogotes en los agostaderos del ejido La Soledad, en la reserva de la biosfera de Mapimí en el estado de Chihuahua, similar a lo que sucede en establecimiento de áreas ganaderas en la costa del municipio de Actopan.

Es importante mencionar que el monitoreo de las regiones ganaderas puede ayudar en una mejor planeación del uso de suelo y en la sostenibilidad de estas superficies. En la actualidad existen técnicas de

percepción remota (PR) que, mediante herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), resultan altamente útiles para el monitoreo de los cambios en el paisaje en el espacio geográfico, debido a que permite la obtención de información precisa sobre la cubierta vegetal y usos de suelo con menor costo y esfuerzo humano comparado a un análisis *in situ* (Lambin et al. 2003), este proceso se basa en el análisis de imágenes satelitales que permiten identificar cambios en la superficie terrestre y, a su vez, la cuantificación de la pérdida de cobertura arbórea o los cambios de uso del suelo, que son indispensables para lograr implementar estrategias de manejo sostenible con la finalidad de preservar el medio natural (Hansen et al., 2013; Hernández-Gómez et al., 2013).

La presente investigación se basó en evaluar la disminución de la cobertura arbórea por el incremento de la superficie ganadera en el municipio de Actopan, Veracruz, durante el periodo comprendido entre los años 2000 y 2022, utilizando técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica, y estimando, a su vez, la tasa de deforestación de los periodos 2000-2010, 2010-2022 y 2000-2022.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en el municipio de Actopan, perteneciente al estado de Veracruz; las coordenadas geográficas centrales del municipio son 19°31'55"N y 96°30'52"O; limita al norte con el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, al este con el Golfo de México y el municipio de

Úrsulo Galván; al sur con los municipios de Emiliano Zapata y Puente Nacional y al oeste con Naolinco de Victoria (mapa 1) tiene un rango de elevación que va desde 0 a 1000 msnm, con una altitud promedio de 253 msnm; su terreno accidentado se asocia al eje neovolcánico transversal, donde de la costa a la montaña se localizan serranías que alcanzan los 300 msnm así como valles de gran longitud con escasa anchura y paredes escarpadas (INEGI, 2010).

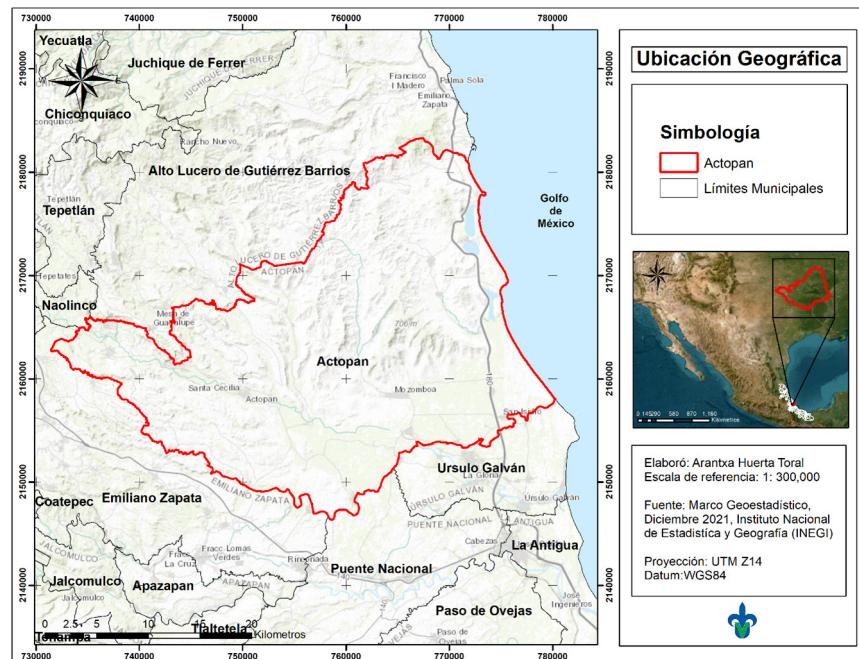
Actopan tiene un clima cálido subhúmedo que abarca en su totalidad el municipio, con lluvias en verano, de humedad media (93.21 %), y cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (6.79 %) con un rango de precipitaciones de 1,100-1,300 mm anuales y con una temperatura promedio que oscila entre los 20 a 26°C, los suelos de la zona de estudio están relacionados con su vegetación y su topografía, por lo tanto, los

predominantes se tienen el Feozem háplico y el Vertisol pélico (CONABIO, 2014).

El municipio es parte de la región hidrológica del Papaloapan, perteneciente a la cuenca del río Jamapa, con subcuenca en río Pajaritos, río Actopan-Barra Chachalacas, ídolos y río Cedeño, las corrientes de agua perennes son: El Limón, Topiltepec, Naolinco, Actopan, San Vicente, Paso de Cedro y La Bandera, mientras que las intermitentes son: El Sedeño, El Marín, Capitán, Chapopote y Otates, finalmente los cuerpos de agua encontrados en el municipio de Actopan son: El Llano, Forallín y La Mancha, todos perennes (INEGI, 2010).

