



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**INSTITUTO DE CIENCIAS**

**POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



*“La Tierra no es de nosotros, nosotros somos de la Tierra”*

**DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE USOS DE SUELO Y DEFORESTACIÓN DE LOS  
MANGLARES DE CHIAPAS, MÉXICO**

TESIS

Para obtener el título de:

**DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presenta

**KARLA MILDRED CIGARROA ALONSO**

Directora de tesis:  
Dra. Gladys Linares Fleites



Enero 2024



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**INSTITUTO DE CIENCIAS**

**POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

*“La Tierra no es de nosotros, nosotros somos de la Tierra”*



**DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE USOS DE SUELO Y DEFORESTACIÓN DE LOS  
MANGLARES DE CHIAPAS, MÉXICO**

**TESIS**

Para obtener el título de:

**DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presenta

**KARLA MILDRED CIGARROA ALONSO**

Comité Tutoral:

Directora	Dra. Gladys Linares Fleites
Tutor	Dr. Miguel Ángel Valera Pérez
Integrante Comité Tutoral	Dra. Edith Chávez Bravo
Integrante Comité Tutoral	Dra. Rossana Schiaffini Aponte
Integrante Comité Tutoral	Dr. Eduardo Torres Ramírez

Enero 2024

A mi hijo, José Emilio

Aún eres muy pequeño para comprender todo lo que significa culminar esta tesis. Pero ten por seguro que mamá no se rindió y seguirá cumpliendo sus sueños. Eres la prueba viva de que el amor es tan profundo como el mar, tan infinito como la arena y tan intenso como el sol. Toma siempre mi mano que te protegeré contra viento y marea, que lo que se quiere se cuida.

Mamá

A mí esposo, José David

Mi vida, eres mi fortaleza en la tempestad, mi refugio y aliento en todo momento.

Gracias por darme todo tu amor y mostrarme que soy capaz.

¡Te amo inmensamente!

A la memoria de mi madre, Miriam

A ti que siempre me amaste y me diste las herramientas para ser lo que soy hoy.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por otorgarme la vida y la oportunidad de realizar uno de mis sueños.

A mi compañero de vida, José David. Mi amor gracias por permitirme desarrollar mi sueño académico, por brindarme todo tu apoyo siempre, por compartir tu vida conmigo siempre de la mano y firmes hacia nuestros sueños, ¡Te amo!

A mi Padre Carlos Alberto, su esposa Mayra y mis hermanas Angélica y Miriam por brindarme su amor incondicional, por creer en mí, por ser mi red de apoyo en todo momento y juntos ser un ejemplo de tenacidad. Son mi mayor motivación para seguir avanzando cada día.

A mi directora de tesis la Dra. Gladys Linares Fleites, por todo su invaluable apoyo, sus aportaciones y orientación metodológica, por sus atinados consejos, y brindarme las oportunidades para continuar con mi formación académica.

A todos los integrantes del comité tutorial por su labor orientativa, sus aportes y enseñanzas durante el desarrollo de esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, CONACyT, por brindarme una beca de doctorado con folio 715195.

*Mildred*

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>V</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>11</b>
2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	12
2.2 HIPÓTESIS GENERAL .....	12
2.3 OBJETIVOS .....	12
2.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	12
2.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	12
2.4 JUSTIFICACIÓN .....	13
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>14</b>
3.1 MARCO CONCEPTUAL .....	14
3.1.1 <i>Uso del suelo</i> .....	14
3.1.2 <i>Cambio de uso de suelo</i> .....	14
3.1.3 <i>Manglar</i> .....	14
3.1.4 <i>Deforestación</i> .....	14
3.2 MARCO TEÓRICO .....	15
3.2.1 <i>Antecedentes</i> .....	15
3.3 MARCO LEGAL .....	16
<b>IV. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>18</b>
4.1 BARRA SAN JOSÉ .....	19
4.2 ESTERO CHOCOHUITAL .....	20
FASE DE CAMPO .....	20
<b>V. METODOLOGÍA</b> .....	<b>22</b>
5.1 CAMBIO DE USO DE SUELO .....	22
5.1.1 <i>Fase 1. Sistema de Información geográfica</i> .....	22
5.1.1.1 Fuentes de información .....	22
5.1.1.2 Clasificación de usos de suelo .....	23
5.1.1.3 Distribución de los procesos de cambio de uso de suelo .....	23
5.1.1.4 Matriz de Transición .....	23
5.1.1.5 Tasas de Cambio .....	24
5.1.1.6 Estabilidad de localización y residencia .....	24
5.1.1.7 Matriz de probabilidad de cambio .....	24
5.1.1.8 Modelado de Cambio de uso de suelo con Cadenas de Markov .....	25
5.1.2 <i>Fase 2. Percepción Remota</i> .....	25
5.1.2.1 Fuentes de información .....	25
5.1.2.2 Clasificación de las imágenes de satélite .....	25
5.1.2.3 Evaluación de la exactitud de los mapas .....	26
5.2 ESCENARIOS FUTUROS .....	26
5.2.1 <i>Mapas de procesos de cambios</i> .....	26
5.2.2 <i>Escenarios futuros de deforestación</i> .....	27
5.3 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	27
5.3.1 <i>Percepción comunitaria</i> .....	27
5.3.2 <i>Conciencia ambiental</i> .....	28
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
6.1 CAMBIO DE USO DE SUELO .....	30
6.1.1 <i>Fase 1. Sistemas de Información Geográfica</i> .....	30

6.1.1..1	Clasificación de usos de suelo .....	30
6.1.1..2	Distribución de los procesos de cambio de uso de suelo .....	31
6.1.1..3	Matriz de Transición .....	33
6.1.1..4	Tasas de Cambio .....	33
6.1.1..5	Estabilidad de localización y residencia .....	34
6.1.1..6	Matriz de probabilidades de cambio .....	35
6.1.1..7	Modelado de Cambio de uso de suelo con Cadenas de Markov .....	36
6.1.2	<i>Fase 2. Percepción remota</i> .....	37
6.1.2..1	Fuentes de información .....	37
6.1.2..2	Clasificación de las imágenes de satélite .....	38
6.1.2..3	Evaluación de la exactitud de los mapas .....	38
6.1.2..4	Distribución de los procesos de cambio de uso de suelo .....	39
6.1.2..5	Matriz de detección de cambios .....	40
6.1.2..6	Tasas de cambio .....	41
6.1.2..7	Dinámica de probabilidad de cambio .....	42
6.2	ESCENARIOS FUTUROS .....	43
6.2.1	<i>Mapas de procesos de cambios</i> .....	43
6.2.2	<i>Escenarios futuros de deforestación</i> .....	45
6.3	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	46
6.3.1	<i>Percepción comunitaria</i> .....	46
6.3.2	<i>Conciencia Ambiental</i> .....	50
6.3.2..1	Confiabilidad y Validación del instrumento .....	55
<b>VII.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>61</b>
<b>VIII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>66</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>68</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>77</b>
10.1	ANEXO 1. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS INFERENCIALES .....	77
10.2	ANEXO 2. ENCUESTA DE VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	80
10.3	ANEXO 3. ENTREVISTA DE PERCEPCIÓN COMUNITARIA .....	81
10.4	ANEXO 4. CUESTIONARIO “CONCIENCIA AMBIENTAL EN LOS CENTROS UNIVERSITARIOS” .....	83
10.5	ANEXO 5. CONCIENCIA AMBIENTAL EN LOS CENTROS EDUCATIVOS .....	87
10.6	ANEXO 6. BASE DE DATOS Y RESULTADOS DE LA DIMENSIÓN AFECTIVA Y ACTIVA .....	90
10.7	ANEXO 7. MANUAL PARA OBTENER Y ANALIZAR IMÁGENES SATELITALES .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de La Barra San José y Estero Chocohuital, Chiapas, México.....	18
Figura 2. Desfase del límite de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada .....	20
Figura 3. Sitio de embarque de Chocohuital.....	20
Figura 4. Palapas a orillas del Estero Chocohuital.....	21
Figura 5. Coordenadas geográficas del límite de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada .....	21
Figura 6. Metodología planeada por objetivo.....	22
Figura 7. Representación de las Cadenas de Markov. ....	25
Figura 8. Diseño metodológico del constructo de Conciencia Ambiental. ....	28
Figura 9. Mapa de usos de suelo del Estero Chocohuital, para el periodo 1978-2017.....	31
Figura 10. Mapa de usos de suelo del Estero Chocohuital, para el periodo 2002-2017.....	32
Figura 11. Cambio de uso de suelo con cadenas de Markov 2002-2017.....	36
Figura 12. ImagenLandsat MSS 1979 .....	37
Figura 13. Imagen Landsat ETM+ 2008 .....	37
Figura 14. Distribución de puntos para calculo coeficiente Kappa .....	39
Figura 15. Mapa de usos de suelo del Estero Chocohuital durante 2000 a 2019 .....	40
Figura 16. Dinámica de probabilidad de transición entre clases de uso de suelo del Estero Chocohuital, durante 2000-2019. ....	42
Figura 17. Mapa de procesos de cambios 2000 al 2019 del Estero Chocohuital .....	44
Figura 18. Predicciones futuras de probabilidad de transición entre clases de uso de suelo del Estero Chocohuital.....	45
Figura 19. Asentamientos humanos en orillas del Estero Chocohuital.....	46
Figura 20. Manglar contaminado .....	46
Figura 21. Manglar en buen estado de conservación .....	47
Figura 22. Amenazas del manglar.....	47
Figura 23. Aplicación de encuestas de valoración de servicios ecosistémicos .....	48
Figura 25. Aplicación de cuestionario en Telebachillerato Manuel Velasco Suarez .....	50
Figura 26. Grafica de los problemas que más les preocupan a los estudiantes.....	51
Figura 27. Gráfica de problemas ambientales en la escuela .....	51
Figura 28. Grafica actividades cotidianas que afectan al ambiente .....	52

Figura 29. Grafica medios para recibir información ambiental en la escuela .....	52
Figura 30. Medios de transporte usados para ir a clases.....	52
Figura 31. Instalaciones del Telebachillerato Manuel Velasco.....	53
Figura 32. Problemas ambientales del Telebachillerato Manuel Velasco .....	53
Figura 34. Gráficos de las curvas características de los ítems (ICC), las curvas de información del ítem y de la prueba.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Artículos Constitucionales que protegen los recursos costeros. ....	16
Tabla 2. Leyes Federales de Protección a los Manglares.....	16
Tabla 3. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas a protección de Humedales.....	17
Tabla 4. Clasificación de categorías de uso de suelo. ....	23
Tabla 5. Sistema de clasificación de usos de suelo del Estero Chocohuital .....	30
Tabla 6. Matriz de transición de uso de suelo 2002-2017 .....	33
Tabla 7. Tasa de cambio de uso de suelo en el Estero Chocohuital, durante 2002-2017 .....	34
Tabla 8. Estabilidad de localización y de residencia del estero Chocohuital 2002-2017 .....	35
Tabla 9. Matriz de probabilidad de transición durante 2002-2017.....	35
Tabla 10. Imágenes satelitales utilizadas en esta investigación .....	37
Tabla 11. Matriz de errores de clasificación y evaluación de la precisión. ....	38
Tabla 12. Matriz de transición de usos de suelo del estero Chocohuital 2000-2019.....	41
Tabla 13. Tasas de cambio de uso de suelo en el estero Chocohuital 2000-2019.....	41
Tabla 14. Encuesta de valoración de servicios ecosistémicos.....	48
Tabla 15. Afirmaciones para determinar la Conciencia Ambiental .....	54
Tabla 16. Variables e Indicadores de la Dimensión Cognitiva de la Conciencia Ambiental.....	55
Tabla 17. Autovalores y auto vectores de la matriz de correlación .....	56
Tabla 18. Coeficiente de correlación biserial puntual de cada ítem .....	57
Tabla 19. Alpha de Cronbach.....	57
Tabla 20. Parejas de asociaciones de items.....	57
Tabla 21. Parámetro b en el modelo Rasch.....	58
Tabla 22. Parámetro b en el modelo 1PLM .....	58
Tabla 23. Comparación entre modelo Rasch y 1PLM.....	59
Tabla 24. Puntuaciones factoriales para los patrones de respuesta observada.....	59

## I. INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas tropicales constituidos por árboles y arbustos que requieren un régimen estuarino o lagunar. Los manglares brindan diversos servicios ecosistémicos a la sociedad, previenen la erosión, estabilizan la costa, son filtros biológicos y son áreas de refugio, alimentación, anidación y reproducción (Xiaoyan et al., 2019). Los manglares son sumideros de carbono y estabilizadores climáticos a nivel mundial. Las principales amenazas para el manglar son la deforestación, sobreexplotación y cambios de uso del suelo. La deforestación tiene consecuencias económicas y sociales a largo plazo, causa fragmentación y pérdida de biodiversidad, altera la hidrología de las cuencas, acelera la erosión y está relacionada con el calentamiento global (Barati et al., 2023; Hou et al., 2023).

Los estudios sobre deforestación se han centrado en cuantificar los cambios netos o totales sin enfatizar las transiciones entre clases. En México se reportan tasas de deforestación de manglares entre 0.85% y 1.05% (Hirales et al., 2010; Kumagai et al., 2020; Leija-Loredo et al., 2016; López, 2020; Mendoza et al., 2010; Quintero et al., 2021; Ramos et al., 2019; Soto et al., 2010). Sin embargo, algunos enfoques varían en escala, temporalidad, método de clasificación e insumos cartográficos. Por lo tanto, es fundamental mejorar los métodos de evaluación y predicción que sean más confiables y describan la dinámica de los ecosistemas.

La dinámica de las zonas intermareales exige la aplicación de marcos conceptuales y herramientas que permitan evaluarlas de manera eficiente y precisa a diferentes escalas espaciales y temporales. Los sistemas de información geográfica (SIG) y de teledetección son valiosos para monitorear indicadores ambientales en diferentes escalas espaciales y temporales (Bryan-Brown et al., 2020). Sin embargo, determinar la deforestación de manglares con SIG y sensores remotos solo se limita a la extensión presente del ecosistema, pero no es capaz de predecir la expansión futura. Es necesario agregar el método de análisis espacial dinámico con Cadenas de Markov para simular la dinámica y obtener probabilidades de cambios en los manglares (Etemadi et al., 2018; Supriatna et al., 2018). Se pueden monitorear cambios en el paisaje a través de modelos que expliquen y predigan escenarios futuros y sirvan como herramienta para la toma de decisiones a mediano plazo (DasGupta et al., 2019).

El objetivo de esta investigación fue analizar la dinámica espaciotemporal del cambio de uso de suelo de los manglares de Chiapas durante diferentes periodos de tiempo comprendidos entre los años 1978 y 2019, así como predecir y modelar el escenario futuro de deforestación e identificar los servicios ecosistémicos por medio de la percepción comunitaria y la conciencia ambiental de las comunidades de la Barra San José y el Estero Chocohuital. Inicialmente se implementó un análisis multitemporal post clasificación de imágenes satelitales Landsat 8 para analizar la dinámica de la deforestación. Posteriormente, con cadenas de Markov se determinó el cambio de uso del suelo y se modeló el escenario futuro de deforestación de los manglares para optimizar su conservación y desarrollo especialmente en Áreas Naturales Protegidas. El área de estudio comprende el polígono de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada que presenta tres de las cuatro especies dominantes en todo México y además, dos especies de manglar endémicas que no están dentro de la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2001, es decir no están sujetas a protección especial.

La tesis está estructurada con epígrafes que exponen la formulación del problema, el marco de referencia, el área de estudio y la metodología, seguido de los resultados y la discusión y, finalmente, se brindan las conclusiones, la bibliografía y algunos anexos.

## II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El cambio del uso del suelo es un factor implicado en el cambio climático, altera procesos y ciclos en grandes escalas. Lo anterior es crucial si se considera que es a través de estos cambios donde se desarrolla el vínculo hombre-naturaleza (Valdez-Lazalde et al., 2011).

En el sureste mexicano los manglares están sufriendo las consecuencias del cambio de uso de suelo causado por actividades antrópicas, que incluyen la ganadería, la agricultura, modificaciones en el paisaje como canales de riego, carreteras, infraestructura portuaria y petrolera, salineras y el desarrollo de la acuicultura. (Grijalva et al., 2022).

El cambio de uso de suelo requiere analizar variables ambientales, sociales y económicas para entender las complejas relaciones que lo originan. Sin embargo, son escasos los análisis cuantitativos que determinen estos factores. Existen variaciones en las metodologías, interpretaciones, insumos empleados y escalas espaciales y temporales. (Singh et al., 2018).

Los patrones de deforestación estarán definidos directamente por las factores ambientales y socioeconómicos de cada región. Por ello existe una variación en las tasas de deforestación, aun en zonas similares (Leija-Loredo et al., 2016). A pesar de esto, como no existen cifras exactas de la deforestación de los manglares, se desconoce la cantidad de carbono que se ha emitido por la deforestación de estos.

Las consecuencias directas del cambio de uso de suelo son: mayor susceptibilidad a la erosión, pérdida de cobertura forestal, disminución de la diversidad biológica, deterioro de servicios ambientales y la pérdida de la productividad de los ecosistemas. De acuerdo con Ellis (2020) “la mayor parte de estos cambios se debe a la conversión y degradación de la cobertura original del terreno y la intensificación en su uso”.

Las zonas costeras tienen una constante dinámica y una alta vulnerabilidad al cambio. La deforestación de los manglares requiere el uso de metodologías capaces de evaluarlos eficientemente a escalas espaciales y temporales adecuadas. Desarrollar un análisis directamente en campo para evaluar los manglares implica retos que pueden resolverse con el uso de herramientas como la percepción remota y los Sistema de Información Geográfica. Permiten analizar variables ambientales a diferentes escalas espaciales y temporales y dar seguimiento a los cambios ocurridos en el paisaje (Valdez et al., 2019).

Los cambios en el uso del suelo tienen múltiples factores que originan el problema, por ello deben ser analizados en escalas espaciales detalladas y considerar la mejor temporalidad para determinar los procesos de cambios de uso de suelo ocurridos en el paisaje y cuál es la dinámica que origina dichos cambios. Los modelos de cambio de uso de suelo permiten analizar las dinámicas temporales con el objetivo de mitigar los posibles impactos negativos y ayudar a la conservación de especies (Sardar & Samadder, 2021).

## **2.1 Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los factores ambientales y socioeconómicos que influyen en la dinámica espacial y temporal del cambio de uso de suelo de los manglares de Chiapas?

## **2.2 Hipótesis general**

La acelerada deforestación y fragmentación del paisaje generada por el cambio de uso de suelo y la intensificación de actividades antrópicas son los factores que influyen en la dinámica espacial y temporal de los manglares de Chiapas.

## **2.3 Objetivos**

### **2.3.1 Objetivo General**

Analizar la dinámica espaciotemporal del cambio de uso de suelo de los manglares de Chiapas, e identificar los servicios ecosistémicos proveídos por los manglares a las comunidades de la Barra San José y el Estero Chocohuital.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

1. Determinar la dinámica de los cambios de uso de suelo y vegetación en Barra San José y Estero Chocohuital en el periodo 1978-2019.
2. Predecir la deforestación y fragmentación del paisaje en Estero Chocohuital, desarrollando modelos inferenciales de escenarios futuros.
3. Identificar y valorar los servicios ecosistémicos por medio de la percepción comunitaria y la conciencia ambiental de los habitantes.

## 2.4 Justificación

La región del sureste mexicano es de gran importancia biológica y ecológica, permite la continuidad del corredor biológico mesoamericano, y el funcionamiento de la barrera de arrecife de Centroamérica. Los manglares presentes en México representan el 6% del total mundial, y las especies del sureste son los más altos y mejor desarrollados del país (Simard et al., 2019). En general se considera que esta región presenta afectaciones como la remoción y azolvamiento de manglares, deforestación de las selvas bajas, fragmentación en parches sin conectividad, sobreexplotación de especies acuáticas y modificación de flujos de agua (Acosta et al., 2009).

Los manglares son especies críticas de las costas, permiten responder ante la variabilidad ambiental originada por el cambio global, permiten estabilizar la línea de costa, favorecen la permanencia de hábitats diversos, reducen la interdicción para el desarrollo sustentable de sus recursos". (Yáñez-Arancibia et al., 2013).

El cambio de uso de suelo representa una fracción del complejo sistema de la tierra. El modelado del cambio de uso de suelo permite analizar patrones y tendencias de los cambios a través de variables ambientales, sociales y espaciales (Tuholske et al., 2017). Mediante el modelado se pueden determinar posibles escenarios futuros sobre condiciones específicas. Lo anterior ofrece la posibilidad de evaluar la aplicación de políticas alternativas o la otorgación de regímenes de uso de suelo. La configuración del paisaje es el resultado de un fallo político o el desarrollo de la sociedad (Richards & Friess, 2016). Sin embargo, los análisis de deforestación a escalas adecuadas y que definan las variables que originan la dinámica de cambio de uso de suelo en México son escasos.