La vegetación predominante es de selva baja caducifolia, bosque encino y manglar, así como también vegetación de dunas costeras. En el municipio se encuentran diversos usos del suelo en donde predomina

Mapa 1. Ubicación del municipio de Actopan. Referencia: Elaboración propia, con datos vectoriales de INEGI 2021.



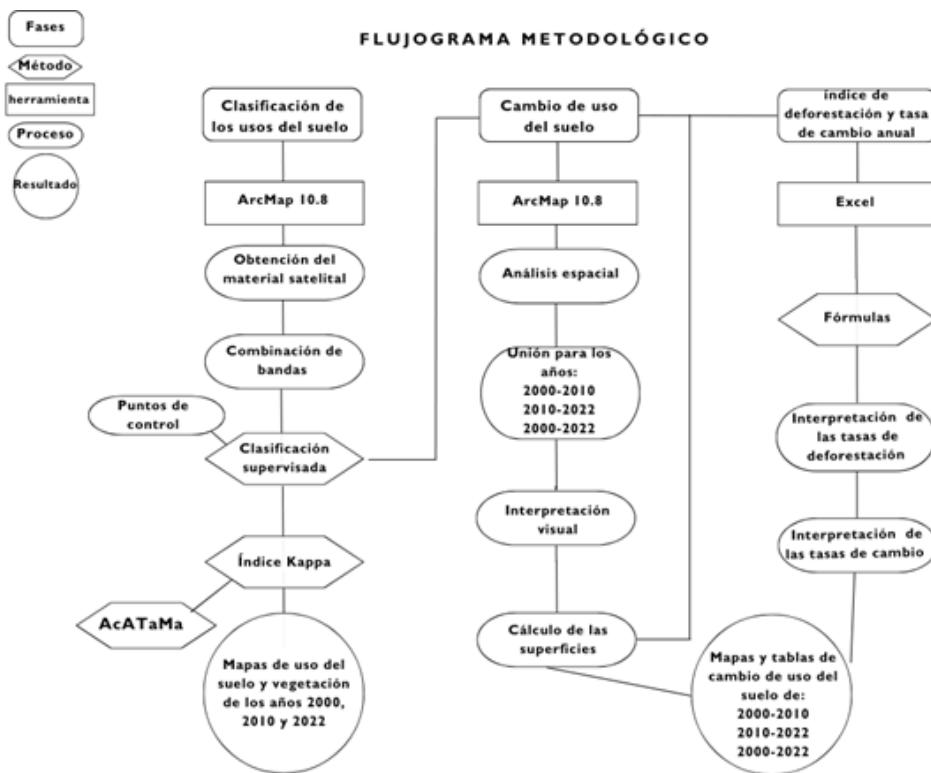
el pastizal cultivado, suelos agrícolas divididos en cultivos anuales como la calabaza, calabacita, chile, frijol, jitomate (tomate rojo), maíz forrajero/grano amarillo/grano blanco, sandía y tomate de cáscara (tomatillo) y en cultivos perennes como el agave, aguacate, café, caña de azúcar, coco, limón, mango, naranja, nopal, papaya, piña, plátano y malanga; así como también predominan asentamientos urbanos y algunos cuerpos de agua (INEGI, 2021; 2022).

2.2 Diseño metodológico

El proceso metodológico utilizó un enfoque cuantitativo y exploratorio, centrado en la recolección y el análisis de datos. Constó de cuatro fases principales: en la primera, se utilizaron imágenes de satélite (Landsat

5-7 y Planet) para realizar una clasificación a través del programa ArcMap 10.8 y crear mapas de los usos y coberturas del suelo para los años 2000, 2010 y 2022; además se comprobaron las clasificaciones mediante la herramienta AcATAmade Qgis, la segunda fase se basó en la identificación de los cambios de uso del suelo, así como también en el cálculo de las superficies para determinar cuantitativamente las transformaciones y de esta manera presentar los cambios de usos de suelo en gráficas, tablas y mapas; en la última fase se calculó la tasa de deforestación y la tasa de cambio anual de la cobertura vegetal del municipio para poder determinar el impacto causado (figura 1).

Figura 1. SEQ Figura * ARABIC 1. Flujograma metodológico



2.2.1 Obtención y procesamiento del material satelital

Para analizar los cambios de uso de suelo se utilizaron imágenes multiespectrales generadas por tres diferentes satélites, el primero de ellos corresponde a “Landsat 5” que utiliza un sensor Thematic Mapper (TM), lanzado en 1984, y contiene 7 bandas espectrales con una resolución de 30 metros por píxel. El siguiente satélite corresponde a “Landsat 7” que utiliza el sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), lanzado en 1999, y contiene 8 bandas espectrales con una resolución de 30 metros por píxel (Gisanalyst, 2014). Por último, se utilizó el satélite Doves perteneciente a Planet Labs de 4 bandas, que proporcionan imágenes de muy alta resolución con 4.7 metros por píxel, lo que permite crear un análisis muy

detalgado de la superficie (Minsu-Kim et al., 2021).

Se utilizaron tres imágenes de Landsat 7, cuatro imágenes de Landsat 5 y cinco imágenes de Planet, lo que hizo un total de 12 imágenes satelitales correspondientes a la superficie total del municipio de estudio; la cantidad de imágenes utilizadas en este estudio varió para cada año de análisis, ya que se procuró seleccionar aquellas con 0 % de nubosidad, con el fin de obtener una clasificación más precisa y confiable, y se utilizó el programa QGIS 3.34.1 para armar los mosaicos por cada año y crear imágenes compuestas con la combinación de las bandas espectrales infrarrojo cercano, rojo y verde (tabla 1).

Tabla 1. Material satelital

Fecha	Satélite	Resolución espectral	Bandas espectrales utilizadas
30/ 03/ 2000	Landsat 7	30 metros	4,3,2
26/ 05/ 2000			
13/ 06/ 2000			
22/ 01/ 2010	Landsat 5	30 metros	3,2,1
22/ 01/ 2010			
22/ 01/ 2010			
15/ 12/ 2010			
06/ 03/ 2022	PlanetScope	4.7 metros	2,3,4
06/ 03/ 2022			
06/ 03/ 2022			
06/ 03/ 2022			
06/ 03/ 2022			

2.2.2 Clasificación supervisada

Para determinar los usos del suelo del municipio de Actopan se aplicó el método de clasificación supervisada (Camacho-López et al., 2022) mediante el programa de ArcMap 10.8. Se aplicó la herramienta “sampling” para generar 200 puntos al azar dentro de todo el municipio, asignándoles mediante percepción remota una clase de uso de suelo. Del total de puntos de muestreo, se seleccionaron 160 para elaborar la clasificación supervisada utilizando las imágenes satelitales y los 40 restantes para validarla. Para el proceso de clasificación se utilizó la herramienta “Maximun likelihood clasification” que con los 160 puntos de muestreo se creó igual número de firmas espectrales de los diferentes tipos de usos de suelo. Las firmas espectrales se clasificaron con las siguientes categorías: 1) cobertura arbórea, 2) ganadería, 3) agricultura, 4) dunas costeras y 5) cuerpos de agua.

2.2.3 Análisis de certeza: índice kappa

Para evaluar la confiabilidad y precisión de las imágenes clasificadas, se utilizó el método *kappa* que midió la concordancia entre los 40 puntos de validación categorizados y las coberturas clasificadas de la imagen. El índice de *kappa* determina el grado de concordancia entre la clasificación y la realidad, basados en los puntos de validación (Torres-Gordillo y Perera-Rodríguez, 2009) y responde a la siguiente fórmula:

P_o : se define como la proporción de concordancia observada realmente y se calcula sumando las marcas que representan la concordancia y dividiendo por el número total de ellas.

P_c : es la proporción esperada por azar y se calcula sumando las probabilidades de acuerdo por azar para cada categoría.

En la tabla 2 se muestra cómo se interpretan los valores obtenidos mediante el cálculo del índice *kappa*.

Tabla 2. Valoración del índice Kappa

Valor de K	Fuerza de la concordancia
< 0.20	Pobre
0.21 - 0.40	Débil
0.41 - 0.60	Moderada
0.61- 0.80	Buena
0.81 - 1.00	Muy buena

Fuente: (Altman, 1991), Tomada de Torres-Gordillo, J.J. y Perera-Rodríguez, VH (2009)

Se utilizó el programa QGIS 3.34.1 para realizar el índice kappa a través del complemento “AcATAMa”, como primer paso se agregó la imagen del municipio de Actopan en formato ráster y la imagen clasificada, y con la herramienta “sampling” se agregaron los 40 puntos de validación de las diferentes clases, que fueron las cinco categorías del uso del suelo asignadas con anterioridad, posteriormente se calcularon las certezas y errores que produce la metodología incluyendo la certeza en general, certeza del productor y certeza del usuario.

2.2.4 Cambio de uso del suelo

La clasificación supervisada realizada previamente se usó como base para determinar los cambios en la cobertura terrestre del municipio de Actopan, enfocado principalmente en los cambios de la cobertura arbórea, clasificando áreas forestadas que incluían la vegetación que

no sufrió cambios y las áreas donde se recuperó la vegetación; asimismo las áreas no forestadas representaban los espacios ocupados por actividades antrópicas y cuerpos de agua, posteriormente se realizó una interpretación visual de las clasificaciones con la finalidad de visualizar y comprender patrones de cambio en las imágenes, sin embargo, el paso más importante se hizo con la herramienta “Unión” del programa ArcMap, la cual creó un cruce de información para cada uno de los períodos: 2000-2010, 2010-2022 y 2000-2022 (tabla 3). En este proceso se reclasificó a vegetación “0”, ganadería “1”, por ser la categoría de interés y “2”, todas las demás categorías de usos.