Esta investigación proporciona una metodología eficiente para predecir las tendencias del cambio de uso de suelo, en consecuencia, se podrán entender las implicaciones ambientales y sociales de estos cambios probables. Contribuyendo a generar un antecedente que permita crear un sistema de monitoreo periódico de las tendencias de deforestación áreas de manglar originado del cambio de uso de suelo, con la aplicación de Cadenas de Markov.

Por las implicaciones que genera, es importante para la sociedad y la académica realizar un análisis de la magnitud, dinámica y distribución de los procesos de cambios de uso de suelo del manglar chiapaneco. Los resultados obtenidos del análisis se proponen definir una línea base que apoye a futuras investigaciones, brindar información a los tomadores de decisiones para la aplicación de políticas gubernamentales y que permita el manejo y conservación de los ecosistemas costeros de México.

## III. MARCO DE REFERENCIA

### 3.1 Marco Conceptual

#### 3.1.1 Uso del suelo

Se entiende como las modificaciones para producir o mantener actividades sobre una superficie y que son realizadas por el hombre (FAO & UNEP, 2000). También implica la gestión y modificación del medio natural para ser transformado en áreas agrícolas o asentamientos humanos (IPCC, 2000).

#### 3.1.2 Cambio de uso de suelo

Es la modificación de forma parcial o total de la vegetación originaria del sitio (LGEEPA, 2014). El cambio de uso de suelo es el reemplazo de un tipo de uso de suelo por otro y puede ser originado por actividades antrópicas de desarrollo. Algunas consecuencias del cambio de uso de suelo son escorrentía, erosión, sedimentación, pérdida de diversidad biótica y pérdida de calidad del suelo (DeFries et al., 2004). El cambio de uso de suelo es un problema ambiental local, con implicaciones mundiales. “El cambio de uso en el suelo surge de la necesidad de proporcionar alimentos, agua y refugio, como respuesta se expanden áreas para plantaciones y asentamientos humanos” (Foley et al., 2005).

#### 3.1.3 Manglar

El ecosistema de manglar se distribuye en áreas tropicales, son un ecotono de zonas costeras y requieren de un sistema estuarino o lagunar y se constituyen por árboles y arbustos (Kathiresan & Bingham, 2001). Los manglares presentan raíces aéreas, son vivíparos, filtran y fijan tóxicos, capaces de excretar sales y toleran salinidades de 0 hasta 90 ppm, alcanzando su máximo desarrollo en 15 ppm. En México predominan cuatro especies *Rhizophora mangle* mangle rojo, *Avicennia germinans* mangle negro, *Conocarpus erecta* mangle botoncillo y *Laguncularia racemosa* mangle blanco (Velázquez-Salazar S. et al., 2021).

#### 3.1.4 Deforestación

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático la deforestación son los “procesos naturales o antrópicos que convierten las tierras a no forestales” (2000) La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura define la deforestación como la “variación boscosa con agotamiento de la cubierta de copas arbóreas a menos del 10%.” (FAO, 2023) Adicionalmente define que es la pérdida de cobertura forestal para la agricultura e infraestructura (FAO, 2002). El proceso de deforestación causa graves consecuencias ambientales, económicas y sociales y tiene impactos a largo plazo (Díaz et al., 2010; Lambin et al., 2001).

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Antecedentes

En el ámbito internacional (Richards & Friess, 2016) determinaron tasas de deforestación de 0.18% en los manglares del sureste de Asia. La deforestación es originada por la demanda mundial de productos básicos y la expansión de la acuicultura. Para este estudio aplicaron un sistema combinado de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota para identificar los cambios de uso de suelo.

En Malaysia (Kanniah et al., 2015) implementaron el uso de imágenes satelitales para monitorear los cambios en la cubierta del manglar en un periodo de 25 años. Determinaron que la clasificación digital proporciona una precisión significativamente mayor para el usuario y el producto. Los datos revelaron una pérdida de 241 ha por año asociada al aumento constante en el uso de la tierra urbana.

En México las tasas de deforestación se encuentran en el rango de 0.42% al 1.05% (Díaz et al., 2010; Hiraes et al., 2010; Leija-Loredo et al., 2016; Soto et al., 2010). Para el estado de Chiapas, Romero-Berny y colaboradores (2015) determinaron una tasa de deforestación anual de 1.05% en los manglares El Cabildo-Amatal-Gancho Murillo.

A partir del análisis del cambio de uso de suelo se pueden generar modelos de escenarios futuros alternativos de la distribución de los manglares con el uso de las Cadenas de Markov (Etemadi et al., 2018; Supriatna et al., 2018). Es imperativo analizar los escenarios futuros para optimizar la conservación y el desarrollo a través de la planificación proactiva de políticas, en especial aquellos que involucren áreas de manglar (DasGupta et al., 2019).

Mantener los servicios ecosistémicos presenta un desafío de desarrollo. La tendencia es adoptar un marco de perspectiva sistémica para representar los principales componente biofísicos y socio ecológicos y su interacción (Nicholls et al., 2016).

### 3.3 Marco legal

A continuación, se enlistan las leyes y normativas que aplican para la protección y conservación de los recursos costeros y que incluyen a los manglares (Tabla 1-3).

Tabla 1. Artículos Constitucionales que protegen los recursos costeros.

Artículo 4	Párrafo 5º. Todos tienen derecho a un medio ambiente sano para su bienestar y desarrollo. El daño y deterioro ambiental genera responsabilidad para quien genere.
Artículo 25	Párrafo 6º. Apoya el beneficio económico de los recursos naturales cuidando su conservación cumpliendo equidad social y cuidando la sustentabilidad.
Artículo 27	Todas las aguas dentro del territorio son propiedad de la nación, incluyen aguas de mares, lagunas, lagos, ríos, esteros, manantiales, y zonas marítimas. Se tiene derecho al aprovechamiento, conservación, preservar y restaurar el equilibrio ecológico para lograr el desarrollo equilibrado del país".
Artículo 73	Fracción XXIX 4º. Considera el control y prevención de la contaminación ambiental. Nombra al Congreso la facultad de expedir leyes en materia de protección ambiental.

Tabla 2. Leyes Federales de Protección a los Manglares

Ley de Aguas Nacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Define qué son los humedales. La Comisión Nacional del Agua realiza inventarios de humedales, rehabilita y restaura los humedales, y fija el perímetro de protección de humedales.</li> </ul>
Ley General de Bienes Nacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Define que la ZOFEMAT incluye 20 metros a partir de la pleamar. Los manglares se desarrollan en zonas inundables dentro de la ZOFEMAT por tanto se deben proteger.</li> </ul>
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es la máxima referencia para la protección y uso de recursos naturales. Se indica que cualquier tipo de cambio de uso de suelo es necesario la previa autorización de la SEMARNAT.</li> </ul>
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite el aprovechamiento de sistemas forestales. Indica una compensación de 11 a 10 mil pesos por hectárea de manglar que sea modificada por cambio de uso de suelo.</li> </ul>
Ley General de Vida Silvestre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prohíbe cualquier tipo de actividades y obras que afecten la integridad del flujo de agua al manglar, incluye la poda, remoción o relleno.</li> </ul>
Código Penal Federal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impondrá penas para daños causados por relleno, sequía del manglar e indica las acciones para reestablecer los perjuicios y podrá suspender acciones que arriesguen su permanencia.</li> </ul>

A continuación se enlistan las principales Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con la protección de los recursos costeros (Moreno-Casasola & Infante-Mata, 2016).

Tabla 3. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas a protección de Humedales.

NOM-059-SEMARNAT-2001	Brinda protección a las especies nativas, las especies de riesgo y establece el procedimiento para incluir especies en riesgo. Las cuatro especies de manglar están incluidas en la lista de protección especial.
NOM-022-SEMARNAT-2003	Prohíbe el establecimiento de granjas camaronícolas extensivas, prohíbe el cambio de uso para potreros o asentamientos humanos. Cualquier cambio o modificación debe garantizar la integridad del ecosistema.
NOM-012-RECNAT-1996	Respecto al aprovechamiento de leña para uso doméstico. Indica que las podas de arbustos deberán de respetar al menos 2 metros de ancho en las orillas de los cuerpos de agua, pero en ANP se podrá hacer aprovechamiento previo autorización del INECOL.
NOM-001-ECOL-1996	De acuerdo con el tamaño de la población se deberán realizar la frecuencia de muestreo y los reportes. Para descargas municipales y no municipales correspondería un muestreo semestral y reporte anual.
NOM-146-SEMARNAT-2005	La metodología permite conocer si un predio está dentro de la Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar. Los planos deberán presentar la simbología correspondiente a zonas de manglar, cuerpos de agua, esteros y la curva de pleamar.
NOM-060-ECOL-1994	Se deben conservar la vegetación ribereña considerando su distribución natural en las periferias de cuerpos de agua, ante un deterioro se hará reforestación con especies nativas.
NOM-061-ECOL-1994	El aprovechamiento de especies forestales con distinción de protección especial requiere una manifestación de impacto ambiental.

## IV. ÁREA DE ESTUDIO

El área sujeta a estudio se ubica al sureste de México, en el estado de Chiapas y comprende la franja costera. La investigación se desarrolló en dos sitios, la Barra San José y el Estero Chocohuital (Figura 1). Comprende la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas y la planicie costera, limita al norte con la subcuenca del río Santa Brígida y al sur la del Suchiate en la frontera México-Guatemala (S. J. E. Vázquez & Jarquín, 2004).



Figura 1. Localización de La Barra San José y Estero Chocohuital, Chiapas, México.

### Tipo de Clima

En la región se presenta un clima cálido subhúmedo, muy característico de la región del Soconusco. La temperatura media anual es de 27°C y en el mes más frío una temperatura de 18°C. La precipitación del mes más seco varía de 0 a 60mm. El porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2% del total anual.

### Tipo de Suelo

La llanura costera comprende un 21.82% de llanura costera inundable y salada y 12.20% de llanura costera con lomerío. La altura del relieve va desde menos de 10m y hasta los 30 msnm. Los tipos de suelos que se encuentran a lo largo de la región son 62.21% de feozem, 26.61% de regosol, 6.37% de gleysol y 0.23% de Fluvisol. La corteza terrestre en el municipio está formada por suelo aluvial con una superficie del 64.63%, el suelo lacustre ocupa el 16.21%, el suelo litoral comprende

8.37%, el tipo de suelo palustre presente en 6.35% y el 4.42% del territorio presenta rocas ígneas extrusivas (INEGI, 2020). El basamento se asienta sobre el macizo de Chiapas, un complejo metamórfico pre-bato lítico de orto gneises, gneises, migmatitas, anfibolitas y para gneises. El volcán Tacaná origino el lahar y la brecha volcánica andesítica. Los depósitos lacustres se encuentran distribuidos en la planicie costeras, con sedimentos en las pampas y esteros. Los depósitos palustres cuaternarios, están paralelos a la línea costera, donde el mar converge con el agua de los ríos. Estos sedimentos permiten el crecimiento de manglares, ya que sus raíces aéreas retienen el sedimento fino y almacenan materia orgánica.

### **Tipo de Vegetación**

La vegetación predominante en la costa de Chiapas es la selva baja subcaducifolia y el manglar. Algunas especies características de las zonas son el Guanacaste, Coyol, Guapinol, Cuchunuc, Palo mulato, Morro, Jacinto de agua, Zapote de agua y Quebracho. En todo el estado se encuentran distribuidos cuatro especies de manglar: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. Pero en la zona de estudio del Estero Chochohuital se reportan dos especies endémicas: *Rhizophora harrisonii* Mangle caballero y *Avicennia bicolor* Mangle bicolor (Nettel et al., 2008; Rico-Gray, 1981). Estas especies endémicas aún no están dentro de la lista de la NOM-059.SEMARNAT-2001, que es la norma que protege a las especies que están bajo una categoría de protección, como lo son los manglares.

### **Características Socioeconómicas**

El municipio de Pijijiapan, donde se ubica el Estero Chochohuital, está próximo a la segunda economía más importante del estado de Chiapas, Tapachula. El estado de Chiapas presenta una fuerte crisis derivada de las constantes caravanas migratorias provenientes de Centroamérica, Haití y África.

Las principales actividades económicas desarrolladas en la zona son la agricultura de temporal, con cultivos de maíz, sandía, plátano, soya, y cacao. La ganadería es de engorda y ordeña de bovinos, así como aves de corral. La zona presenta una alta productividad de quesos, derivado de las leche de ordeña. De la pesca desarrollada en los esteros se obtienen especies de importancia económica como el pargo, el robalo, la lisa, la mojarra y en granjas acuícolas destaca el camarón. En el municipio se pueden encontrar infraestructura que permite la prestación de servicios como el turismo, hospedaje, comercio y bancos (INEGI, 2020).

## **4.1 Barra San José**

La Barra San José se ubica en el Soconusco, pertenece al municipio de Mazatán. Al norte limita con Huehuetán, al sur con el Golfo de Tehuantepec, al oriente con Tapachula y al noreste con Huixtla. La superficie de la Barra de San José es de 62, 916 hectáreas aproximadamente. (Figura 1). Presenta un clima cálido subhúmedo con temperaturas anual promedio de 27°C y mínimas de 18°C. Tiene estaciones de lluvias y estiajes muy marcadas, las lluvias del mes más seco oscilan entre 0 y 60mm y en invierno el porcentaje de lluvia varía del 5 a 10.2% del total anual. Debido a su fisiografía el parteaguas de la cuenca inicia en la Sierra Madre y desemboca en las llanuras costeras del pacífico, el estero capta las vertientes de los ríos Huixtla, Pumpuapa, Huehuetán y Las Pilitas. Creando un habitat diverso y productivo para muchas especies, incluidos los manglares,

con especies que llegan a medir hasta 35 metros de altura, y son considerados los más altos del Océano Pacífico (Velázquez-Salazar S. et al., 2021).

La Barra San José está dentro del polígono del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera “La Encrucijada”, y la Zona Sujeta a Conservación Ecológica denominada “El Cabildo Amatal”. Los humedales son considerados como sitio RAMSAR, es decir son humedales de importancia internacional debido a ser zona de refugio, reproducción y anidación de aves migratorias.

## 4.2 Estero Chochuital

El estero de Chochuital pertenece a la subcuenca El Porvenir y la subcuenca Pijijapan, Región Hidrológica Prioritaria No.23. En la zona del soconusco es característico el clima cálido subhúmedo con temperaturas superior a 22°C en todo el año y mínimas de 18°C. La precipitación del mes más seco de 0 a 60mm. En verano las lluvias son más abundantes y tienen índice mayor de 55.3 y de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

De acuerdo con el último censo del INEGI, en la zona de estudio se encuentran 5 localidades rurales con una población total de 18,352 habitantes. El estado de Chiapas es una de las regiones de la frontera sur con mayor dinámica social y económica (INEGI, 2020). Las principales actividades productivas en el área son la producción agropecuaria y la pesca ribereña, además se reporta un acelerado crecimiento urbano (Sánchez y Jarquín, 2004). En 2005 la zona se vio afectada por el impacto del huracán Stan y en 2007 por la tormenta tropical Bárbara. Adicional se han implementado políticas de manejo sin considerar las condiciones de la cuenca, como la rectificación de los ríos, el fomento de prácticas agrícolas, la modificación o cierre de cauces de ríos y el dragado del estero, acciones que han perturbado al ecosistema de manglar.

### Fase de Campo

Se realizó el reconocimiento de la zona de estudio, con trabajo de campo realizado el mes abril de 2019. El recorrido se realizó a bordo de una lancha con motor, perteneciente a la Sociedad Cooperativa de lancheros de Chochuital.

Se determinó que el límite de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada no corresponde con lo determinado por la CONANP. Presenta un desfase de 1,367.24 metros.

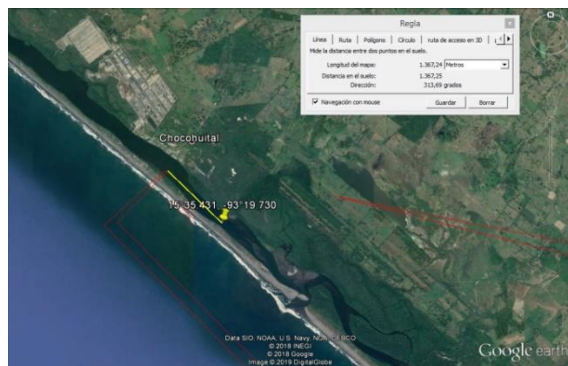


Figura 2. Desfase del límite de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada



Figura 3. Sitio de embarque de Chochuital.



Figura 4. Palapas a orillas del Estero Chocohuital



Figura 5. Coordenadas geográficas del límite de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

## V. METODOLOGÍA



Figura 6. Metodología planeada por objetivo.

### 5.1 Cambio de uso de suelo

#### 5.1.1 Fase 1. Sistema de Información geográfica

Para determinar la distribución, magnitud y dinámica de los cambios de uso de suelo del Estero Chocohuital, se determinó seguir dos metodologías, una con Sistemas de información Geográfica (**Fase 1**) y otra con Percepción Remota (**Fase 2**). A continuación, se describe la metodología empleada para los Sistemas de Información Geográfica.

##### 5.1.1..1 Fuentes de información

Se efectuó una revisión bibliográfica de la zona de estudio, la información se organizó y sistematizó en datos cartográficos con el software ArcGIS v. 10.1. El manejo de las bases de datos se empleó Microsoft Excel y Microsoft Access.

Para llevar a cabo la investigación, se usó la cartografía de Uso del Suelo y tipos de vegetación elaborada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) Serie I de 1978 a la Serie VI de 2017, a escala 1:250000. Las variables ambientales y socioeconómicas se obtuvieron de los censos de población 2000, 2010 y 2020 del INEGI y del Consejo Nacional de Población.

### 5.1.1..2 Clasificación de usos de suelo

El sistema de clasificación para determinar los procesos de deforestación se adoptó de la cartografía de la Serie IV. Este sistema de clasificación de usos de suelo y tipos de vegetación es jerárquico (Acosta et al., 2009). En los mapas temáticos de cada fecha, están representadas ocho clases de uso de suelo (Tabla 4). Para su obtención se empleó como sistema base la clasificación propuesta por el INIFAP e INEGI presente en la cartografía de la Serie I, con ello se busca que exista concordancia en todas las categorías presentes en ambos mapas (Palacio et al., 2000).

Tabla 4. Clasificación de categorías de uso de suelo.

Reclasificación	Clasificación INEGI
Agricultura de temporal	Acuícola Agricultura de Temporal Bosque cultivado
Asentamientos humanos	Asentamientos humanos Zonas urbanas
Cuerpo de agua	Cuerpos de agua
Manglar	Manglares
Otros tipos de vegetación	Chaparral Palmar Popal Tular Vegetación de duna costera
Pastizales	Pastizal cultivado Pastizal inducido Sabana
Selvas	Selva baja caducifolia Selva baja perennifolia Selva mediana subcaducifolia Selva mediana y baja subperennifolia
Sin vegetación	Área desprovista de vegetación

### 5.1.1..3 Distribución de los procesos de cambio de uso de suelo

Se efectuó un análisis multi temporal post clasificatorio para determinar los principales procesos de cambios de Usos de Suelo. El periodo de análisis comprende de 1978 a 2019. El análisis cartográfico sobrepone los mapas producidos interdependientemente en fechas diferentes correspondientes a la Serie I y VI.

### 5.1.1..4 Matriz de Transición

A partir de la sobre posición de los mapas se calculó la matriz de transición, es una tabla cruzada que sintetiza los cambios del tiempo  $t$  al tiempo  $t_{+n}$  de las diferentes categorías presentes en los mapas. La matriz de transición indica el cambio de una clase a otra, y permite analizar las transiciones en forma de pérdida o ganancia de los tipos de uso de suelo y categorías. Los datos que están en la diagonal de la matriz de transición representa la cantidad de superficie que no presentó algún cambio en el periodo de análisis, mientras que el resto de los datos demuestran las transiciones entre las clases y pueden ser en pérdidas o ganancias de áreas durante las dos fechas analizadas (V. H. L. Vázquez & Rocha, 2009).

### 5.1.1.5 Tasas de Cambio

La matriz de transición permite obtener la superficie inicial y final para cada categoría de uso de suelo. Se obtuvieron los porcentajes de cambio de cada categoría de uso de suelo y se calcularon las tasas de deforestación con la ecuación de la FAO (1996) (Ecuación 1). Adicional se determinó la pérdida anual neta (Ecuación 2).

$$\delta_n = \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^{1/t} - 1 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:  $S_n$  es la tasa de cambio.  
 $S_1$  es la superficie inicial.  
 $S_2$  la superficie final.  
 $t$  periodo de tiempo analizado.

$$P_a = \frac{(S_2 - S_1)}{t} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:  $P_a$  = pérdida anual en Ha.  
 $S_1$ = área inicial.  
 $S_2$ = área final.  
 $t$ = periodo analizado.