Este proceso se realizó para cada uno de los períodos clasificados y, posterior a esto, se obtuvo la superposición de las capas para determinar los cambios en el uso y coberturas del suelo. En la siguiente

Tabla 3. Categorías

Categoría	2022		2000
Vegetación	0	Unión	0
Ganadería	1		1
Agricultura	2		2
Dunas	2		2
Zona urbana	2		2
Agua	2		2

tabla se muestran las combinaciones de las Puyravaud J.P (2003) se calculó la tasa de reclasificaciones (de 5 a 3 categorías); así como las clasificaciones resultantes (tabla 4).

Tabla 4. Categorías resultantes

Resultado de unión	Categoría
0-0	Vegetación sin cambio
1-0	Recuperado
0-1	Deforestado por ganadería
1-1	Ganadería sin cambio
2-0	Recuperado
2-1	Cambio de uso a ganadero
0-2	Deforestado por otros usos
1-2	Cambio de uso a agrícola
2-2	Otras actividades sin cambio

Para este proceso, se calculó la superficie en hectáreas (ha) para cada una de las categorías (5) con la finalidad de representar los resultados en tablas y gráficos comparativos; dichos cálculos se hicieron mediante el programa ArcMap 10.8 con la herramienta “calcular geometría”.

2.2.5 Tasa de cambio anual

Posteriormente, mediante la ecuación de

$$R = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{A_2}{A_1} * 100$$

Siendo:

A1: Cobertura vegetal o uso de suelo en el tiempo inicial

A2: Cobertura vegetal o uso de suelo en el tiempo final

t1: Periodo inicial

t2: Periodo final

De acuerdo con SEMARNAT (2015), la tasa de cambio anual permite conocer la cantidad de cobertura forestal que se pierde o que aumenta cada año, generalmente se puede expresar en hectáreas o como porcentaje. Es fundamental conocer la tasa de cambio para poder determinar el impacto que causa en la cobertura arbórea del municipio de Actopan.

2.2.6 Deforestación anual promedio

Por otra parte, para estimar la tasa de deforestación anual se utilizó la ecuación de Puyravaud J.P (2003):

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1}$$

Siendo:

A1: áreas de bosque en el periodo inicial

A2: áreas de bosque en el periodo final

t1: Periodo inicial

t2: Periodo final

A diferencia de la tasa de cambio, la tasa de deforestación anual promedio es un valor absoluto que permite conocer la cantidad de cobertura forestal que se pierde en promedio cada año en un periodo determinado. Para este análisis se tomaron los periodos: 2000-2010, 2010-2022 y 2000-2022 (FAO, 2020).

3. Resultados

3.1 Usos y coberturas del suelo de los años 2000, 2010 y 2022

En el año 2000, la estimación de la cobertura arbórea ocupaba un total de 32,747 ha; aproximadamente el 38% del territorio, mientras que la ganadería ocupaba un

total de 37,788 ha, equivalente al 44% del municipio; con estos porcentajes se puede inferir que la ganadería en Actopan para ese año ya representaba una de las principales actividades económicas y la que más se desarrollaba en el territorio, dejando a la agricultura con 12,185 ha; es decir, el 14%.

Posteriormente, en el año 2010, hubo un incremento de la cobertura arbórea principalmente al suroeste del municipio, ocupando un total de 34,951 ha: el equivalente al 41% del territorio; es decir, que hubo un incremento del 3% el cual es equivalente a 2,204 ha más de vegetación en comparación con el año 2000; se observa también que la agricultura incrementó a 12,317 ha, esto es, 32 ha más. Al mismo tiempo que las zonas urbanas del municipio aumentaron 300 ha en los últimos diez años, finalmente en el año 2022 la cobertura arbórea mostró una disminución de 9,000 ha; aproximadamente el 10% respecto de los años anteriores, mientras que la ganadería tuvo un incremento del 54%, abarcando 46,578 ha (mapa 2).

La tabla 5 permite comparar los cambios en los usos y coberturas del suelo durante los 22 años analizados, destacando el incremento de la actividad ganadera y la disminución en la vegetación, teniendo una mayor influencia en el periodo del 2010-2022.

Mapa 2. Usos y coberturas del suelo en Actopan, Veracruz

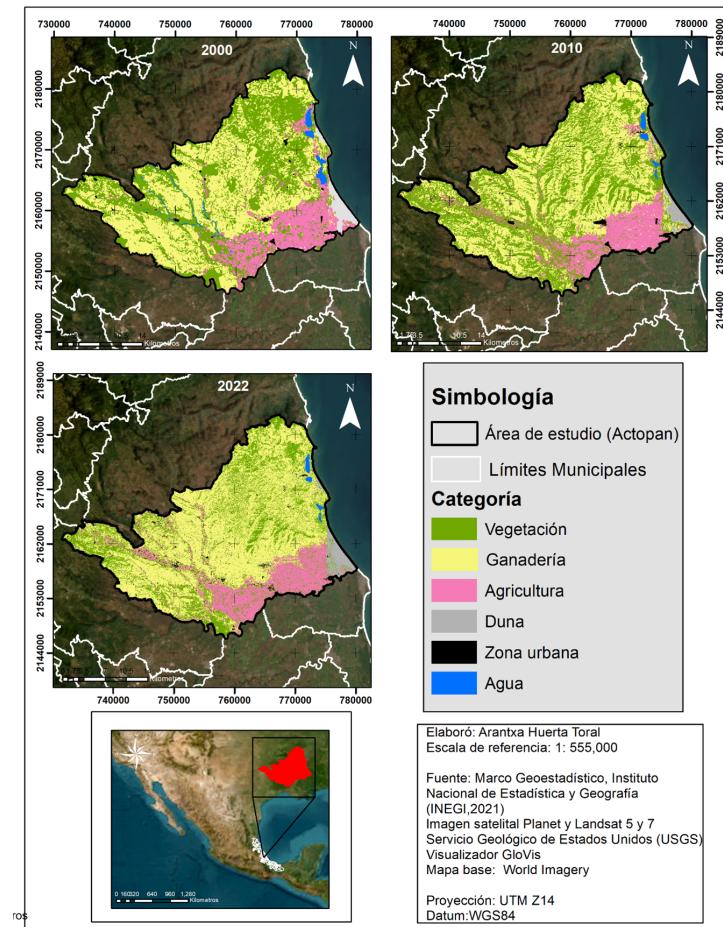


Tabla 5. Usos y coberturas del suelo

Categoría	2000		2010		2022	
	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje
Vegetación	32747.05	38	34951.87	41	23741.96	28
Ganadería	37788.06	44	36128.18	42	46578.89	54
Agricultura	12185.11	14	12317.86	14	11951.08	14
Dunas	1617.83	2	1398.45	2	2221.89	3
Zona urbana	441.19	1	738.74	1	1139.76	1
Agua	1273.46	1	446.44	1	404.67	0

3.2 Cambio de uso del suelo en los periodos 2000-2010, 2010-2022 y 2000-2022

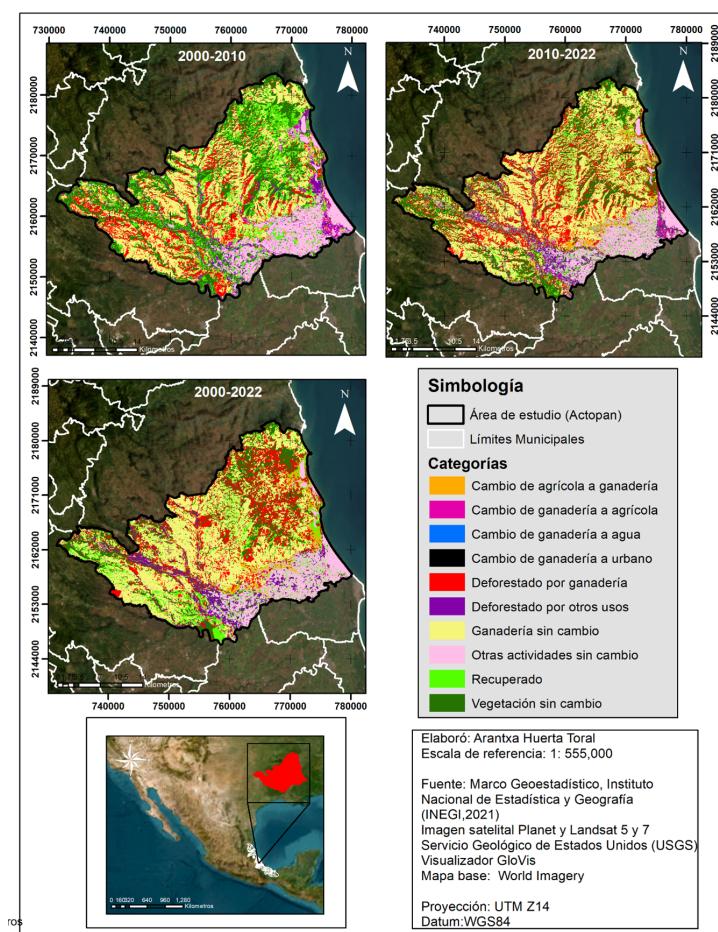
En el municipio de Actopan se presentaron diversos cambios en los usos del suelo a lo largo de los años (mapa 3); en el periodo 2000-2010 la deforestación está ligada exclusivamente a la ganadería y esta se concentró en la zona centro del municipio de Actopan, con un total de 12,482 ha, extendiéndose por el suroeste y noroeste, mientras que la superficie ganadera ocupaba un total de 24,476 ha. En contraste, las áreas deforestadas por otros usos (agrícolas, urbanos) se estimaron con un total de 3,297 ha.

Para el periodo 2010-2022 se registró un total de 15,692 ha deforestadas; es decir, hubo un incremento de 3.7% en las áreas deforestadas, el equivalente a 3,210 ha; asimismo, la superficie ganadera aumentó 5%, es decir, 4,293 ha más que el periodo anterior. Por otra parte, las áreas deforestadas por otros usos presentaron un total de 3,996 ha. Al contrario, las áreas recuperadas se encuentran en menor cantidad, ocupando 8,422 ha; esto es, se encontraron 5,081 ha de vegetación menos que en el primer periodo (2000-2010).