### 5.1.1.6 Estabilidad de localización y residencia

Para determinar la capacidad de las clases de uso de suelo ante un cambio se calcularon los índices de estabilidad de localización y de residencia (Ramsey III et al., 2001). La estabilidad de localización (EL) es la capacidad de una clase para mantenerse en el mismo lugar. Los resultados van del 0 al 100. El límite superior indica que la cobertura de la clase se mantuvo en el mismo sitio sin presentar pérdidas, el límite inferior o cercano a cero es un cambio total en la distribución espacial de la clase. La EL se calculó con la ecuación 3.

$$EL = \frac{[(\text{cobertura año inicial} - \text{pérdida cobertura año inicial})]}{\text{cobertura año inicial}} * 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

La estabilidad de residencia indica la razón de cambio neto de una clase. Es negativo cuando la superficie de la clase es menor a la presentada al inicio del análisis. Es positivo cuando la superficie de la categoría aumenta con respecto al año inicial. Cuando la categoría no presenta algún cambio neto se obtienen valores cero. La estabilidad de residencia se calculó con la ecuación 4.

$$ER = \frac{[(\text{cobertura año final} - \text{cobertura año inicial})]}{\text{cobertura año inicial}} * 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Para determinar la representatividad espacial de los procesos de cambio se utilizó el índice de valor de importancia espacial. Este índice se calculó para cada clase de los mapas y los procesos de cambio que ocurrieron en el manglar, usando la proporción de polígonos y la superficie de cada proceso o categorías en los mapas de cada fecha (Díaz-Gallegos et al., 2008).

### 5.1.1.7 Matriz de probabilidad de cambio

La detección de cambios de uso de suelo surge de la probabilidad de que una clase cambie por otra. Por lo tanto el primer paso de obtener la matriz de transición, y a partir de esta de se calcula la matriz de probabilidad de transición de cambio de uso de suelo. Esta nueva matriz surge de dividir cada celda de la matriz entre el total de la superficie de la clase analizada. La unidad de análisis son hectáreas.

### 5.1.1..8 Modelado de Cambio de uso de suelo con Cadenas de Markov

Finalmente se obtuvieron los modelos de probabilidad de transición entre las clases de usos de suelo que indican las dinámicas ambientales y sociales que determinan la configuración del uso del suelo. La dinámica que indica los procesos de cambio de usos de suelo fue posible de obtener empleando cadenas ocultas de Markov (Figura 7). Las cadenas de Markov modelan procesos estocásticos, que permite analizar las transiciones del estado inmediatamente anterior y no de todos los anteriores (Maldonado, 2012). Los estados, son las clases de uso de suelo y se representan con círculos, mientras que las probabilidades de transición entre las clases se representan con arcos. El grafico de la dinámica de cambio se obtuvo empleando el Script descrito en el anexo 1 con la paquetería “Markov chain” en el programa R versión 0.6.9.6.

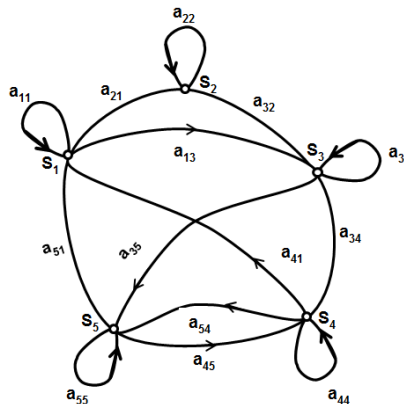


Figura 7. Representación de las Cadenas de Markov.

## 5.1.2 Fase 2. Percepción Remota

### 5.1.2..1 Fuentes de información

Para desarrollar esta investigación, se utilizaron imágenes satelitales provenientes del Landsat TMC y ETM+, consideradas de alta resolución, por el tamaño del píxel, de 10 y 28 m respectivamente. Las imágenes fueron obtenidas del portal <http://www.usgs.gov/> con path & row 22; 049. Estas imágenes se seleccionaron con la menor cobertura de nubes y en época seca. Se siguió el procedimiento sistemático, como recortar las imágenes usando una máscara a escala 1:50000 correspondiente al área del Estero Chocohuital y se realizó una composición de las bandas RGB (4, 5, 6) pertenecientes a las categorías rojo, verde y azul que ayudan a discriminar los tipos de vegetación. Todas las imágenes satelitales utilizadas se proyectaron al sistema de proyección cartográfica Universal Transverse Mercator (UTM) utilizando el WGS84 zona 15N.

### 5.1.2..2 Clasificación de las imágenes de satélite

En los mapas temáticos de cada fecha, quedaron representadas ocho clases de uso de suelo (Tabla 4) correspondientes a la metodología en Sistemas de Información Geográfica. Se utilizó el algoritmo de máxima verosimilitud para clasificar las imágenes y los vectores resultantes se convirtieron a formato ráster. Finalmente, los mapas se filtraron con ventanas de 3x3 píxeles, que es una medida de estandarización para reducir el efecto conocido como “sal y pimienta”. Este concepto refiere a ciertos píxeles aislados pertenecientes a una clase diferente alrededor. Para

una mejor interpretación se realizó una composición del pancromático usando la banda 8. Consultar Anexo 7 para procesamiento de imágenes satelitales. Se empleó el programa ArcGIS 10.5 para el procesamiento de cartografía.

### 5.1.2.3 Evaluación de la exactitud de los mapas

Con los resultados de los mapas se generó una matriz de confusión o de error, para identificar inconsistencias entre la cobertura verificada y la cobertura generada de la clasificación. La precisión global se calculó con la suma de las unidades correctamente clasificadas dividida por el número total de unidades en la matriz. La matriz que se genera es de tipo cuadrada, por lo tanto las filas corresponden a la veracidad de campo; y las columnas son las clases del mapa. La diagonal de la matriz indica el número de puntos de verificación donde coinciden el mapa y la realidad en campo; y los datos marginales suponen errores de reparación (Morales-Hernández et al., 2016).

El coeficiente Kappa (k) permite evaluar la precisión de la clasificación del mapa. Además determina si la precisión de la realidad es significativamente mayor a la realizada por un método aleatorio (Congalton & Green, 2019). Se trata de restringir el grado de ajuste únicamente a la precisión de la clasificación, sin tener en cuenta el causado por factores aleatorios, como se describe en la ecuación (5):

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

(Ecuación 5)

Donde: N= total de datos muestreados  
 $X_{ii}$ = concordancia observada  
 $X_i * X_{+i}$ = concordancia esperada

Los resultados indicaran con qué porcentaje la clasificación es mejor que la esperada por casualidad. Los valores se categorizan en tres posibles resultados: Valor de k igual o inferior a 0.4 es una mala concordancia; valores de 0.4 a 0.8 es una concordancia moderada y valores superiores a 0.8 es una concordancia fuerte.

## 5.2 Escenarios futuros

### 5.2.1 Mapas de procesos de cambios

Generar los mapas de cambios ayuda a documentar la dinámica en el cambio de uso de suelo, contribuye a identificar las causas que favorecen los procesos de cambio. Los mapas de cambios se realizaron con la clasificación indicada en la Tabla 4, usando el programa ArcMap v.10.6. Los cambios fueron agrupados en 5 tipos de cambios: permanencia natural, permanencia antrópica, deforestación hacia agricultura de temporal, deforestación hacia pastizales y deforestación hacia asentamientos humanos y recuperación (Díaz-Gallegos et al., 2008). El proceso de deforestación tiene orígenes multi causales y diferentes efectos, por lo tanto hemos realizado una distinción en el tipo de deforestación, si es para convertir áreas forestales hacia algún tipo de cosecha de temporal o hacia pastizales inducidos, por las implicaciones que pueda generar hacia el cambio de la diversidad en el ecosistema. (Ochoa-Gaona & Gonzôlez-Espinosa, 2000).

## 5.2.2 Escenarios futuros de deforestación

Las cadenas de Markov permiten modelar una variable aleatoria a través del tiempo. Dentro de los softwares disponibles para las cadenas de Markov, el paquete Markov chain brinda más flexibilidad para analizar la cadena de Markov de tiempo discreto que otras soluciones existentes, incluso para clases S4 homogéneas y no homogéneas en el programa R (Spedicato, 2017).

Los resultados se obtuvieron por modelos probabilísticos de variables estocásticas mediante las Cadenas de Markov. Los insumos empleados fueron los datos generados de las bases cartográficas de uso de suelo de los mapas obtenidos del periodo 1978 a 2017. Además de las dinámicas de probabilidad de cambio anteriormente reportadas (Sardar & Samadder, 2021). En este proceso de modelado de los escenarios futuros se obtiene una matriz de transición de áreas que indican el número de píxeles con probabilidades de ser modificada de una categoría a otra. El uso de cadenas de Markov en el programa R arroja como resultado final un diagrama con la probabilidad de cambio para cada una de las categorías de uso de suelo en el tiempo futuro, considerando las mismas tendencias encontradas en el periodo analizado entre 1978 y 2017.

## 5.3 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son las condiciones y procesos que sostienen y satisfacen las sociedades humanas (Costanza, 2000). Los servicios ecosistémicos se clasifican en servicios de apoyo, servicio de aprovisionamiento, servicios de regulación y servicios culturales (De Groot et al., 2002).

Los manglares proporcionan una variedad de servicios ecosistémicos, son filtros biológicos, almacenan carbono, estabilizan la línea de costa ante fenómenos meteorológicos extremos, son áreas de alimentación, anidación y reproducción de especies de importancia pesquera, favorecen el turismo y la recreación y regulan el clima. (Nicholls et al., 2016).

Para explorar las posibles causas de los procesos de cambio de uso de suelo se recabó información a actores del sector público, privado y social, como jefes de familias, estudiantes, turistas, personal del ayuntamiento y pescadores de las comunidades que se encuentran dentro de la Barra San José y el Estero Chocohuital.

### 5.3.1 Percepción comunitaria

En el rubro de la percepción comunitaria se aplicó las técnicas reportadas en Vide y Briansó (2014), que incluyen: (a) La observación participante con el objetivo de establecer contacto con la comunidad, entender su cultura y comprender su organización. (b) Las encuestas de valoración de los servicios ecosistémicos que provee el manglar. (c) Entrevistas semi estructuradas a actores claves de la comunidad. La entrevista fue dividida en 4 secciones: Percepción y amenazas del manglar, Actividades económicas, Tradiciones y costumbres y Acciones para manejo y conservación del manglar.

### 5.3.2 Conciencia ambiental

La Conciencia Ambiental es el sistema de vivencias, conocimientos y experiencias que una persona usa activamente en relación con el medio ambiente (Alea, 2006).

Se adaptó el cuestionario de Gomera y colaboradores (2012) “Conciencia ambiental en los centros universitarios” (Anexo 4) para el estudio de la conciencia ambiental en alumnos de nivel medio superior (Anexo 5). La Conciencia Ambiental fue dividida en cuatro dimensiones: afectiva, cognitiva activa y conativa. La dimensión afectiva explora la visión eco céntrica del mundo, los límites de la biosfera y detección de necesidades de mejora. La dimensión cognitiva involucra información y conocimiento ambiental en el ámbito escolar. La dimensión activa mide el carácter proambiental individual y colectivo. La dimensión conativa examina la disposición del alumno para actuar con criterios ecológicos y asumir posibles costos para mejorar el medio ambiente y su propia Conciencia Ambiental. El cuestionario es de tipo mixto con respuestas múltiple, escalar, semi cerrada, de elección ordinal, cerrada y abierta.

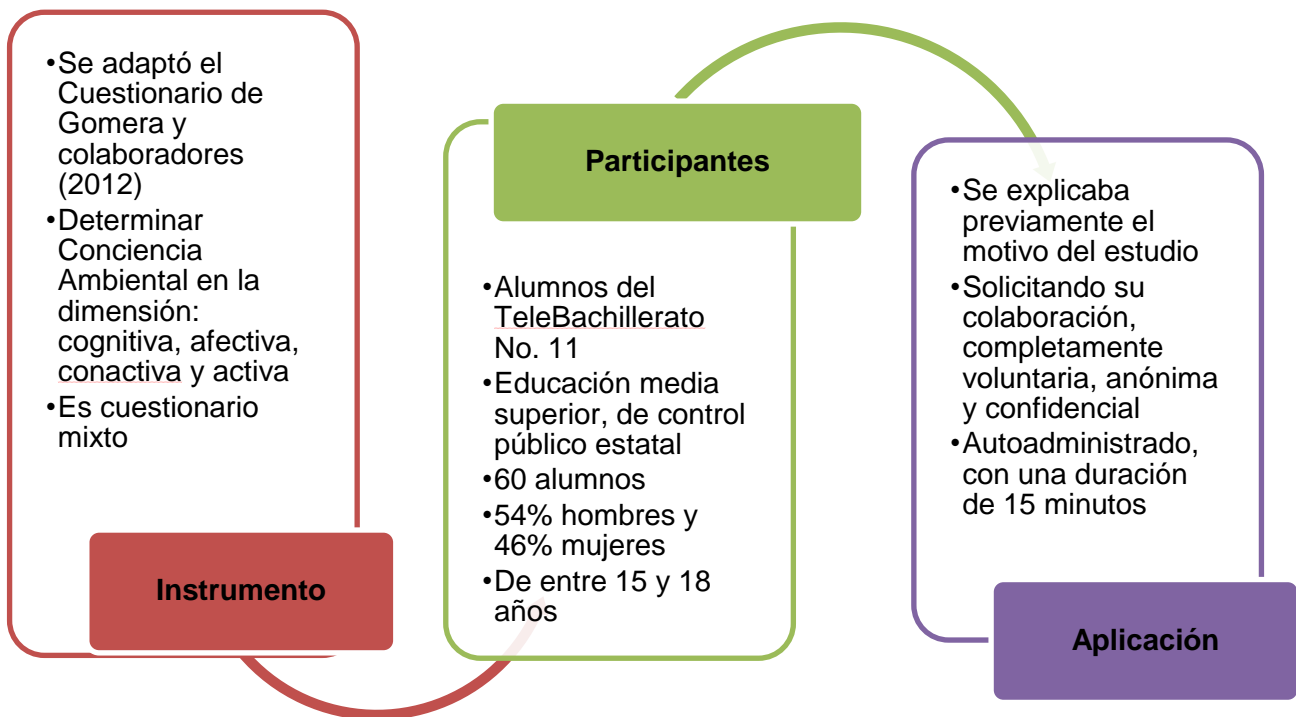


Figura 8. Diseño metodológico del constructo de Conciencia Ambiental.

#### Análisis de datos

Se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas:

- Prueba de muestras independientes (prueba t): mide la capacidad discriminante los ítems y determinar si cada ítem mide lo que debe medir.
- Análisis de componentes principales: extrae un número reducido de variables que representen la mayor información de las variables originales.

- Teoría de Respuesta al Ítem (TRI): permite analizar y describir el comportamiento de un instrumento de medida. Estos procedimientos tienen tres características distintivas: puntuación observada, unidimensionalidad, independencia local, función de información del test y la curva característica del ítem. (Berejnoi & Barros, 2011). El uso del TRI tiene la ventaja de generalizar la información de forma flexible y aumentar la eficiencia y utilidad de los procesos de medición. Para la implementación del TRI se empleó la paquetería ltm del programa R (versión 4.1.2.)

Se proponen los siguientes criterios para evaluar qué modelo se debe utilizar:

#### Criterio 1. Verificación de los supuestos del modelo

- A. Unidimensionalidad. El instrumento solo debe medir la capacidad latente a través de los valores propios del análisis factorial. Existe unidimensionalidad si al graficar los autovalores de la matriz de correlación de los ítems existe un factor dominante. Una alternativa es calcular la relación entre el primer y segundo valor propio, a mayor relación se cumple la unidimensionalidad.
- B. Igual discriminación. Se mide la correlación entre el ítem  $i$  y la puntuación total del instrumento. Cuando la correlación es entre una escala intervalo y un valor dicotómico. El supuesto se cumple si la desviación estándar es pequeña.
- C. Oportunidad de adivinar la respuesta correcta. Es la habilidad de un sujeto con poca habilidad a responder correctamente el ítem.

#### Criterio 2. Características esperadas del modelo

Se busca una independencia local de los ítems y los sujetos. Es la probabilidad de responder sin ser influenciado por las respuestas brindadas a otros ítems. Además, la función del test permite calcular cualquier nivel de aptitud. A mayor valor de la función de información mayor discriminación del test.

#### Criterio 3. Modelo de predicciones de los resultados reales de la prueba.

La curva representa los valores de un ítem sobre la aptitud. Se indica comparando las curvas características de los ítems (CCI) de cada ítem con los demás. Los parámetros de la curva son la dificultad del ítem, la discriminación del ítem y la adivinación.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Cambio de uso de suelo

#### 6.1.1 Fase 1. Sistemas de Información Geográfica

- **Barra San José**

Los principales resultados del cambio de uso de suelo se determinaron como parte de una investigación previa de la Maestría en Ciencias Ambientales. Se determinó una tasa de deforestación de 0.42% para los manglares de la barra San José y los factores causales fueron la acelerada deforestación, la intensificación de actividades antropogénicas y la intensificación de sistemas de monocultivo.

- **Estero Chocohuital**

#### 6.1.1.1 Clasificación de usos de suelo

Debido a inconsistencias en las bases de datos de las Series I y II se optó por realizar el análisis entre las Serie III y IV (Tabla 5).

Tabla 5. Sistema de clasificación de usos de suelo del Estero Chocohuital

	Serie I 1978	Serie II 1994	Serie III 2002	Serie IV 2008	Serie V 2014	Serie VI 2017
Clases	Agricultura de temporal	Agricultura de temporal	Agricultura de temporal	Agricultura de temporal	Agricultura de temporal	Agricultura de temporal
		Asentamiento humano	Asentamiento humano	Asentamiento humano	Asentamiento humano	Asentamiento humano
	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
	Manglar	Manglar	Manglar	Manglar	Manglar	Manglar
	Otros tipos de vegetación	Otros tipos de vegetación	Otros tipos de vegetación	Otros tipos de vegetación		Otros tipos de vegetación
	Pastizales	Pastizales	Pastizales	Pastizales	Pastizales	Pastizales
Selvas	Selvas	Selvas	Selvas	Selvas		Selvas
			Sin vegetación	Sin vegetación		Sin vegetación

### 6.1.1.2 Distribución de los procesos de cambio de uso de suelo

#### Periodo 1978-2017

Los procesos de cambio de uso de suelo hallados en el Estero Chochohuital se presentan en la (Figuras 9 y 10). Para fines ilustrativos se muestra la comparación entre la Serie I y la Serie VI, que corresponden al año 1978 y 2017 respectivamente. En el año inicial se observa la ausencia de asentamientos humanos, el amplio desarrollo de selvas bajas caducifolias y subcaducifolias en la parte baja de la cuenca. Es notorio el dominio de los pastizales naturales característicos de la planicie costera. La amplia distribución de los manglares y el notable estero que permitía el flujo de agua dulce y salada.

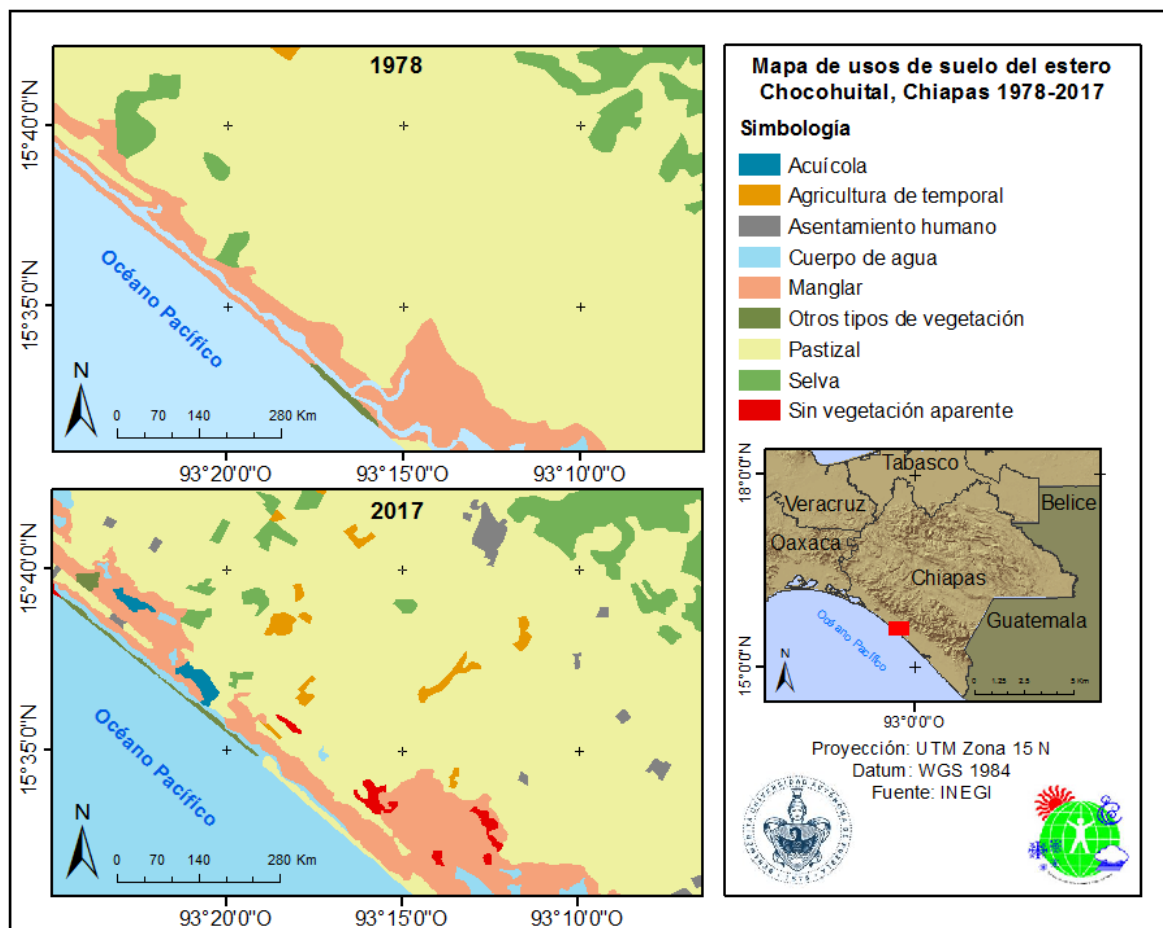


Figura 9. Mapa de usos de suelo del Estero Chochohuital, para el periodo 1978-2017

### Período 2002-2017

El análisis del cambio de uso de suelo se realizó comparando la Serie III y VI que corresponden al año 2002 y 2017 (Figura 9) respectivamente. Se enfatiza que el proceso de mayor cambio de uso de suelo es el incremento de los asentamientos humanos en las periferias al manglar y el incremento de áreas destinadas a la agricultura. Se registra un aumento de 511 ha correspondientes de nuevos poblados en 15 años. Sin embargo, la deforestación de las selvas bajas y la eliminación de la vegetación halófila afecto un 30% la superficie total de la planicie costera. Una nueva actividad productiva derivada del establecimiento de la acuicultura de camarón posibilita la obtención de ganancias a corto plazo, pero genera impactos ambientales, como la eliminación de los manglares.

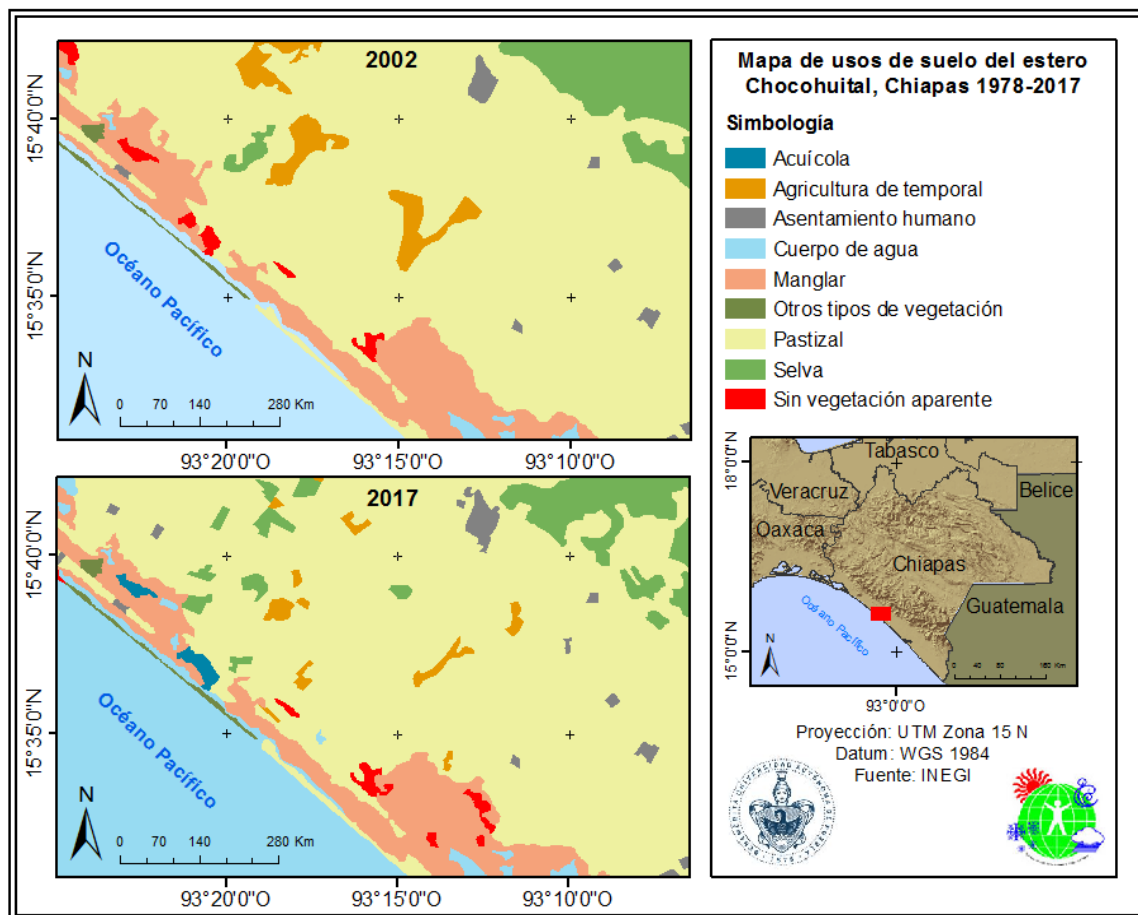


Figura 10. Mapa de usos de suelo del Estero Chocohuital, para el periodo 2002-2017.

### 6.1.1.3 Matriz de Transición

#### Periodo 1978-2017

Para poder realizar el análisis de cambio de uso de suelo, se requiere la homogenización en las clases de uso de suelo y el mismo número de clases en el año inicial y final (Tabla 5). La condición anterior determino que solo sea posible el análisis entre la Serie III y VI que corresponden al año 2002 y 2017 respectivamente.

#### Periodo 2002-2017

La matriz de detección de cambios se obtuvo de la sobre posición de los mapas de los años 2002 y 2017, que corresponden a cartografía generada por el INEGI identificada como Serie III y VI (Tabla 6). En 2002 la clase dominante era "Pastizales", que representaba el 75% de la superficie total. Esta condición se mantuvo casi igual para el año 2017, con un 77%. Los manglares representaban el 11.31% del área total en 2002, disminuyendo un 20% proporcional al 2017. Durante 15 años se lograron mantener 4,938ha de manglar, lo que representa 98% de estabilidad en la superficie. Se observa altas transiciones del manglar hacia agricultura de temporal y asentamientos humanos. Además, se muestra una alta dinámica entre el manglar y los cuerpos de agua.

Tabla 6. Matriz de transición de uso de suelo 2002-2017

2002	2017								Total 2002(ha)
	Agricultura	Asentamiento	Agua	Manglar	Otros tipos	Pastizal	Selva	Sin vegetación	
Agricultura de temporal	313					1,254	168		1,736
Asentamiento humano		407		7		47			462
Cuerpo de agua			239	66					305
Manglar	4	47	277	5,257	14	411	54	91	6,155
Otros tipos de vegetación			168	7	110	7		3	295
Pastizal	377	307	121	698		38,451	917	159	41,030
Selva						1,488	2,428		3,916
Sin vegetación		212	86	56		33		121	507
Total 2017(ha)	695	973	890	6,090	124	41,691	3,567	374	54,404

### 6.1.1.4 Tasas de Cambio

#### Periodo 2002-2017

Las pérdidas netas por el cambio de uso de suelo, cartografiadas para el Estero Chocohuital, se presenta en la Tabla 7. La mayor tasa de deforestación (-5.61%) fue la categoría de "Otros tipos de vegetación", que significo una disminución de 171 ha de vegetación halófito. La pérdida global del manglar fue de 65 ha a una tasa de deforestación de -0.07%, mucho menor a la reportada en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (-0.32%) durante el mismo periodo de tiempo.

La clase que represento el 38% de los cambios fue el “Pastizal” aumentando 661 ha a una tasa incremento anual de 17 ha. En tanto a los “Asentamientos humanos” incrementaron en promedio 13 ha anuales.

En 2002 prevalecían 1,736 ha de cultivos de temporal, esta condición se vio modificada para 2017. La agricultura de temporal se redujo casi 60% en superficie. La disminución puede ser resultado de la humedad en los suelos bajos y planos. Un suelo con poca estructura no es capaz de retener el agua de las lluvias, aunado al retraso de la época de lluvias, provoca un suelo seco. Otro factor es el aumento de la temperatura que disminuye la humedad de los suelos.

Tabla 7. Tasa de cambio de uso de suelo en el Estero Chocohuital, durante 2002-2017

Clase	2002		2017		Cambio neto	Pérdida anual (ha)	Tasa de cambio %
	ha	%	ha	%			
Agricultura de temporal	1,736	3.19	695	1.28	-1,041	-27	-5.92
Asentamiento humano	462	0.85	973	1.79	511	13	5.10
Cuerpo de agua	305	0.56	890	1.64	585	15	7.40
Manglar	6,155	11.31	6,090	11.19	-65	-2	-0.07
Otros tipos de vegetación	295	0.54	124	0.23	-171	-4	-5.61
Pastizal	41,030	75.42	41,691	76.63	661	17	0.11
Selva	3,916	7.20	3,567	6.56	-349	-9	-0.62
Sin vegetación	507	0.93	374	0.69	-133	-3	-2.01
Total	54,404	100	54,404	100			

#### 6.1.1..5 Estabilidad de localización y residencia

##### Periodo 2002-2017

A partir de los datos de la matriz de transición se calculó la Estabilidad de Localización y la Estabilidad de Residencia, que indican la variación multi temporal entre los diferentes usos de suelo y tipos de vegetación cartografiados (Tabla 8).

La Estabilidad de Localización (EL) es la capacidad de una clase para mantenerse en el mismo lugar. Los asentamientos humanos presentaron un alta EL, lo que indica que los parches de esta cobertura se mantuvieron sin cambios durante 2002-2017. Las clases que tuvieron la menor capacidad de mantenerse fueron las selvas y otros tipos de vegetación. El límite el límite inferior o cercano a cero es un cambio total en la distribución espacial de la clase, tal es el caso de la categoría de sin vegetación aparente con valores de 24. Los manglares tiene una estabilidad de localización de 85, esto indica que el manglar es altamente resiliente ante el embate de fenómenos meteorológicos extremos, la constante dinámica intermareal y su vulnerabilidad ante cambios en los periodos inundación.

La categoría de agricultura de temporal registro la mayor pérdida neta en superficie respecto al año inicial. La agricultura de temporal mostro una Estabilidad de Residencia de -60. Las ganancias en superficie fue considerablemente mayor para los asentamientos humanos y los cuerpos de agua. Esto se puede atribuir al aumento del nivel del mar como consecuencia de la modificación

del canal del estero, como fue expuesto en los mapas generados. Los manglares indicaron una estabilidad de residencia negativa, es decir, el área que presentaba manglares es menor al finalizar el análisis, respecto a la superficie encontrada al inicio del análisis. Pero que en comparación los datos registrados dentro del ANP La Encrucijada en mucho menor.

Tabla 8. Estabilidad de localización y de residencia del estero Chocohuital 2002-2017

Clase	Estabilidad Localización	Estabilidad de Residencia
Agricultura de temporal	18	-60
Asentamiento humano	88	111
Cuerpo de agua	78	192
Manglar	85	-1
Otros tipos de vegetación	37	-58
Pastizales	94	2
Selva	24	-9
Sin vegetación	24	-26

#### 6.1.1.6 Matriz de probabilidades de cambio

##### Periodo 2002-2017

Se elaboró la matriz de Markov para obtener la probabilidad de cambio para el periodo 2002-2017 (Tabla 9). La probabilidad de los pastizales de permanecer en el mismo sitio a lo largo de 15 años analizados, es de 0.94. La segunda categoría con mayor probabilidad de permanecer fueron los asentamientos humanos con un valor de 0.94. Mientras que la agricultura de temporal fue la categoría con la menor probabilidad con un valor de 0.18. La categoría que incluye popales, turales y vegetación de dunas costeras obtuvo una probabilidad de 0.37. Las áreas denominadas sin vegetación aparente indican sitios donde no se detecta algún tipo de cobertura vegetal, por lo que se asume es un tipo de suelo desnudo, estos parches tiene una probabilidad de 0.24 de incrementar. Cuando una superficie natural es transformada a algún tipo de asentamiento humano es nula la probabilidad de retorno y permanece en esta nueva categoría (Lambin et al., 2001).

Tabla 9. Matriz de probabilidad de transición durante 2002-2017

2002	2017								Total
	Agricultura	AH	Agua	Manglar	Otros	Pastizal	Selva	SVA	
Agricultura de temporal	<b>0.18</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.10	0.00	1.00
Asentamiento humano	0.00	<b>0.88</b>	0.00	0.01	0.00	0.10	0.00	0.00	1.00
Cuerpo de agua	0.00	0.00	<b>0.78</b>	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Manglar	0.00	0.01	0.04	<b>0.85</b>	0.00	0.07	0.01	0.01	1.00
Otros tipos de vegetación	0.00	0.00	0.57	0.02	<b>0.37</b>	0.02	0.00	0.01	1.00
Pastizal	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	<b>0.94</b>	0.02	0.00	1.00
Selva	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	<b>0.62</b>	0.00	1.00
Sin vegetación	0.00	0.42	0.17	0.11	0.00	0.07	0.00	<b>0.24</b>	1.00

### 6.1.1..7 Modelado de Cambio de uso de suelo con Cadenas de Markov

#### Periodo 2002-2017

En la Figura 11 se muestra la dinámica de la probabilidad de cambio de uso de suelo durante 2002-2017. Se observa el reemplazo de las selvas bajas y manglares por pastizales inducidos. Las nuevas zonas de pastizales solo después de que las sales se han lavado del suelo son adecuadas para la implementación de agricultura de temporal, con cultivos de subsistencia. Cuando la agricultura de temporal baja su productividad se requiere aplicar agua de riego para mantener el cultivo y favorecer el movimiento descendente en el suelo y lavar el exceso de sales en las raíces. Una práctica común es la aplicación de yeso o el encalado para mantener la conductividad hidráulica mientras las sales están siendo lavadas con el agua de riego. Finalmente, las zonas con cultivos abandonados o con baja productividad son favorables para el establecimiento de nuevos asentamientos humanos. Las áreas con vegetación poco leñosa y de fácil desmonte pertenecientes a la clase otros tipos de vegetación pasan directamente al establecimiento de pastizal inducido. Lo más preocupante es alta transición del manglar a zonas desprovistas de algún tipo vegetación, ya sea secundaria o vegetación riparia. Lo anterior indica un suelo totalmente erosionado como producto de la una deforestación intensa.

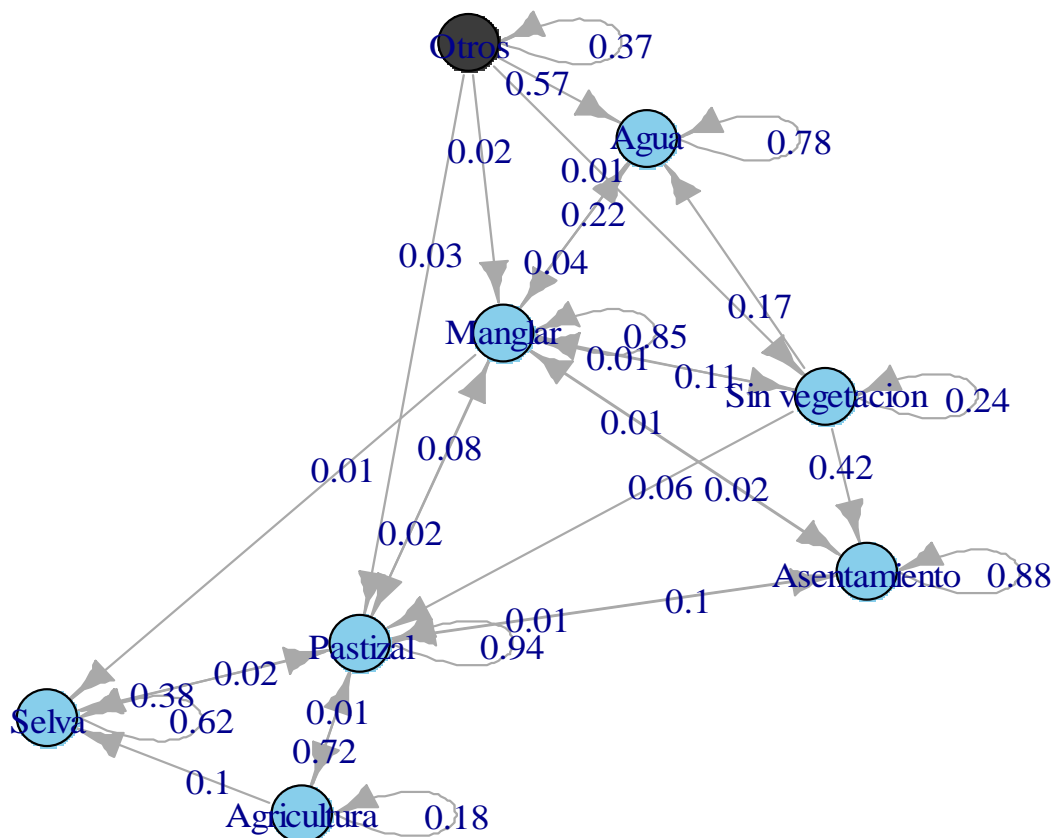


Figura 11. Cambio de uso de suelo con cadenas de Markov 2002-2017.

## 6.1.2 Fase 2. Percepción remota

### 6.1.2.1 Fuentes de información

Para determinar los cambios de suelo de suelo a escalas espaciales y temporales adecuadas se empelaron imágenes satelitales. Las imágenes obtenidas para esta investigación de detallan en la tabla 10. Finalmente se utilizaron imágenes del satélite Landsat TMC 5 con fecha del 14 de febrero 2000 y Landsat 8 del 02 febrero 2019, las cuales están consideradas como de media y alta resolución, por su resolución espacial (tamaño del píxel de 10 y 28 m) respectivamente. Estas imágenes se seleccionarán con la menor cobertura de nubes. Consultar Anexo 7 para descarga. Se seleccionaron aquellas imágenes con la menor cobertura de nubes para una mejor interpretación (Figura 12 y 13).

Tabla 10. Imágenes satelitales utilizadas en esta investigación

Landsat	Fechas disponibles						
1-5 MSS C1 Level-1	28 noviembre 1978	7 agosto 1979	8 junio 1980	4 febrero 1985	11 marzo 1986	25 noviembre 1990	19 diciembre 1990
4-5 TM C1 Level-1	22 diciembre 1997	24 febrero 1998	27 febrero 1999	14 febrero 2000			
7 ETM+ C1 Level-2	31 marzo 2008	22 julio 2014	4 febrero 2017	16 septiembre 2017	22 enero 2018	17 julio 2018	15 abril 2019
8 TM OLI	2 febrero 2019						

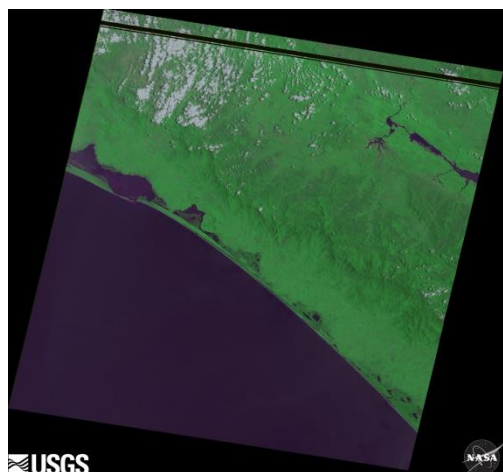


Figura 12. ImagenLandsat MSS 1979



Figura 13. Imagen Landsat ETM+ 2008

### 6.1.2.2 Clasificación de las imágenes de satélite

En los mapas temáticos de cada fecha, quedarán representadas las siguientes categorías de uso de suelo: Agricultura (que incluye de riego y de temporal), Cuerpos de agua, Asentamientos humanos, Humedal, Manglar, Pastizal y Selvas. Ambos mapas requieren la misma cantidad de categorías para ser posible su sobre posición e interpretación de cambios de uso de suelo.

### 6.1.2.3 Evaluación de la exactitud de los mapas

Los resultados del índice Kappa pueden ser de tres tipos: k inferior a 0.4 es una mala concordancia; valores entre 0.4 y 0.8, acuerdo moderado y valores superior a 0.8 es acuerdo fuerte. La precisión global del mapa de uso del suelo en 2019 fue del 96%, con un valor del índice Kappa igual a 0.95; esto indica una alta concordancia de precisión de clasificación. Se considera una alta concordancia entre los datos de referencia y los datos de clasificación (Tabla 11). La discriminación de manglares y humedales muestra buena precisión. Nuestros resultados de confiabilidad de clasificación están dentro del rango utilizado en varios estudios que utilizan criterios espectrales y visuales para la interpretación de imágenes satelitales.

Tabla 11. Matriz de errores de clasificación y evaluación de la precisión.