Finalmente, para el periodo 2000-2022, las áreas deforestadas por las actividades ganaderas se extendieron en el noreste del municipio, mientras

que para el resto de la zona se observaban de manera más dispersa, ocupando un total de 15,277 ha. Cabe destacar que las áreas recuperadas de vegetación arbórea se encontraron en mayor superficie en este periodo en comparación con el periodo 2010-2022, teniendo una superficie de 10,944 ha; esto indica, a su vez, que en este periodo se registró una menor tasa de deforestación, en contraste con el periodo comprendido entre 2010-2022 que concentró el mayor porcentaje de deforestación vinculada exclusivamente con la actividad ganadera.

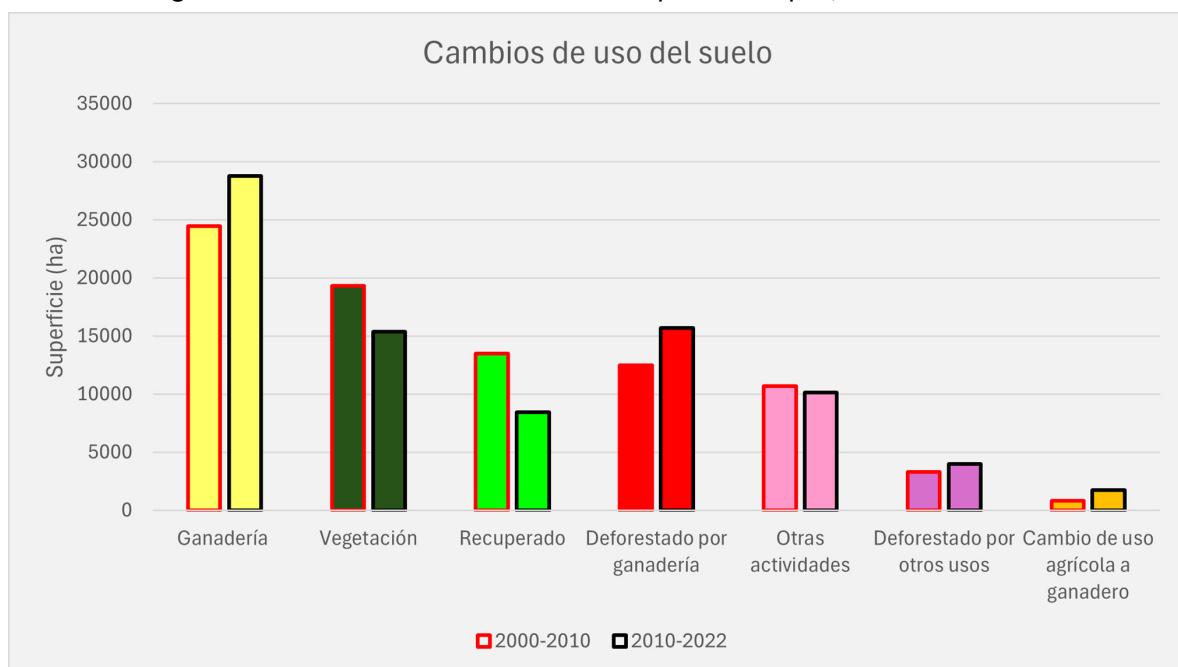
Mapa 3. Cambio de uso del suelo en Actopan, Veracruz



Es importante destacar que, de acuerdo con los resultados obtenidos, se tiene una estrecha relación entre las categorías resultantes de los cambios de uso del suelo, como se muestra en la figura 2 donde, a mayor incremento de la superficie ganadera, menores es la cobertura arbórea encontrada y, por ende, existe un incremento en las áreas deforestadas.

cambio de -1.39, es decir, que anualmente se deforestaban 485 ha, siendo este el periodo que presentó mayor deforestación en el municipio. Finalmente en 2000-2022 se tuvo un índice de 2.3% y una tasa de cambio de -0.63, que quiere decir que se deforestaban 206 ha al año. Aunque la deforestación fue menor que el periodo anterior, se mantiene un comportamiento

Figura 2. Cambio de uso del suelo del municipio de Actopan, 2000-2010-2022



3.3 Deforestación anual promedio y tasa de cambio anual

En el periodo 2000-2010 se presentó un índice de deforestación negativo (-0.67%) lo que indica que se tenía poco impacto sobre la vegetación arbórea, mientras que la tasa de cambio presentó una tasa de 0.28; lo que significa que anualmente se deforestaban 91.6 ha. En el periodo 2010-2022 se presentó un índice de 2.67% y una tasa de

de aumento de ganadería y disminución de la vegetación (tabla 6).