<b>Categoría</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>Total</b>	<b>Accuracy</b>	<b>Kappa</b>
1.Agricultura	10	0	0	0	0	0	0	10	0.8	0
2.Cuerpos de agua	0	10	0	0	0	0	0	10		
3. Asentamiento	0	2	8	0	0	0	0	10		
4. Humedal	0	0	0	10	0	0	0	10		
5. Manglar	0	0	0	0	10	0	0	10		
6. Pastizal	0	0	0	0	0	10	0	10		
7. Selva	0	0	0	0	0	0	10	10		
Total	10	12	8	10	10	10	10	70	0	0
Accuracy	1	0.8	1	1	1	1	1	0	0.96	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95

1. Agricultura; 2. Cuerpo de agua; 3. Asentamiento; 4. Humedal; 5. Manglar; 6. Pastizal; 7. Selva

En la figura 13 se muestra la distribución de los puntos para calcular el coeficiente Kappa del mapa del Estero Chocohuital correspondiente al 2019.

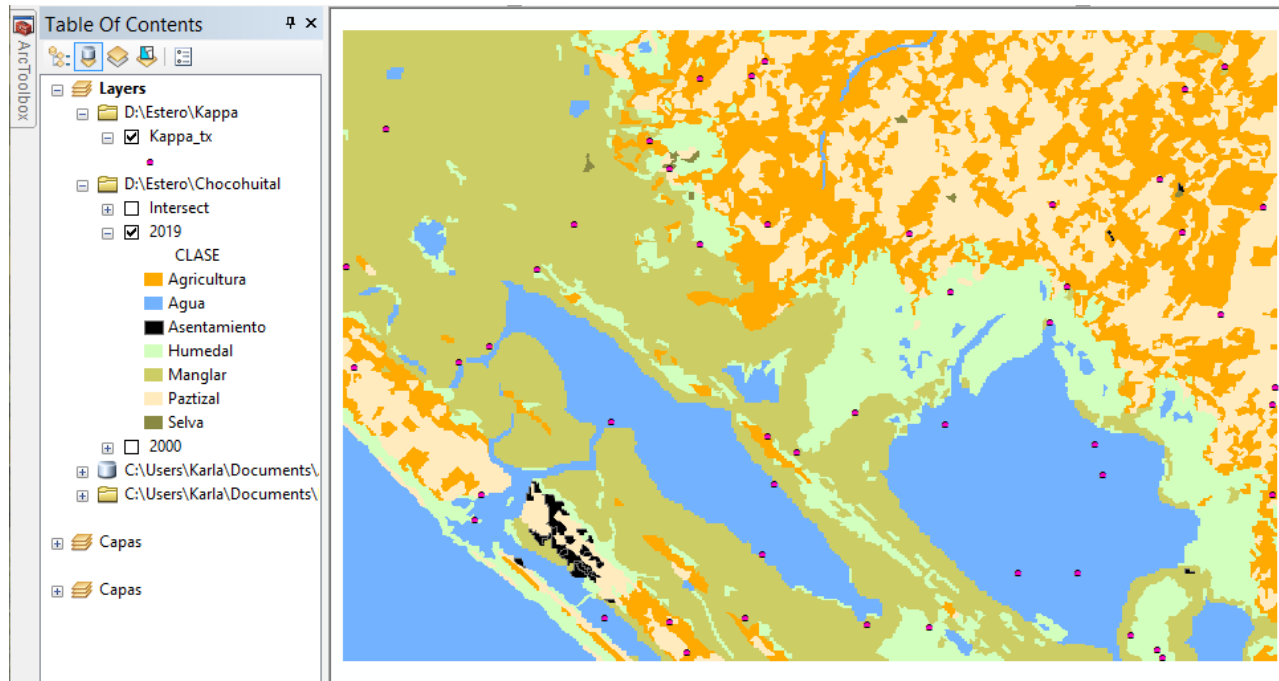


Figura 14. Distribución de puntos para calculo coeficiente Kappa

#### 6.1.2..4 Distribución de los procesos de cambio de uso de suelo

##### Periodo 2000-2019

Los procesos de cambio de uso de suelo del Estero Chocohuital se presenta en la Figura 15, que corresponden al año 2000 y 2019 respectivamente. En el año 2000 se observa pocos asentamientos humanos, la distribución de selvas en la parte media de la cuenca. El dominio de los pastizales naturales característicos de la planicie costera. La distribución de los manglares en la línea costera y la delimitación del estero que permitía el flujo de agua proveniente del continente y la entrada del agua de mar. Domina el establecimiento de nuevos asentamientos humanos y el establecimiento de nuevas áreas de cultivo. Se denota la deforestación de las selvas bajas y vegetación halófila que son de fácil desmonte este proceso altero el 30 % de la superficie total. Se observa que en 2000 la agricultura de temporal se desarrollaba en parches compactos y densos en la parte media de la cuenca, para 2019 se determina un cambio de agricultura de temporal hacia parches más pequeños y dispersos en toda el área. Los nuevos asentamientos humanos se observan dispersos por toda la planicie costera. De acuerdo con el mapa, se encontró una nueva actividad productiva derivada del establecimiento de la acuicultura de camarón, que desplazó áreas de manglar. Además, que en ambas fechas se determinaron áreas desprovistas que algún tipo de vegetación, que indica una alta deforestación de manglares y vegetación halófila.

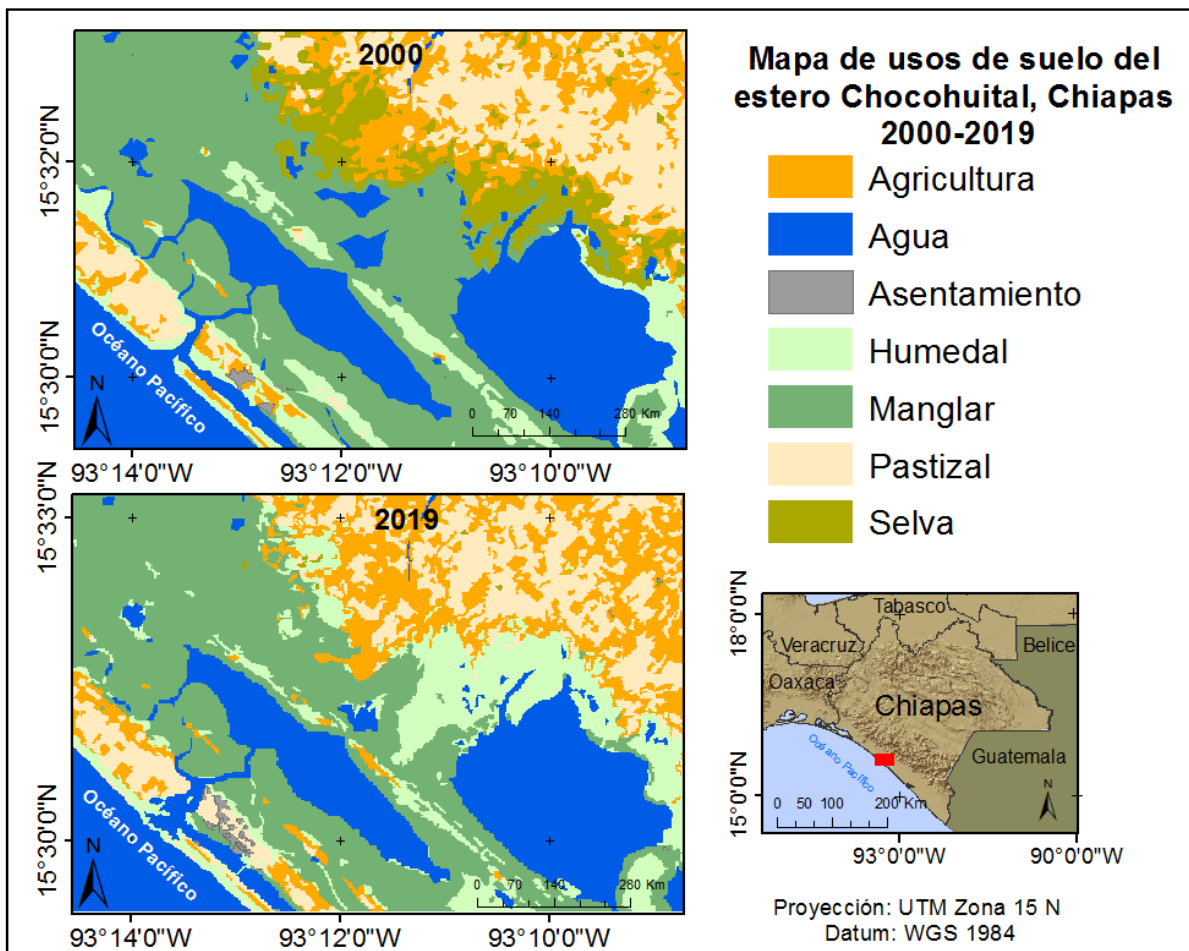


Figura 15. Mapa de usos de suelo del Estero Chochohuitl durante 2000 a 2019

#### 6.1.2.5 Matriz de detección de cambios

##### Periodo 2000-2019

La matriz de detección de cambios se obtuvo superponiendo los mapas de 2000 y 2019 (Tabla 12). Se observan altas transiciones de humedales a agricultura estacional, pastizales y asentamientos humanos. La agricultura gana la superficie de asentamientos humanos, humedales, manglares, pastizales y selvas. Además, se muestra una alta dinámica entre los manglares, los humedales y el cuerpo de agua. En el año 2000 prevalecían 719 ha de selva; esta condición se modificó para 2019 y se redujo en casi un 96% en superficie. En el año 2000 la clase dominante eran los pastizales que representaban el 18,6% de la superficie total; en 2019 disminuyó al 17,5%. Los manglares cubrieron inicialmente alrededor del 32,2% del área total. Del 2000 al 2019 se mantuvieron 2191 ha de manglar, lo que representa el 97% de la estabilidad superficial. Las transiciones indican ganancias en el área de agricultura, nuevos asentamientos y humedales, mientras que las pérdidas fueron para manglares, pastizales, selva y cuerpos de agua.

Tabla 12. Matriz de transición de usos de suelo del estero Chocohuital 2000-2019.

2000	2019							Total, general
	Agricultura	Agua	Asentamiento	Humedal	Manglar	Pastizal	Selva	
Agricultura	577	8	7	59	4	362	2	1,019
Agua	35	1,395	0	61	36	2	0	1,529
Asentamiento	1		7	2	1	3		14
Humedal	76	30	10	270	227	40		653
Manglar	17	15		354	2,191	1	1	2,579
Pastizal	549	9	5	22	6	898	2	1,491
Selva	224	2	1	336	63	91	2	719
Total, general	1,479	1,459	30	1,104	2,528	1,397	7	8,004

### 6.1.2.6 Tasas de cambio

#### Periodo 2000-2019

Las tasas de deforestación y pérdidas causadas por el cambio de uso del suelo en el Estero Chocohuital, se presentan en la Tabla 13. La tendencia de la dinámica entre los diferentes tipos de uso de suelo predominante es el incremento de los asentamientos humanos, la agricultura y los humedales. La tasa deforestación de las selvas bajas, pastizales y manglares es persistente y continua en todo el periodo de análisis. La mayor tasa de deforestación (-21.63 %) fueron las selvas bajas. Los manglares disminuyeron 51 ha del 2000 al 2019, con una tasa de deforestación de -0.11 %. La clase que represento el 49 % de los cambios fueron la agricultura, aumentando 460 ha. En tanto al establecimiento de nuevos asentamientos humanos, se incrementó la mancha urbana a 30 ha. El aumento de las áreas agrícolas fue de 24 ha por año. Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó altas tasas de cambio de los manglares dentro del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

Tabla 13. Tasas de cambio de uso de suelo en el estero Chocohuital 2000-2019.

Clase	2000 (Ha)	2019 (Ha)	Cambio neto	Pérdida anual (Ha)	Tasa de cambio %
Agricultura	1,019	1,479	460	24	1.98
Agua	1,529	1,459	-70	-4	-0.25
Asentamiento	14	30	16	0.84	4.09
Humedal	653	1,104	451	24	2.80
Manglar	2,579	2,528	-51	-3	-0.11
Pastizal	1,491	1,397	-94	-5	-0.34
Selva	719	7	-712	-37	-21.63

### 6.1.2.7 Dinámica de probabilidad de cambio

#### Periodo 2000-2019

En la Figura 16 se muestra la dinámica de la probabilidad de cambio entre las clases durante 2000-2019. Hay tres subgrupos de clases: 1. Selva-manglar-humedal-agricultura; 2. Manglares-cuerpos de agua-humedales; 3. Agricultura-pastizales-humedales-asentamientos humanos. La dinámica de desplazamiento de áreas boscosas, como selvas, humedales y manglares hacia la agricultura, pastizales y finalmente, nuevos asentamientos humanos. La proximidad entre manglares, agua y humedales indica una fuerte dinámica entre los ecosistemas costeros de transición y una fuerte dependencia de la influencia del agua para su conectividad y buen funcionamiento. Los manglares tienen un 0,07 de cambio de convertirse en nuevos asentamientos humanos, un 0,34 de disminuidos a humedales y un 0,01 de ser deforestados para la agricultura. Los humedales tienen una probabilidad de 0,14 de convertirse en urbanos y las selvas tienen una probabilidad de 0,12 de convertirse en agrícolas. Las áreas de pastizales tienen 0.22 para transición a nuevos asentamientos humanos. Lo más preocupante son las altas transiciones del manglar a nuevos asentamientos humanos, que impiden su restauración. También hay indicios de erosión del suelo.

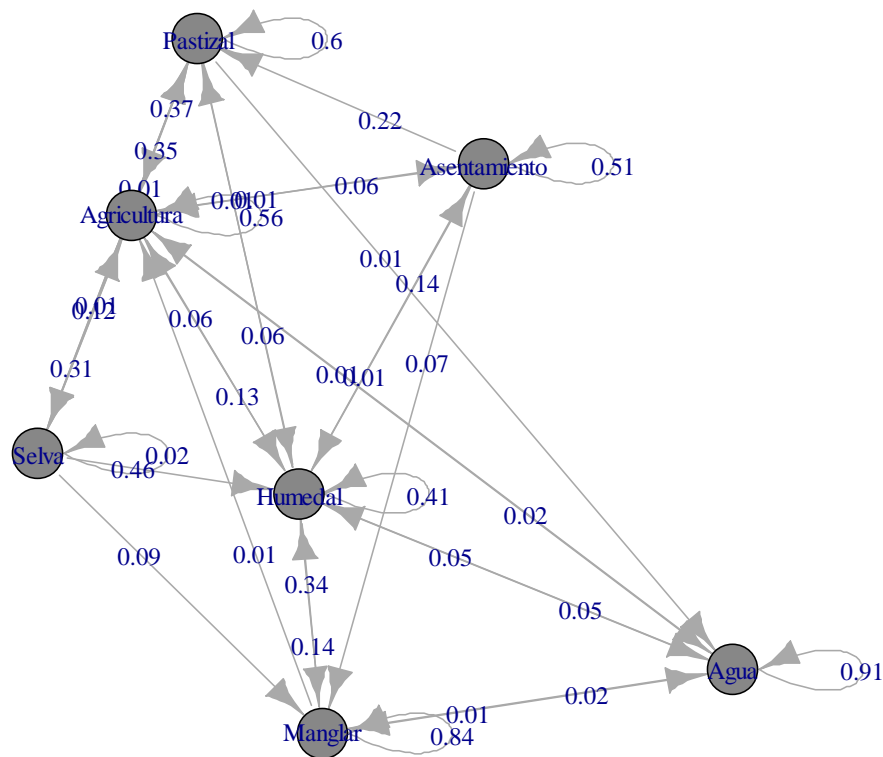


Figura 16. Dinámica de probabilidad de transición entre clases de uso de suelo del Estero Chochohuita, durante 2000-2019.

## 6.2 Escenarios futuros

### 6.2.1 Mapas de procesos de cambios

La magnitud de los procesos de cambio de uso de suelo en el Estero Chocohuital, se presenta en la Figura 17. Los resultados se obtuvieron de la sobre posición de los mapas del años 2002 y 2017. En el mapa se observó que el predomina la deforestación de selvas bajas hacia pastizales. En la zona de estudio prevalece la fragmentación en parches más pequeños, que se considera muy frecuente en zonas tropicales. Predomina el establecimiento de nuevos asentamientos humanos, el incremento de zonas de cultivos y la creación de granjas camaronícolas.

La fragmentación de grandes áreas, pero de baja frecuencia, puede ser un indicador para identificar la importancia y las causas de los procesos de cambios. Se identificó la modificación del estero Chocohuital, el incremento en la desembocadura del estero con el mar, se crea una intrusión salina, que modifica las condiciones óptimas para el establecimiento del manglar.

Los pastizales inducidos en la planicie costera son el resultado de la deforestación de las selvas bajas originarias de la zona. Este proceso de deforestación implica la desaparición de especies forestales y la incorporación de gramíneas y monocultivos. Esta transición disminuye drásticamente la diversidad vegetal y animal y pone en riesgo la conectividad con los ecosistemas costeros continuos.

Por otro lado el proceso de deforestación de selvas bajas para su conversión en campos de cultivo de temporal, es característico de zonas mesoamericanas. Estas culturas realizan la tala y quema de selvas para incorporar policultivos de subsistencia, al paso de unos años las tierras bajan su productividad y se dejan de cultivar.

Los procesos de cambio de uso de suelo también afectan áreas forestales el límite de la Reserva de la biosfera la Encrucijada. Los impactos más importantes se distribuyen dentro de la Reserva, y se acentúa en las periferias de los asentamientos humanos. En estas zonas es más notable el avance de la frontera agrícola para satisfacer las crecientes demandas de los pobladores.

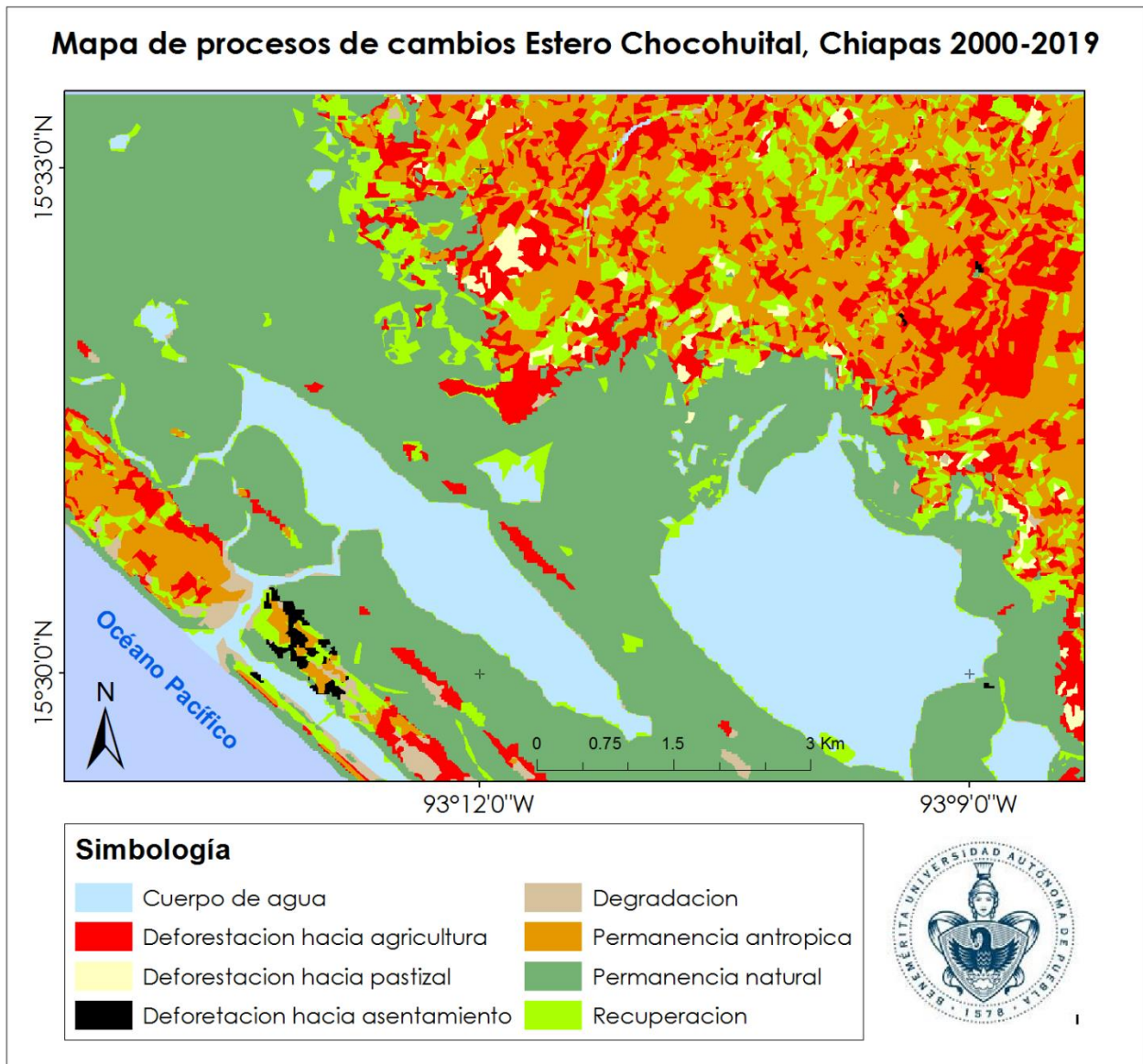


Figura 17. Mapa de procesos de cambios 2000 al 2019 del Estero Chocohuital

### 6.2.2 Escenarios futuros de deforestación

En el programa R con la paquetería Markov Chain se obtuvieron los estimadores de máxima verosimilitud, los estimadores Bootstrap y los Intervalos de confianza para la matriz de transición obtenida de las imágenes satélites del periodo 2000-2019.

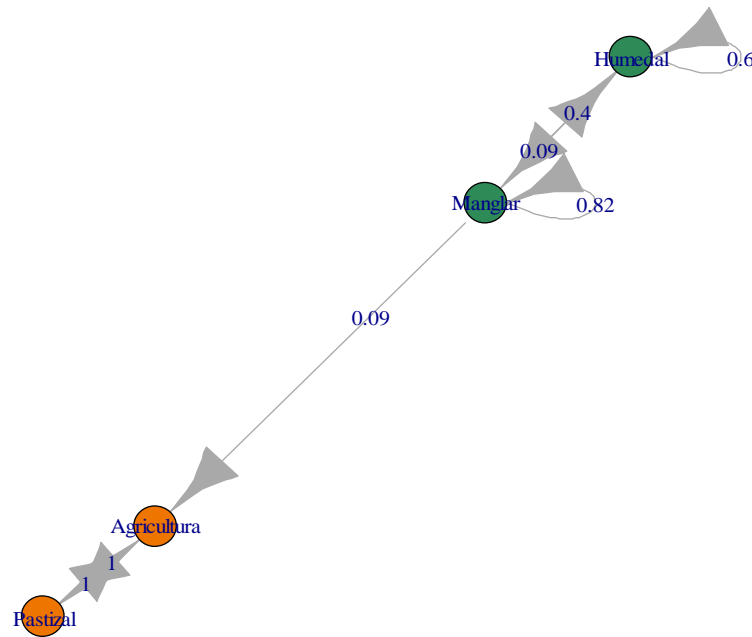


Figura 18. Predicciones futuras de probabilidad de transición entre clases de uso de suelo del Estero Chocohuital

La Figura 18 muestra el gráfico de las predicciones para el Estero Chocohuital (Cigarroa Alonso et al., 2023). El diagrama indica una alta probabilidad de mantener la agricultura (1) y los pastizales (1) en el futuro. En comparación, el manglar tiene una probabilidad de 0.4 de convertirse en humedal o manglar en descomposición. Los manglares tienen 0.09 de probabilidad de transición de agricultura y los humedales 0.09 de probabilidad de ser manglar. Áreas de pastizales probablemente serán destinadas a agricultura. De continuar las mismas tendencias de cambio de uso del suelo, en unos años se eliminarán los manglares y se degradarán y contaminarán los humedales. Habrá extensas áreas de pastos y agricultura de temporal donde antes había selvas bajas. Los centros urbanos serán más grandes, alrededor de los cultivos.

## 6.3 Servicios ecosistémicos

### 6.3.1 Percepción comunitaria

#### Observación Participante

Con el objetivo de establecer contacto con la comunidad, conocer la cultura y la organización social se realizaron visitas periódicas al Estero Chocohuital. Es fundamental divulgar la importancia que tiene el ecosistema de manglar para diversas especies de flora y fauna, además de crear un uso racional de los recursos. Por ello la educación ambiental es necesaria para ayudar a fomentar el cuidado y protección del manglar. Con las visitas periódicas se pudo saber que la mayoría de los habitantes de la comunidad no cuentan con los conocimientos mínimos necesarios para poder cuidar de su entorno. Por lo cual atender con pláticas sobre educación ambiental en las escuelas sería una herramienta para atender los principales problemas ambientales de la comunidad. La principal actividad económica es la ganadería, seguido del comercio y la pesca. El 90% de los hogares utilizan el fogón para preparar sus alimentos, donde se emplea el mangle como suministro para el fuego. Las viviendas que tienen galeras están construidas con madera de mangle rojo (Figura 19). El principal problema en tema ambiental es la basura, no tienen un relleno sanitario y tampoco disponen del servicio de recolección de desechos, como consecuencia no tienen un buen manejo de los residuos y realizan la quema a cielo abierto (Figura 20).



Figura 19. Asentamientos humanos en orillas del Estero Chocohuital



Figura 20. Manglar contaminado

Los manglares que se encuentran en la comunidad de El Carmen son vulnerables ante el avance de la frontera agrícola, en especial por el cultivo de la palma de aceite (Figuras 21 y 22). Además, de la sobreexplotación de recursos, la tala ilegal y la contaminación. Para prevenir el deterioro es imperativo que los habitantes tengan conocimiento de las consecuencias de sus actos ante el medio ambiente. Para conseguir un cambio es necesaria la educación ambiental desde los primeros años de vida y continuar la formación en la escuela. Se deben brindar alternativas de manejo para minimizar los efectos adversos de las actividades cotidianas, con el objetivo de que el aprovechamiento del manglar sea adecuado y permita su conservación.



Figura 21. Manglar en buen estado de conservación

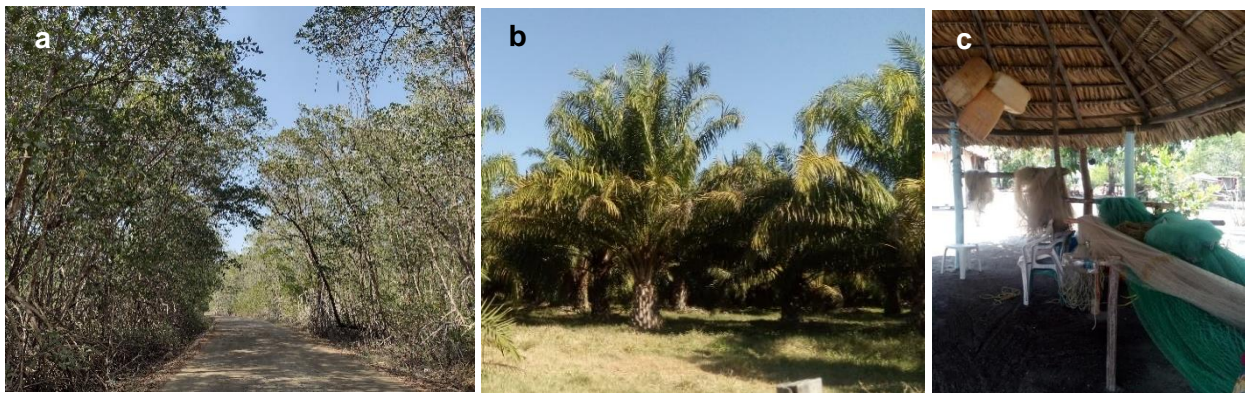


Figura 22. Amenazas del manglar

### Encuestas de Valoración de Servicios Ecosistémicos

Se aplicaron encuestas de valoración de los servicios ecosistémicos que proveen los manglares y se obtuvieron entrevistas con informantes claves, un ganadero, una ama de casa y el comisariado ejidal (Figura 23). La encuesta incluía servicios ecosistémicos de tipo cultural, de aprovechamiento, de regulación y de sostenimiento. Al aplicar la encuesta primero se les preguntaba si conocían el servicio o no, y de ahí se les decía un enunciado explicando el tipo de servicio y ellos indicaban en una escala la importancia del servicio.

Los principales resultados (Tabla 14) indican que desconocen el nombre correcto del servicio ecosistémico que provee el manglar, pero si identifican los beneficios. El ganadero dio mayor importancia a los servicios de regulación seguido de los de aprovechamiento. El ama de casa identificó con mayor importancia los servicios de aprovechamiento después los culturales. El Comisariado ejidal si logró identificar al menos un servicio de cada categoría y consideró que los de mayor importancia fueron los culturales, de aprovechamiento y de regulación.



Figura 23. Aplicación de encuestas de valoración de servicios ecosistémicos

Tabla 14. Encuesta de valoración de servicios ecosistémicos

Servicio ecosistémico	Descripción	Comisariado	Ganadero	Ama de casa
		Importancia		
Regulación	Almacenamiento y retención de agua	1	1	1
	Amortiguación de calentamiento global			
	Control biológico			
	Control de erosión y retención de sedimentos	1	1	
	Disipador de materia y energía			
	Formación de suelo	1	2	1
	Polinización		1	
	Protección de la costa contra fenómenos extremos	1		
	Reciclaje de nutrientes	1		
	Reducción / Producción de gases			
	Regulación de la biodiversidad			
	Regulación del clima			
	Regulación hidrológica			
Sostenimiento	Producción de alimento	1	1	2

	Producción primaria			
	Recursos genéticos			
	Refugio	1	1	
Culturales	Ciencia y educación ambiental			
	Espiritual y Religioso			
	Inspiración para cultura y arte	2		2
	Paisaje / Estético			
	Recreación / Turismo	1		2
Aprovechamiento	Agua	1	1	1
	Aire puro	1		1
	Alimento	1	1	1
	Combustibles	1	1	1
	Materia prima		1	1
	Productos bioquímicos, medicinas naturales			1
	Recursos medicinales			1

### Entrevistas semi- estructuradas de Percepción Comunitaria

Se elaboró la entrevista de percepción comunitaria (Anexo 3), que fue dividida en 4 apartados: percepción del manglar y servicios ecosistémicos que provee; actividades económicas; tradiciones y costumbres y acciones para manejo y conservación del manglar. Debido a las condiciones de la pandemia por COVID-19, las entrevistas se aplicaron al Comisariado Ejidal, a un ganadero y dos amas de casas. Los principales resultados se muestran en la Figura 24.

#### Percepción del manglar

- Detectan deterioro en paisaje (antes/ahora)
- Amenazas al manglar tala ilegal y contaminación
- Aumento nivel del mar
- Protección del viento y altas mareas

#### Actividades económicas

- 250 ejidatarios campesinos algunos pescadores
- Uso de "palo blanco" mangle blanco para cercas de parcelas, recambio anual
- Corteza de mangle rojo para tratar diarrea
- Es muy difícil cambiar de trabajo

#### Tradiciones y costumbres

- Alto grado de migración y pérdida de empleos
- Festejan la feria a la Virgen del Carmen el 16 de julio
- Consumo de mariscos 2 a 3 veces por semana
- Relizan anual el evento del recorrido a la Isla de Martinica para avistamiento de aves migratorias

#### Acciones de manejo y conservación

- Campañas esporádicas de limpieza del estero organizadas por el Ayuntamiento
- No reconocen instituciones de protección al ambiente
- No se han realizado eventos para conservar el manglar

Figura 24. Resultados percepción comunitaria

### 6.3.2 Conciencia Ambiental

La población de objeto de estudio fue el total de 60 alumnos matriculados en el Telebachillerato No. 11 “Manuel Velasco Suarez” de la comunidad “El Carmen”. Pertenece a educación media superior Bachillerato general y es de control público estatal.

Los cuestionarios se aplicaron en el mes de mayo de 2019 (Figura 25), procurando la presencia de la mayoría de los alumnos del tercer grado. Se distribuyeron individualmente en aulas del propio telebachillerato. En todas las aulas se explicaba previamente a los alumnos el motivo del estudio y se solicitaba su colaboración de forma anónima.



Figura 25. Aplicación de cuestionario en Telebachillerato Manuel Velasco Suarez

En los resultados los alumnos indican que si reciben información sobre medio ambiente en clases, y que se desarrollan actividades ambientales en la escuela y se consideran regularmente informados en temas ambientales. Dentro de una lista de problemas sugeridas (Figuras 26 y 27), ellos manifiestan que los problemas que más les preocupan son el medio ambiente, la salud, la seguridad ciudadana y la agricultura. El 97% desconoce alguna institución, organización o persona encargada un cargo público que protejan al medio ambiente y la gran mayoría desconoce por completo de la Agenda 2030 y los objetivos para cumplir dichas mentas. El 46% considera que sus actividades cotidianas afectan un poco al medio ambiente, un 24% que de forma regular y un 16% que si afecta mucho al ambiente.

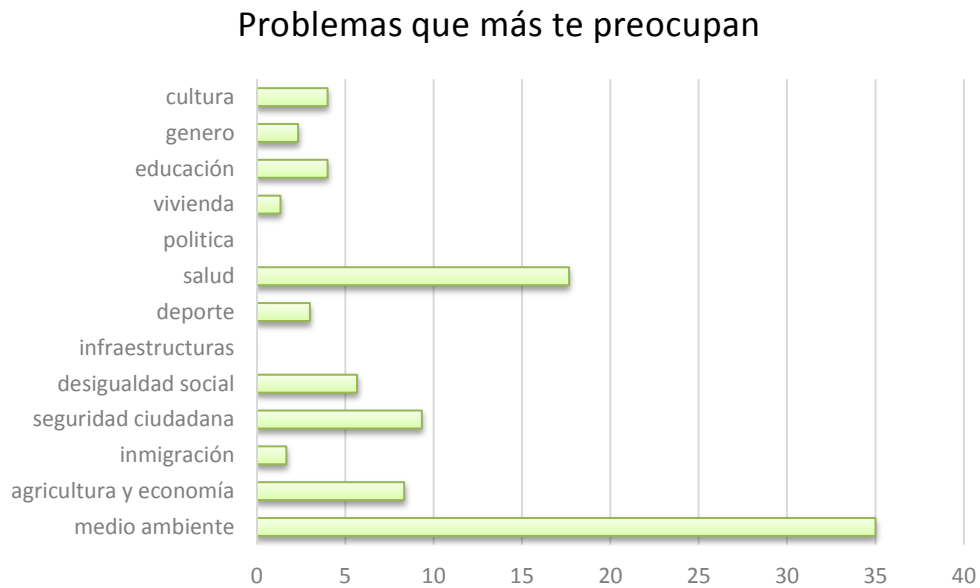


Figura 26. Grafica de los problemas que más les preocupan a los estudiantes

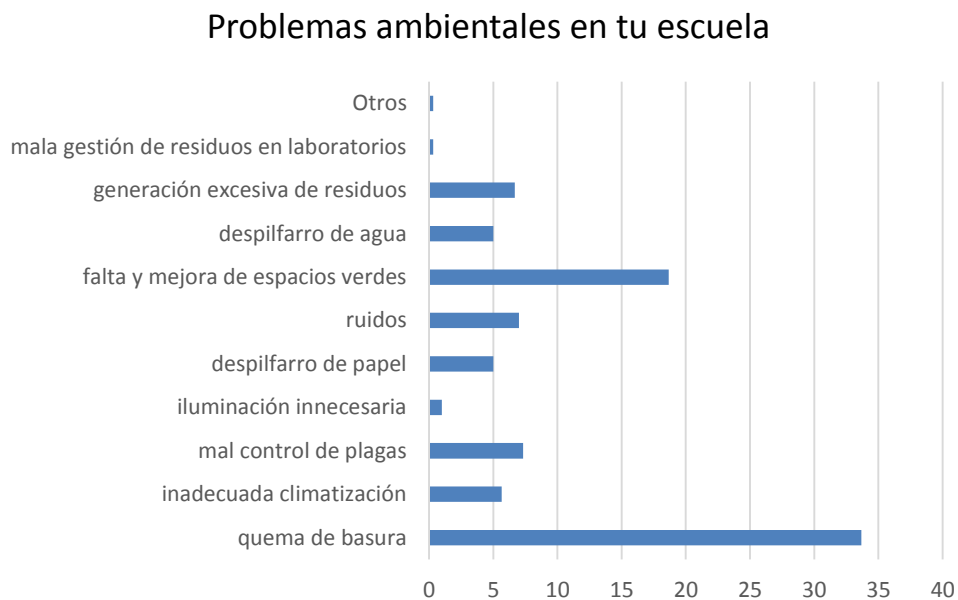


Figura 27. Gráfica de problemas ambientales en la escuela

Los problemas ambientales más importantes en su escuela son la quemado de basura, la falta y mejora de espacios verdes, mal control de plagas y la generación excesiva de residuos. El 51% de los estudiantes llegan a la escuela en motocicleta, pese a ser una colonia ejidal muy pequeña, el resto llega andando. La razón principal para usar la motocicleta es el poco tiempo que requieren para llegar. El 43% usan las hojas por ambos lados siempre o casi siempre. El 40% de los chicos consideran recibir información ambiental en cursos, pláticas y películas, un 25% indican

interesante informarse con folletos y carteles y un 25% en las propias asignaturas. Lo interesante fue que el 47% indican que, aunque no participan en campañas ambientales están dispuestos a colaborar.

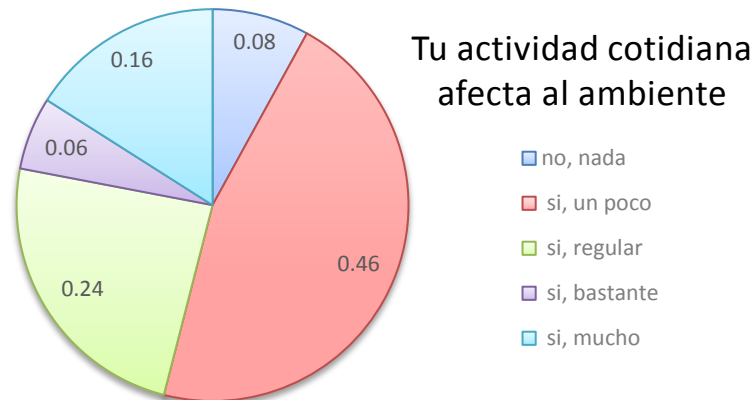


Figura 28. Grafica actividades cotidianas que afectan al ambiente

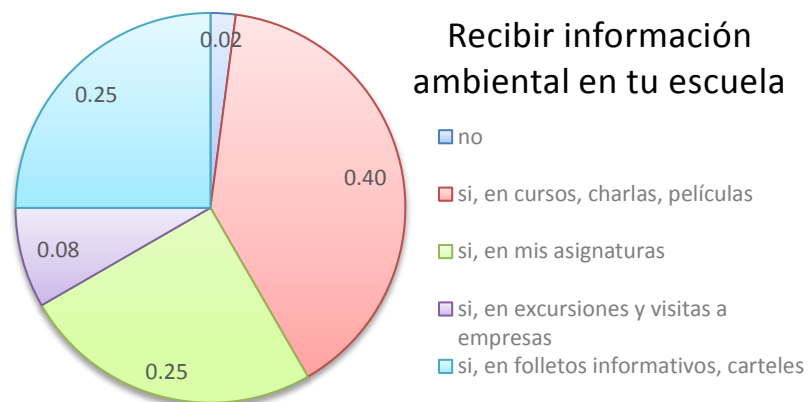


Figura 29. Grafica medios para recibir información ambiental en la escuela

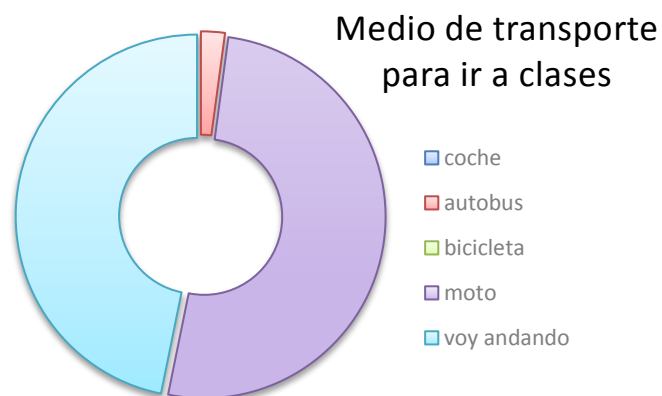


Figura 30. Medios de transporte usados para ir a clases



Figura 31. Instalaciones del Tebachelorato Manuel Velasco.  
(a) Biblioteca (b) Áreas verdes (c) Aulas



Figura 32. Problemas ambientales del Tebachelorato Manuel Velasco

La dimensión afectiva (Tabla 15) distingue dos facetas: se considera la sensibilidad ambiental o la receptibilidad hacia los problemas ambientales, vistos como el grado de preocupación y prioridad; y la incorporación de valores proambientales, permite observar como las personas perciben la realidad ecológica. En cuanto a las perspectivas sobre la problemática ambiental, se elaboro una escala de tipo likert que midiera el grado de apego a valores proambienteales a partir del grado de acuerdo o desacuerdo con algunas afirmaciones. Se les indicó el grado de acuerdo en: De acuerdo, Indiferente, en desacuerdo y muy de acuerdo. Los alumnos indican posiciones de acuerdo con afirmaciones proambientales como no proambientales.