4. Discusión

El incremento de la superficie ganadera tiene afectaciones directas en la vegetación, debido a la conversión de tierras forestales a pastizales; de acuerdo con los datos obtenidos en esta investigación se determinó que la disminución de la cobertura arbórea es ocasionada por el

Tabla 6. Deforestación en Actopan, Veracruz

Periodo	Deforestación anual promedio	Tasa de cambio anual
2000-2010	-67%	0.28
2010-2022	2.67 %	-1.39
2000-2022	2.3%	-0.63

incremento de la superficie ganadera, mayormente en el periodo 2010-2022 presentando la mayor tasa de cambio anual (-1.39) el equivalente a 485 ha/año. Aunque este estudio solo se enfocó en la actividad ganadera bovina, los resultados mostraron que las actividades agrícolas también están influyendo en la pérdida de vegetación, aunque sus superficies se mantienen estables (14% de la superficie del municipio para todos los períodos).

De acuerdo con los datos del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) para el estado de Veracruz, durante el periodo 2001-2018, el 80.18% de las zonas deforestadas se debió a la conversión de tierras forestales a pastizales; es decir, zonas destinadas para la ganadería, con un promedio de 10,680 ha/año. Por otra parte, en el estado de Guanajuato, durante el periodo 2011-2014, el uso del suelo destinado a las actividades agropecuarias presentó la tasa de cambio anual más alta (-0.4) equivalente a 3,125 ha convertidas en pastizales. Situaciones de cambios de uso de suelo similares a las que han sucedido en el municipio de Actopan, específicamente para el periodo 2010-2022.

Resultados similares son mostrados por Fuentes-Hernández *et al.* (2019) para

Guerrero, donde su investigación concluye que las actividades ganaderas y agrícolas modifican la estructura y funcionamiento de los bosques, disminuyendo su bosque primario con un total de 41,184 ha y presentando un incremento de 27,691 ha en pastizales. Así también, Bedoya, Gómez y Anda (2023) mencionan en sus resultados que la ganadería extensiva es un factor que impulsa y acelera la deforestación.

En este análisis se obtuvo, para el periodo 2000-2022, una tasa de deforestación 2.3 %, lo cual indica una pérdida sostenida de cobertura arbórea atribuible a la expansión ganadera. Contrastando este resultado con las cifras nacionales de México, se evidencia que la tasa del municipio de Actopan es superior al promedio nacional reportado. Por ejemplo, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) registró para México una tasa anual de deforestación de 0.31% sobre la superficie forestal nacional entre 2001-2021 (2022). Por su parte, el Inventario Nacional Forestal y de Suelos indica que para todos los ecosistemas forestales de México la tasa histórica entre 1976-2000 fue de alrededor de 0.43% anual, con algunas variaciones marcadas entre bosques tropicales y templados (Mas *et al.*, 2009). Esta comparación sugiere que Actopan presenta una dinámica de

deforestación más intensa; lo que podría reflejar presiones locales elevadas sobre los ecosistemas forestales por la expansión agrícola.

En este sentido y con lo mencionado anteriormente, se confirma que las prácticas ganaderas sí tienen una influencia directa con la cobertura arbórea; sobre todo las que se manejan con un sistema de producción de tipo extensivo, ocasionando una disminución en su densidad y cobertura, esto supone que dichas prácticas no son empáticas con el medio ambiente ni con los ecosistemas locales, generando diversas dinámicas en el uso del suelo y, por consecuencia, transformaciones en la cobertura vegetativa, debido a que las actividades ganaderas son consideradas de bajo costo y alta rentabilidad a corto plazo.

5. Conclusiones

En el municipio de Actopan se logró evidenciar las afectaciones negativas hacia la vegetación arbórea a través del análisis multitemporal de los usos y coberturas del suelo, demostrando una disminución del 10 % en su vegetación de 2000 al 2022; estas afectaciones se encontraron estrechamente relacionadas con el crecimiento de la ganadería extensiva y la expansión de pastizales (10%). En contraste, se encontró que las actividades agrícolas también influyeron en esta problemática, pero en menor proporción.

Esta investigación demuestra, a su vez, cómo la falta de un ordenamiento ecológico territorial, planificación del territorio y regulación en los sistemas ganaderos fomentan la degradación de los ecosistemas

forestales. Es por ello que se deben implementar políticas de conservación orientadas a intensificar el uso de suelo, como clave para revertir la tendencia a la pérdida de cobertura arbórea.

A través de técnicas de percepción remota se logró cuantificar la superficie perturbada y los resultados derivados de la clasificación y la validación brindaron la fiabilidad del procesamiento satelital, logrando identificar zonas y períodos críticos de deforestación; por ejemplo, para el periodo 2010-2022 donde se presentó la mayor tasa de cambio y de índice de deforestación, intensificando la presión sobre el capital natural.

En este contexto, la integración de herramientas cartográficas ofrece una metodología eficaz para visibilizar y evaluar áreas críticas que estén sujetas a estas problemáticas de transformación ambiental. Con los resultados obtenidos se aporta evidencia científica que puede orientar las decisiones futuras hacia un mejor equilibrio, reconociendo las afectaciones negativas que genera la ganadería para proporcionar nuevas oportunidades con prácticas más sostenibles y fortalecer políticas públicas encaminadas a la conservación y restauración ecológica en el municipio.