Tabla 15. Afirmaciones para determinar la Conciencia Ambiental

<b>Afirmación</b>	<b>Grado de acuerdo</b>
El ingenio humano asegurará que no hagamos de la Tierra un lugar inhabitable	Indiferente
Estamos muy cerca del número límite de personas que la Tierra puede soportar	Indiferente
Estamos sujetos a las leyes de la naturaleza	De acuerdo
Las plantas y animales tienen igual derecho a existir	Muy de Acuerdo
El hombre modifica el ambiente a sus necesidades	Indiferente
El hombre será capaz de controlar la naturaleza	Indiferente
La Tierra tiene recursos naturales en abundancia	En desacuerdo
Pronto tendremos una catástrofe ecológica	De acuerdo
El equilibrio de la naturaleza es delicado y alterable	De acuerdo
Es exagerada la idea de crisis ecológica	De acuerdo
El ser humano abusa del ambiente	Muy de acuerdo
La naturaleza soporta bien el impacto de países industrializados	Indiferente
El desarrollo sostenible requiere una economía equilibrada	Indiferente
La Tierra tiene recursos y espacio limitados	Indiferente
Cuando el humano interfiere en la naturaleza causa desastres	De acuerdo
El humano fue creado para dominar el resto de la naturaleza	En desacuerdo

El carácter complejo y multidimensional de la Conciencia Ambiental brinda información del alumno para adquirir competencias y lograr una acción proambiental. Es de suma importancia que los alumnos sean conscientes de las implicaciones y efectos de sus acciones en el medio ambiente. Por ello se busca fortalecer la Conciencia Ambiental de los alumnos mediante programas de educación ambiental en las escuelas y fomentar campañas colectivas que involucren a toda la comunidad.

Es tarea prioritaria realizar una campaña de educación ambiental a nivel medio superior para mejorar las prácticas de clasificación, disposición y tratamiento de residuos sólidos. Se determinó que la mayoría de los alumnos están dispuestos a actuar con criterios ecológicos y asumir los posibles costos para mejorar su entorno. Un 97% de los alumnos consideran importante tener un sistema de recolección de basura y disposición final de los residuos en un relleno sanitario. El 80% coincide en la mejora de áreas verdes para tener una mejor salud. Se deben atender áreas de oportunidades para el reúso de residuos reciclables y así reducir la contaminación.

### 6.3.2.1 Confiabilidad y Validación del instrumento

Algunos de los métodos estadísticos en la medición de instrumentos son el análisis factorial y la Teoría de Respuesta el Ítem (IRT).

#### Subescala Dimensión Cognitiva

Del cuestionario de Conciencia Ambiental, la dimensión cognitiva involucra dos variables y 4 indicadores (Tabla 16).

Tabla 16. Variables e Indicadores de la Dimensión Cognitiva de la Conciencia Ambiental

Dimensión	Variables	Indicadores	Ítem	Fórmula
Cognitiva	A. Información	1. Índice de recepción de información ambiental	1	Se contabiliza el número de fuentes de información ambiental
		2. Grado en que se considera informado sobre asuntos ambientales en su escuela	2	Valoración escalar
	B. Conocimiento específico	4. Conocimiento de Agenda 2030	4	Valoración escalar
		3. Conocimiento de Instituciones de protección ambiental	3	Valoración escalar

Para el análisis en R con el paquete ltm se consideró la dimensión cognitiva con respuestas escalar.

Cognitiva				
Pregunta	1	2	3	4
Respuesta	1 al 6	1 al 5	1,0	1 al 3

#### Criterio 1: Verificación de los supuestos del modelo

##### a) Unidimensionalidad

De la dimensión cognitiva se obtuvieron 4 preguntas y se extrajeron los valores y vectores de la matriz de correlación (Tabla 17). Se observa que el primer factor, corresponde a la pregunta 1 y logra explicar el 44% de todo el fenómeno. El segundo factor (F2) corresponde a la pregunta 2. En los auto valores se determina que las cuatro preguntas son importantes en el Componente F1, ya que todos los coeficientes de la combinación lineal son altos y similares. Por lo tanto al tener valores altos en los componentes principales es un indicador que existe unidimensionalidad en la subescala cognitiva del test.

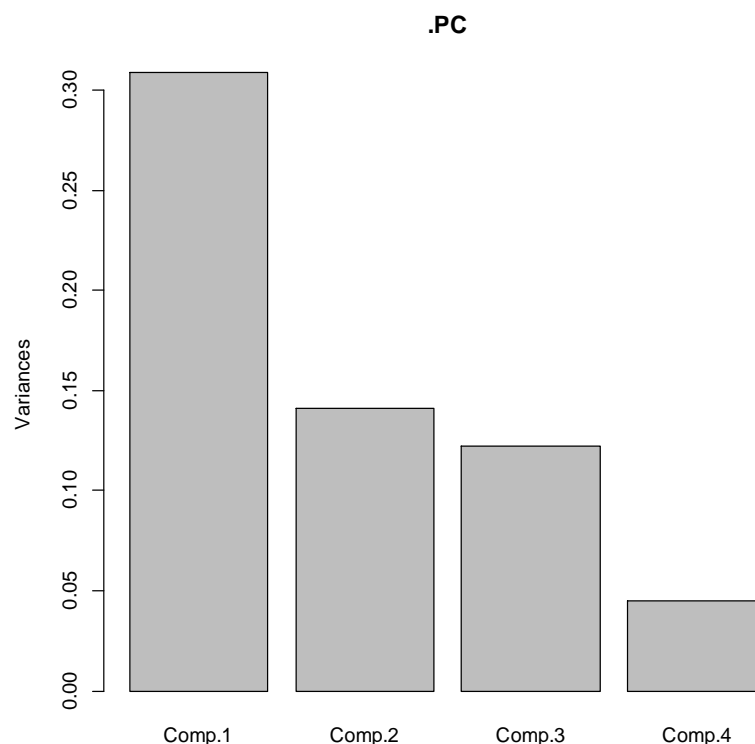


Figura 33. Grafica de componentes principales de la dimensión cognitiva

Tabla 17. Autovalores y auto vectores de la matriz de correlación

<b>Valores Propios</b>	<b>1.5395</b>	<b>1.1039</b>	<b>0.7358</b>	<b>0.6206</b>
<b>Proporción</b>	0.3848	0.2759	0.1839	0.1551
<b>Proporción Acumulada</b>	0.3848	0.6608	0.8448	1.000
<b>Ítem</b>	F1	F2		
<b>P1</b>	0.5445	0.3386		
<b>P2</b>	0.5382	-0.4110		
<b>P3</b>	0.0447	0.8463		
<b>P4</b>	0.6416	-0.0013		

#### b) Igualdad de discriminación

La igualdad de discriminación está indicada por la correlación entre el ítem  $i$  y el puntaje total del instrumento. La correlación biserial puntual ( $r_{pbi}$ ) de la subescala de la dimensión cognitiva se indica en la Tabla 18. El puntaje total mide una escala de intervalo y el ítem es una variable dicotómica. Los resultados indican que los coeficientes de correlación biserial puntual de cada ítem con la puntuación total no son iguales. A mayor valor de la correlación biserial puntual mayor grado de discriminación. El ítem P1 presenta 0.763 y el P3 0.736 son los valores más altos, por tanto son los que mejor discriminan. El supuesto de consideración independiente en todos los ítems con el mismo nivel de discriminación en los modelos Rasch es incierto en este caso.

Tabla 18. Coeficiente de correlación biserial puntual de cada ítem

	Incluido	Excluido
P1	0.7630	0.4186
P2	0.6079	0.3219
P3	0.7369	0.4419
P4	0.5038	0.2750

### Coeficiente de Alpha de Cronbach

Se obtuvo un valor de 0.4505 para el coeficiente de confiabilidad de Alpha de Cronbach, y se considera aceptable. La exclusión de la pregunta P3 haría ascender este coeficiente. Sin embargo, la eliminación de las preguntas P1, P2 y P4 haría descender la confiabilidad.

Tabla 19. Alpha de Cronbach

	Valor
All Items	0.4505
Excluding P1	0.3031
Excluding P2	0.3798
Excluding P3	0.5249
Excluding P4	0.1909

### Asociaciones por pareja de ítems

Cuando el valor de p es alto se acepta que la hipótesis nula plantea que las asociaciones de parejas de ítems no están asociadas y existe una relación no significativa. Los resultados indican de las parejas de ítems P1-P4 Y P2-P4 tienen valores de p bajos 0.03 y 0.02, por lo tanto rechazan la hipótesis nula y se relacionan. Se entiende que las preguntas indican la habilidad del alumno para responder correctamente al ítem.

Tabla 20. Parejas de asociaciones de ítems

	Item i	Item J	p. Value
1	3	4	1.00
2	2	3	0.61
3	1	3	0.59
4	1	2	0.32
5	1	4	0.03
6	2	4	0.02

## Criterio 2. Características esperadas del modelo

### Modelo de Rasch

El parámetro estimado para cada ítem según el modelo de Rasch se indica en la Tabla 21. El modelo de Rasch es el parámetro de discriminación de todos los ítems. El modelo toma valor de 1. El ítem con menor dificultad es P4 y el más difícil es P1. Se utilizó el método de Bootstrap para comprobar si el modelo se ajusta a los datos. El valor de la estadística observada es 13.07 evaluado para 200 conjuntos de datos. Con estos datos se indica que el modelo no se ajusta a los datos ya que el valor de p es 0.28. Por tanto no se rechaza la hipótesis nula de que el modelo no se ajusta.

Tabla 21. Parámetro b en el modelo Rasch

Resumen del Modelo Rasch			
	log. Lik	AIC	BIC
	-182.5404	373.0807	383.5806
	Coeficientes		
	Valor	Error estándar	Valor Z
Dificultad P1	0.5422	0.2457	2.2068
Dificultad P2	-2.1086	0.3184	-6.6229
Dificultad P3	-1.4312	0.2749	-5.2065
Dificultad P4	-2.9015	0.4025	-7.2089
Discriminación	1	NA	NA

El parámetro estimado para cada ítem según el modelo 1PLM se indica en la Tabla 22. Similar al caso anterior se presenta la salida del programa ltm. En el modelo 1PLM el parámetro de discriminación para todos los elementos es 2.0188. Análogo a lo reportado en el modelo de Rasch, el ítem de menor dificultad es P4 y el de mayor dificultad es P1. Los dos criterios de selección del modelo AIC y BIC son más bajos en el modelo 1PLM que en el modelo Rasch. Determinando que el modelo 1PLM se ajusta mejor a los datos. En ambos modelos se obtienen resultados similares en cuanto a que la pregunta más importante es P1 y P4 la menos importante para la subescala cognitiva.

Tabla 22. Parámetro b en el modelo 1PLM

Estimación de Modelos de Paneles Lineales			
	Log Lik	AIC	BIC
	-177.5312	365.0623	378.1872
	Coeficientes		
	Valor	Error estándar	Valor z
Dificultad P1	0.3563	0.1702	2.0935
Dificultad P1	-1.3903	0.2424	-5.7359
Dificultad P1	-0.9583	0.1993	-4.8092
Discriminación	-1.8778	0.3117	-6.0236

### Comparación de los modelos usando Anova

Se utilizó la función `anova` para determinar cuál es el modelo que mejor se ajusta a los datos. Los resultados obtenidos al contrastar ambos modelos se muestran en la Tabla 23. Se consideró como hipótesis nula que el modelo que mejor se ajusta a los datos es el que tiene menor número de parámetros. Al evaluar el valor de la prueba de razón de verosimilitud (LRT) y el valor de  $p$ , la hipótesis nula puede rechazarse y considerar la hipótesis alternativa. Se concluye que el modelo 1PLM se ajusta mejor los datos, lo que coincide con el análisis de los criterios AIC y BIC anteriormente descritos.

Tabla 23. Comparación entre modelo Rasch y 1PLM

	Verosimilitud					
	AIC	BIC	Lo. Lik	LRT	Df	p. value
Rasch	373.08	383.58	-182.54			
1PLM	365.06	378.19	-177.53	10.02	1	0.002

### Criterio 3. Modelo de predicciones de los resultados reales de las pruebas

Las estimaciones del parámetro Factor-Scores para los patrones de respuesta observados en el modelo 1PLM se indican en la Tabla 24. Se utilizó el método empírico Bayesiano para determinar las estimaciones.

Tabla 24. Puntuaciones factoriales para los patrones de respuesta observada

	P1	P2	P3	P4	Obs	Exp	z1	se. z1
1	0	0	0	0	2	3.066	-1.871	0.546
2	0	0	0	1	6	5.147	-1.317	0.514
3	0	0	1	1	6	4.511	-0.762	0.544
4	0	1	0	0	3	1.924	-1.317	0.514
5	0	1	0	1	11	10.789	-0.762	0.544
6	0	1	1	0	3	1.686	-0.762	0.544
7	0	1	1	1	31	33.980	-0.092	0.607
8	1	0	1	1	1	1.000	-0.092	0.607
9	1	1	0	1	2	2.391	-0.092	0.607
10	1	1	1	1	37	35.785	0.739	0.693

### Curvas Características del Ítem (ICC), Curvas de información del Ítem y del test

Una parte fundamental para determinar la validez del instrumento mediante la aplicación del TRI es la interpretación de las Curvas características del ítem, las curvas de información del ítem y la Información del test. En la figura 34 se muestran dichas curvas características. La Curva Característica del Ítem (ICC) demuestra que el ítem P1 está situado más a la derecha del gráfico, lo que indica que esa pregunta es de mayor grado de dificultad y se considera como la pregunta más importante de toda la dimensión cognitiva. En orden de mayor a menor importancia las preguntas querían ordenadas así P4, P2 y P3.

La pregunta P1 es la que brinda la mayor información sobre la conciencia ambiental, y la información de los restantes ítem siguen el mismo comportamiento de ICC.

De acuerdo con la Curva de la prueba de Información observamos que los ítems presentados a los alumnos brindan información para los individuos con alta habilidad de conciencia ambiental en un rango de media y alta.

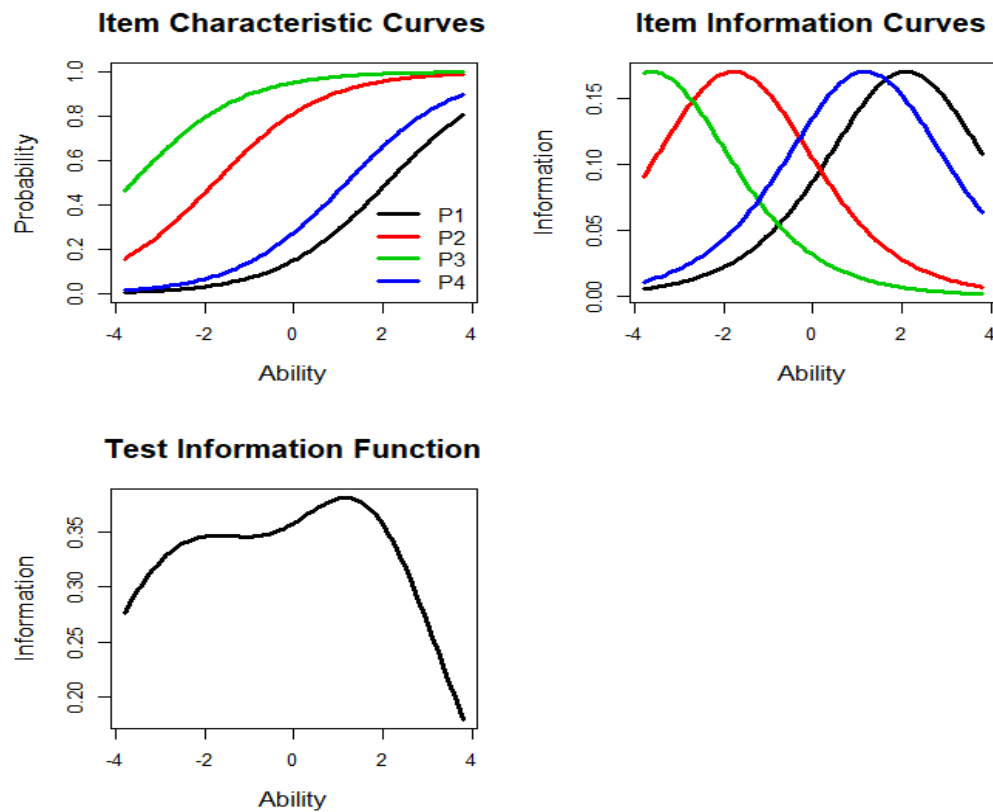


Figura 34. Gráficos de las curvas características de los ítems (ICC), las curvas de información del ítem y de la prueba.

## VII.DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación se obtuvieron del análisis de imágenes Landsat para determinar el cambio de uso de suelo y las tasas de deforestación del 2000 al 2019. La metodología de Cadenas de Markov nos permitió determinar escenarios futuros de deforestación para los manglares en Chiapas.

### Procesos de cambio de uso de suelo

La fragmentación de grandes áreas, pero la baja frecuencia puede indicar la importancia y las causas de los procesos de cambio de uso de suelo. Se identificó la modificación del estero Chocohuital, el cierre del canal para desviar el caudal de agua, lo que provocó la pérdida del manglar. Los cambios en el caudal de los ríos y el uso del suelo provocan efectos negativos (erosión) y positivos (acumulación de sedimentos, recolonización) en los manglares (Godoy et al., 2018). En la temporada de lluvias, la calidad del agua en ambientes costeros puede disminuir (Girardi et al., 2016). Se debe frenar la reducción de la línea de costa para reducir el riesgo de fenómenos meteorológicos extremos (Mendoza et al., 2010).

Nuestra investigación determinó un aumento de asentamientos humanos en áreas donde antes existían manglares. Este cambio supone un doble riesgo, pérdida de espacios naturales y altas posibilidades de inundación para la población asentada en esa zona. Las inundaciones recurrentes son el resultado de la pérdida de humedales y el cambio de uso a áreas residenciales (Palomeque et al., 2019). La expansión urbana no planificada en áreas no aptas para vivienda, como pendientes pronunciadas o cauces de ríos, aumenta el riesgo de la población ante fenómenos naturales (Rosete Vergés et al., 2008).

Es evidente la falta de análisis que consideren etapas multitemporales para definir el tiempo de sucesión de la vegetación en las ANP. Es importante continuar con la evaluación y seguimiento de los patrones de cambio de uso de suelo en las ANP mexicanas (Sánchez et al., 2017). En los estudios regionales es necesario identificar las principales fuentes de cambio para predecir la dirección del cambio y promover la conservación (Velázquez et al., 2002).

### Clasificación del uso del suelo

Varios estudios han reportado la urgente necesidad de adquirir información espacial confiable, precisa y actualizada sobre la cobertura del suelo y la magnitud de su cambio para el uso sostenible de los recursos (Bozkaya et al., 2015). Se ha demostrado que la integración de la teledetección y los SIG mejora la precisión de la modelización espacial del cambio de uso de la tierra (Pourebrahim et al., 2015; Valdez et al., 2019). La detección de cambios es importante para comprender el estado actual del uso de la tierra, el patrón de cambio y las presiones sobre el ecosistema de manglares. Se reconoce el uso de imágenes Landsat multitemporales para crear mapas de cambio de uso de suelo en ecosistemas de manglares (Kanniah et al., 2015; Maryantika & Lin, 2017). El enfoque basado en el análisis de imágenes Landsat para el mapeo de manglares y la detección de cambios puede proporcionar información cuantitativa a largo plazo para la gestión costera. En general, los resultados de la clasificación son buenos si tienen un valor de precisión global superior al 60 % (Supriatna et al., 2018). La evaluación de la precisión se determinó con un coeficiente Kappa de 0,95. Los avances en datos y técnicas de detección

favorecen el desarrollo de métodos novedosos para cartografiar los ecosistemas de manglares con mayor detalle.

### **Matriz de detección de cambios**

El avance de la frontera agrícola en el sureste mexicano implica la tendencia a reemplazar áreas de manglares y selvas bajas inundables por cultivos de palma aceitera. En México, se establecieron plantaciones de palma aceitera en el sureste y se espera que la tendencia continúe. El crecimiento de las plantaciones se debe al apoyo económico y no se acompaña de evaluaciones de impacto ambiental o socioeconómico (Hernández-Rojas et al., 2018). La expansión de la palma aceitera es una amenaza clave pero poco reconocida en Malasia e Indonesia (Richards & Friess, 2016). Se han introducido plantaciones de coco, palma aceitera en áreas de manglares en un área protegida de la provincia de Indonesia (Eddy et al., 2022).

Nuestra investigación concuerda con lo informado por Basyuni et al (2018), los principales impulsores de la deforestación de manglares son la acuicultura, el abandono de tierras y la palma aceitera. La fragmentación del bosque en parches más pequeños de bosque secundario es evidente. Un fenómeno observado en numerosos estudios resulta de la invasión y rebrote de arbustos por el abandono de las tierras de cultivo y la menor presión humana por la emigración a los centros urbanos (Wingate et al., 2022). Diferentes impulsores dan forma al paisaje biofísico y los servicios ecosistémicos y sus implicaciones para el bienestar de los residentes (Nicholls et al., 2016). Una de las consecuencias de deforestar el manglar es que se elimina la barrera natural contra la salinidad que ingresa al suelo destinado a la ganadería. Además, los cambios en la cobertura del suelo han modificado la temperatura de la superficie radiante, lo que justifica que el cambio de uso del suelo pueda alterar la temperatura de las zonas adyacentes

### **Tasas de cambio**

La extensión de los manglares ha disminuido en todo el planeta debido a los cambios en el uso del suelo, la sobreexplotación, la contaminación, las inundaciones, la erosión costera, los ciclones y la disminución de la disponibilidad de agua dulce. En las últimas décadas se ha perdido el 35% del área de manglares, pérdidas que superan las de los bosques tropicales y los arrecifes de coral (Valiela et al., 2001).