Fuentes de información

- Bedoya Garland, E., Gómez de la Torre, S., y Anda Basabe, S. (2023). Ganaderos, colonos y la deforestación de bosques primarios en Morona, Ecuador. *Anthropologica*, 41(51), 175–212.
- Camacho-López, C. O., Jara-Franco, N. E., y González-Rivadeneira, J. L. (2022). Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, 7(1), 797–807.
- Campos-Hernández, O. (2024). *El sector primario en el fortalecimiento de la economía mexicana* [Conferencia]. COMECOSO. <https://www.comecso.com/7asemana/el-sector-primario-en-el-fortalecimiento-de-la-economia-mexicana>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2014). *Datos vectoriales edafológicos*. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mgw
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2022). *Se reduce en 26% la tasa anual de deforestación*. <https://www.gob.mx/conafor/prensa/se-reduce-en-26-la-tasa-anual-de-deforestacion>
- Fearnside, P. M. (2017). Deforestation of the Brazilian Amazon. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.102>
- Fuentes-Hernández, A., Mendoza-Orozco, M., Ríos-Casanova, L., Soler-Aburto, A., Muñoz-Iniestra, D., y Godínez-Álvarez, H. (2019). Impacto de la agricultura y ganadería sobre el bosque tropical seco de Zirándaro, Guerrero: una evaluación con indicadores ecológicos. *Botanical Sciences*, 97(2), 148–154. <https://doi.org/10.17129/botsci.2043>
- Gisanalyst. (2014, noviembre). Acerca de las imágenes Landsat 5 y 7ETM+ [Blog]. <https://geomaticaysig.blogspot.com/2014/11/acerca-de-las-imagenes-landsat-5-y-7etm.html>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., y Townshend, J. R. G. (2013). Mapas globales de alta resolución del cambio de la cubierta forestal en el siglo XXI. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hernández, I. U., Ellis, E. A., y Gallo, C. A. (2013). Aplicación de teledetección y sistemas de información geográfica para el análisis de deforestación y deterioro de selvas tropicales en la región Uxpanapa, Veracruz. *GeoFocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (13), 1–24.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1993). *Aspectos técnicos de las imágenes Landsat*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010: Actopan* [Informe]. <https://www.inegi.org.mx/>

- contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30004.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación serie VII (Continuo Nacional)*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30004.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Censo agropecuario 2022*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ca/2022/doc/ca2022_rdVER.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). *Estadísticas de producción ganadera en México*. <https://www.inegi.org.mx/temas/ganaderia/>
- Lambin, E. F., Geist, H. J., y Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Leija, E. G., Pavón, N. P., Sánchez-González, A., y Ángeles-Pérez, G. (2021). Dinámica espacio-temporal de uso, cambio de uso y cobertura de suelo en la región centro de la Sierra Madre Oriental: implicaciones para una estrategia REDD+ (Reducción de Emisiones por la Deforestación y Degradación). *Revista Cartográfica*, (102), 43–68.
- López, G. G. E., Villegas, L. M. S., González, J. M. S., Ávila, J. A., y Perales, O. T. B. (2022). Ganadería colectiva e individual en el sistema vaca-becerro en agostaderos de uso común en el Altiplano de México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 19. <https://doi.org/10.11144/javeriana.cdr19.gcis>
- Mas, J. F., Velázquez, A., y Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental*, 1(1), 23–39.
- Minsu-Kim, Seonkyung P., Cody A. & Gregory L.S (2021). System characterization report on Planet's SuperDove. U.S. Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/of/2021/1030/f/ofr20211030f.pdf>
- Miranda, M., Sánchez-Colón, S., Rivera, M., & García, O. (2020). Impacto de la ganadería en la biodiversidad y los ecosistemas forestales de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(3), e912892. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2892>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. FAO. <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020: Informe principal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Puyravaud, J. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1–3), 593–596. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)

- Quezada, A. S., & Tapia, J. D. S. (2021). *Estimación de la tasa de deforestación en Pastaza y Orellana-Ecuador mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales durante el período 2000-2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21455/1/UPS-CT009437.pdf>
- Reyes, X. Y., & Gómez, L. E. (2023). El fomento al desarrollo del sector primario en México. *Ciencia Administrativa*, 1, 1870-9427. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2023/08/04CA-2023-1.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023). *Informe sobre la ganadería en Veracruz*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura>
- Sampaio, F., & Harfuch, L. (2024). *Cómo puede Brasil trazar el camino hacia una producción ganadera sostenible*. Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/stories/2024/08/como-puede-brasil-trazar-el-camino-hacia-una-produccion-ganadera-sostenible-d5e1b8f987/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2015). *Informe de la situación del medio ambiente en México 2015: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde*. Semarnat. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). *La larga sombra del ganado: cuestiones ambientales y opciones*. FAO.
- Torres-Gordillo, J. J., & Perera-Rodríguez, V. H. (2009). Cálculo de la fiabilidad y concordancia entre codificadores de un sistema de categorías para el estudio del foro online en e-learning. *Revista de Investigación Educativa*, 27(1), 89-103.