Existen pocos estudios para detectar cambios de uso de suelo en Áreas Naturales Protegidas en México. En 2017, la ANP Altas Cumbres determinó una notable expansión de las áreas urbanas y una importante disminución de los bosques templados y la vegetación tropical (Sánchez et al., 2017). Sin embargo, nuestros resultados coinciden con la deforestación en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas de 2006 a 2016 franjas ribereñas, la transición de pastizales a cultivos, lo que sugiere un cambio en las actividades económicas de la zona (Thaden et al., 2020). En la Reserva Chamela-Cuixmala, indicaron una desaceleración evidente y significativa en las tasas de cambio anual de las formaciones vegetales (Flores & Ortega, 2019).

Las tasas de deforestación reportadas aquí son como otras regiones críticas en México. Se consideran altos en comparación con el promedio nacional (Leija et al., 2020). Se reporta una intensificación (Morales et al., 2016) de la erosión costera y un incremento en los procesos de cambio en el 66% del litoral mexicano (Valderrama-Landeros et al., 2019). En Mahahual se determinó una tasa de deforestación de 0.85%, los principales agentes de deforestación están relacionados con las instalaciones turísticas, más que con

el crecimiento poblacional (Hirales et al., 2010). Yucatán y Campeche reportaron tasas de pérdida de cobertura forestal entre 0.6-0.8%. El cambio de uso de suelo para la ganadería es la causa directa de la deforestación en la Península y es promovido por programas e incentivos para el desarrollo ganadero como PROGAN (Ellis et al., 2017). Las políticas de planificación del uso de la tierra y las estrategias agrarias que promueven la conversión de la tierra, especialmente los manglares, para el desarrollo u otro beneficio financiero perturbarían el equilibrio ideal entre humanos y naturaleza (Sannigrahi et al., 2020).

Es importante homogeneizar criterios espaciales y temporales para que los análisis entre regiones sean compatibles entre sí. Para el estado de Chiapas se reportó una tasa de deforestación anual de 1.1% con base en el valor de cambio neto (Romero et al., 2013). Hay un proceso de cambio y reemplazo de cobertura y uso del suelo, el mayor crecimiento es la agricultura, incluyendo procesos dinámicos como la conversión a vegetación secundaria, en detrimento de los bosques y selvas (Morales et al., 2016). La tasa de deforestación puede deberse a la conversión de terrenos forestales a agricultura estacional, que cuando son improductivos dan paso a la expansión urbana (Valdez-Lazalde et al., 2011). Además, pocos estudios sugieren que la deforestación tropical esté asociada con la población y la pobreza (Singh et al., 2018).

El desarrollo turístico en áreas protegidas, particularmente en sitios Ramsar, implica cumplir con criterios para la protección de los bienes naturales, que se aplican en casos de contaminación o degradación de la naturaleza (Stojanović et al., 2018).

### **Dinámica de transición del uso del suelo**

Encontramos que la dinámica de cambio de uso de suelo en el área de estudio implica la deforestación de bosques y manglares para convertirlos en sitios agrícolas temporales o irrigados. Cuando son abandonados, se convierten en asentamientos humanos o áreas sin vegetación. Existen pocos estudios sobre el proceso de deforestación dentro de las Áreas Naturales Protegidas en México (Sánchez et al., 2017; Thaden et al., 2020). Las métricas de paisaje corroboran una disminución en la fragmentación y conectividad en la zona maya. Hubo una pérdida neta de bosques (-1.6%) asociada a pastos y agricultura comercial en Bacalar. Los cambios más intensos durante 2011-2018 se concentraron en la vegetación secundaria (Ellis et al., 2020).

Las transiciones entre categorías revelan una dinámica de perturbación-recuperación del bosque. Los factores demográficos a nivel municipal son los que más inciden en la pérdida de vegetación. La mayor pérdida se produce más cerca de las zonas agrícolas. Las áreas con alta fragilidad ecológica son aquellas con mayor susceptibilidad a ser deforestadas (Pineda et al., 2009). La pérdida de manglares y selvas bajas se debe a la conversión del suelo a la agricultura de regadío y temporal. Además, estas actividades generan residuos de agroquímicos que son vertidos en los esteros, aumentando su degradación (Quintero et al., 2021).

Nuestros hallazgos coinciden con lo reportado en India, Vietnam, Brasil, Honduras, áreas degradadas de manglares fueron convertidas en estanques de acuicultura (Chen et al., 2013; Godoy et al., 2018; Hauser et al., 2017; Rajitha et al., 2010). Las áreas agrícolas, los manglares densos y los cuerpos de agua indican tendencias decrecientes, mientras que las áreas de granjas y asentamientos acuícolas muestran tendencias crecientes. El continente americano y Asia son las zonas más afectadas de los ecosistemas de manglares (Grijalva et al., 2022). La rápida urbanización y el desarrollo del turismo en el

Caribe pueden disminuir la resiliencia de los ecosistemas a los factores estresantes ambientales y socavar la sostenibilidad del desarrollo turístico (Tuholske et al., 2017). En la costa del Pacífico norte y central de México, el 66 % de la pérdida de manglares se debió al establecimiento de estanques camaroneros (Adame et al., 2018).

Durante la investigación se determinó el uso del manglar con fines medicinales (R. mangle), construcción de palapas, postes, trampas para peces, muros y como leña para asar y ahumar pescado (*L. racemosa*). Estas actividades reflejan la degradación del manglar para otros usos, según lo informado por Rodríguez et al (2013).

### **Escenarios futuros de deforestación**

El estudio del cambio de uso del suelo permite comprender la historia, los cambios actuales y anticipar o planificar los posibles escenarios futuros de los patrones y procesos inherentes a la dinámica del paisaje (Thaden et al., 2020). Algunos trabajos proyectan el predominio de especies de manglares más tolerantes a la sal, lo que indica un ambiente más salino que representa una amenaza para el ecosistema y la economía de los habitantes locales (Mukhopadhyay et al., 2015). El manglar abierto es más susceptible al efecto de borde, haciéndolo inestable para otros tipos de usos del suelo.

La práctica de la acuicultura comercialmente valiosa ha desplazado las prácticas agrícolas nativas en la región. Los asentamientos humanos y la acuicultura son clases con un gran potencial de expansión en el futuro. La expansión de la acuicultura disminuye la calidad, densidad y condición de los manglares densos. En el delta indio de Sundarban, se desarrollaron cuatro escenarios para 2030 basados en consideraciones y argumentos de política local. Determinaron una expansión de la acuicultura de moderada a significativa para todos los escenarios. En 3 de 4 escenarios, indicaron una pérdida moderada de manglares. Observaron una disminución general del 0,31 % por año (DasGupta et al., 2019). Nuestros resultados están en línea con las predicciones esperadas para Bangladesh, las tierras agrícolas y los cuerpos de agua se reducirán, mientras que los asentamientos rurales y urbanos, así como las marismas, aumentarán (Hoque et al., 2020).

El uso de cadenas de Markov permite analizar la dinámica del cambio de uso del suelo y modelar escenarios futuros de deforestación. La integración de cadenas de Markov para determinar el cambio de uso del suelo y las proyecciones futuras es una herramienta precisa para simular la dinámica interna del paisaje y obtener probabilidades de cambio. Se estima que para el 2025 se habrán perdido 37,937 ha de bosques, 650 ha de bosques y 885 ha de manglares en la región costera de Oaxaca. En Villahermosa se proyecta una pérdida de 1171 ha de vegetación arbórea y 247 ha de humedales entre 2008 y 2030 (Palomeque et al., 2019). Es importante resaltar las limitaciones para validar modelos predictivos de cambio de uso de suelo. Por ejemplo, el cambio en las tecnologías utilizadas entre las dos fechas, además, no siempre se dispone de los mismos tipos de insumos. Comprender la dinámica de los manglares es importante para rastrear la efectividad de las prácticas actuales de uso de la tierra, los regímenes de gestión y para informar los esfuerzos futuros de conservación de los manglares.

### **Percepción comunitaria y Conciencia Ambiental**

El 47% de las emisiones de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera fueron consecuencia de decisiones individuales. La intervención a los problemas ambientales debe tener conocimiento de los procesos psicosociales de los individuos frente a su medio

ambiente. Citar a persona sociedad. Algunos estudios que han tomado como marco de referencia para la conciencia ambiental solo involucran factores contextuales, variables descriptivas o indicadores de acción efectiva o intencional (Berenger et al., 2002; Berenguer et al., 2001; Corraliza & Berenguer, 1998; Moreno et al., 2005; Stern, 2000). Sin embargo, este trabajo desarrollo el primer constructo para determinar la Conciencia Ambiental en alumnos de nivel medio superior. El constructo engloba cuatro dimensiones de la Conciencia Ambiental y no solo una faceta como anteriores estudios.

## VIII. CONCLUSIONES

Este estudio analizó la dinámica espaciotemporal del cambio de uso de suelo de los manglares de la Barra San José y el Estero Chocohuital Chiapas, México, en diferentes períodos de tiempo comprendidos entre los años 1978 y 2019. Proporciona un escenario futuro utilizando cartografía digital del INEGI, imágenes satelitales Landsat y Cadenas de Markov. Además se identificaron y valoraron los servicios ecosistémicos que proveen los manglares a los habitantes mediante la percepción comunitaria y la conciencia ambiental.

En ambas zonas de estudio se determinaron altas tasas de deforestación para selvas, humedales y manglares. Es notable una mayor pérdida de manglar en la Barra San José, registrando una tasa de deforestación de -0.42% durante el periodo 1978 al 2017. Para determinar el cambio de uso de suelo se empleó cartografía digital del INEGI. En la Barra San José los factores causales del cambio de uso de suelo fueron la acelerada deforestación de selvas bajas de fácil desmonte, intensificación de actividades antrópicas, tala ilegal y el avance de la frontera agrícola. Es notable que mantener Áreas Naturales Protegidas eleva la probabilidad de conservar y proveer servicios ecosistémicos.

En el Estero Chocohuital se analizó el periodo 2000-2019 con imágenes satelitales procedentes del Landsat 8 y los resultados indicaron una pérdida de 51 ha de manglares, 720 ha de selva, 103 ha de pastizales y una disminución de 81 ha en el estuario durante el año 2000 al 2019. Las tasas de deforestación fueron -0.11% para manglares, -0.37% para pastizales y -21.44% para selva. La dinámica de transición indicó la pérdida de áreas forestales, incluyendo selvas bajas y manglares, hacia la agricultura y los pastizales inducidos. Los manglares están siendo desplazados por el avance de la frontera agrícola y el desarrollo de los asentamientos humanos. A orillas del estero Chocohuital se encontró el establecimiento de nuevas granjas acuícolas. Cuando la fertilidad disminuye en las agrícolas, se convierten en asentamientos humanos o zonas desprovistas de vegetación. Nuestros resultados destacan una alta concordancia de la clasificación del uso del suelo con el índice Kappa del 95%.

El uso de cadenas de Markov permitió analizar la dinámica del cambio de uso del suelo y modelar escenarios futuros de deforestación. Nuestros resultados indican que en el futuro los manglares tienen una alta probabilidad de transición hacia agricultura y pastizales. Por lo que es imperativo analizar alternativas políticas o regímenes del uso del suelo para asegurar su permanencia.

Los escenarios futuros indicaron una probabilidad de 0,11 de transición de manglares a áreas agrícolas y 0,5 a pastizales. Es fundamental la creación de escenarios futuros de distribución de los manglares para optimizar la conservación y el desarrollo a través de una planificación política proactiva, especialmente en Áreas Naturales Protegidas.

El enfoque para detectar cambio de uso de suelo está determinado por la calidad de los insumos utilizados, la temporalidad y la metodología empleada. Esta investigación determinó que el uso de imágenes satelitales de alta resolución discrimina mejor los cambios a nivel del paisaje a una escala local. La cartografía digital generada por el INEGI brinda información a una escala más amplia, a nivel estatal.

Puede concluirse que los manglares que se encuentran en el polígono de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada son vulnerables ante el avance de la frontera agrícola, en

especial por el cultivo de la palma de aceite. Además, de la sobreexplotación de recursos, la tala ilegal y la contaminación generada por la crisis migratoria.

Los habitantes de estas comunidades solo identificaron tres de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos que proveen los manglares, valorando de mayor a menor importancia los servicios de aprovechamiento, de regulación y cultural.

En México, el tema de Conciencia Ambiental es de gran relevancia ya que las alteraciones en el medio ambiente se deben principalmente a las actividades antropogénicas. Se elaboró el constructo para determinar la conciencia ambiental en alumnos de nivel medio superior. Determinar la conciencia ambiental es el primer paso para conocer el nivel de involucramiento de los alumnos con su medio ambiente. El constructo fue validado por medio de la Teoría de Respuesta al Ítem.

El cuestionario de Conciencia Ambiental incluye 4 dimensiones: cognitiva, afectiva, conativa y activa. La dimensión cognitiva engloba información y conocimiento ambiental en el ámbito escolar. La dimensión afectiva incluye la visión eco céntrica del mundo, la conciencia de los límites de la biosfera y detección de necesidades de mejora. La dimensión conativa explora la disposición del alumno para actuar con criterios ecológicos y a aceptar posibles costos personales para la mejora del medio ambiente. Finalmente, la dimensión activa mide el carácter proambiental individual y colectivo. Es tarea prioritaria realizar una campaña de educación ambiental a nivel medio superior para mejorar las prácticas de clasificación, disposición y tratamiento de residuos sólidos.

Adicionalmente, debe señalarse que la cercanía con la frontera de Guatemala crea altos contrastes antrópicos, problemas socio ambientales y una reciente crisis migratoria que genera un alto impacto en las zonas vulnerables del manglar, que no está siendo analizado, pero que planteamos como recomendación.

Finalmente, señalamos que es fundamental divulgar la importancia que tiene el ecosistema de manglar para diversas especies de flora y fauna, además de crear un uso racional de los recursos. Por ello la conciencia ambiental es necesaria para ayudar a fomentar el cuidado y protección del manglar.

**IX. BIBLIOGRAFIA**

- Acosta, V. J., Rodríguez, Z. T., Reyes Díaz, Gallegos, J., Cerdeira, E. S., Troche, S. C., Cruz, I., Ressler, R., & Jiménez, R. (2009). *Assessing a nationwide spatial distribution of mangrove forest for Mexico: An analysis with high resolution images*. 299–302. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84879947490&partnerID=40&md5=d84bf7bd5f0e1cb703feb47cd7ca8680>
- Adame, M. F., Brown, C. J., Bejarano, M., Herrera-Silveira, J. A., Ezcurra, P., Kauffman, J. B., & Birdsey, R. (2018). The undervalued contribution of mangrove protection in Mexico to carbon emission targets. *Conservation Letters*, 11(4). <https://doi.org/10.1111/conl.12445>
- Alea, A. (2006). Diagnóstico y Potenciación de la Educación Ambiental en Jóvenes Universitarios. *ODISEO, Revista Electrónica de Pedagogía*, 3(6), 1–29. [www.odiseo.com.mx](http://www.odiseo.com.mx)
- Barati, A. A., Zhoollideh, M., Azadi, H., Lee, J.-H., & Scheffran, J. (2023). Interactions of land-use cover and climate change at global level: How to mitigate the environmental risks and warming effects. *Ecological Indicators*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109829>
- Basyuni, M., & Sulistiyono, N. (2018). Deforestation and reforestation analysis from land-use changes in North Sumatran Mangroves, 1990-2015. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012018>
- Berejnoi, C., & Barros, M. A. (2011). *Comparación de diferentes modelos de la Teoría de Respuesta al Ítem*. 8, 1–12.
- Berenger, J., Corraliza, J. A., Moreno, M., & Rodriguez, L. (2002). La medida de las actitudes ambientales: propuesta de una escala de conciencia ambiental (Ecobarómetro). *Psychosocial Intervention*, 11(3), 349–358. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179818139007>
- Berenguer, J., Corraliza, J. A., Martín, R., & Oceja, L. V. (2001). Ecological concern and pro-environmental actions. An interactive process. *Studies in Psychology*, 22(1), 37–52. <https://doi.org/10.1174/021093901609587>
- Bozkaya, A. G., Balcik, F. B., Goksel, C., & Esbah, H. (2015). Forecasting land-cover growth using remotely sensed data: a case study of the Igneada protection area in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(3). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4322-z>
- Bryan-Brown, D. N., Connolly, R. M., Richards, D. R., Adame, F., Friess, D. A., & Brown, C. J. (2020). *Global trends in mangrove forest fragmentation* (Vol. 10, Issue 1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63880-1>
- Chen, C.-F., Son, N.-T., Chang, N.-B., Chen, C.-R., Chang, L.-Y., Valdez, M., Centeno, G., Thompson, C. A., & Aceituno, J. L. (2013). Multi-decadal mangrove forest change detection and prediction in honduras, central america, with landsat imagery and a markov chain model. *Remote Sensing*, 5(12), 6408–6426.

<https://doi.org/10.3390/rs5126408>

- Cigarroa Alonso, K. M., Linares Fleites, G., Valera Pérez, M. A., Sandoval Solís, M. L., & Tenorio Arvide, M. G. (2023). Deforestation Dynamics in Biosphere Reserve of Mangroves: Evaluation and Future Scenario. *Applied Ecology and Environmental Research*, 21(4), 3465–3481. [https://doi.org/10.15666/aeer/2104\\_34653481](https://doi.org/10.15666/aeer/2104_34653481)
- Congalton, R., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, Third Edition* (Third Edit). <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- Corraliza, J. A., & Berenguer, J. (1998). Structure of environmental attitudes: General orientation or attitudinal specialization? *International Journal of Social Psychology*, 13(3), 399–406. <https://doi.org/10.1174/021347498760349643>
- Costanza, R. (2000). The dynamics of the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 32(3), 341–345. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00150-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00150-0)
- DasGupta, R., Hashimoto, S., Okuro, T., & Basu, M. (2019). Scenario-based land change modelling in the Indian Sundarban delta: an exploratory analysis of plausible alternative regional futures. *Sustainability Science*, 14(1), 221–240. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0642-6>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- DeFries, R. S., Asner, G. P., & Houghton, R. (2004). Trade-offs in land-use decisions: Towards a framework for assessing multiple ecosystem responses to land-use change. In *Geophysical Monograph Series* (Vol. 153). <https://doi.org/10.1029/153GM02>
- Díaz-Gallegos, J. R., Mas, J.-F., & Montes, A. V. (2008). Monitoring deforestation patterns in the mesoamerican biological Corridor, Mexico | Monitero de los patrones de deforestación en el corredor biológico Mesoamericano, México. *Interciencia*, 33(12), 882–890.
- Díaz, G. J. R., Mas, J.-F., & Velázquez, A. (2010). Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 31(2), 180–196. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00396.x>
- Eddy, S., Dahlianah, I., Mashito, C., Oktavia, M., & Utomo, B. (2022). Anthropogenic implications for land cover changes and vegetation structure in coastal protected forest. *Biodiversitas*, 23(9), 4473–4481. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230913>
- Ellis, E. A., Hernández-Gómez, I. U., & Romero-Montero, J. A. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas*, 26(1), 101–111. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54050575015>
- Ellis, E. A., Navarro Martínez, A., García Ortega, M., Hernández Gómez, I. U., & Chacón Castillo, D. (2020). Forest cover dynamics in the Selva Maya of Central and Southern Quintana Roo, Mexico: deforestation or degradation? *Journal of Land Use Science*,

15(1), 25–51. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2020.1732489>

Etemadi, H., Smoak, J. M., & Karami, J. (2018). Land use change assessment in coastal mangrove forests of Iran utilizing satellite imagery and CA–Markov algorithms to monitor and predict future change. *Environmental Earth Sciences*, 77(5). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7392-8>

FAO. (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes* (Forestry p).

FAO. (2002). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAO. (2023). *Deforestación*. Anexo 2: Definiciones. <https://www.fao.org/3/W4345S/w4345s08.htm>

FAO, & UNEP. (2000). Land use, land-use change and forestry. In *Land Use, Land-use Change and Forestry*. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. <https://doi.org/10.4337/9781849805834.00023>

Flores, C. R., & Ortega, H. M. A. (2019). Modelling land cover changes in the tropical dry forest surrounding the Chamela-Cuixmala biosphere reserve, Mexico. *International Journal of Remote Sensing*, 40(18), 6948–6974. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1597305>

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

Girardi, R., Pinheiro, A., Garbossa, L. H. P., & Torres, É. (2016). Water quality change of rivers during rainy events in a watershed with different land uses in Southern Brazil. *Rbrh*, 21(3), 514–524. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011615179>

Godoy, M. D. P., De Andrade Meireles, A. J., & De Lacerda, L. D. (2018). Mangrove Response to Land Use Change in Estuaries along the Semiarid Coast of Ceará, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 34(3), 524–533. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-16-00138.1>

Gomera, A., Villamandos, F., & Vaquero, M. (2012). Medición y categorización de la Conciencia Ambiental del alumnado universitario: Contribución de la Universidad a su fortalecimiento. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(1989-639X), 193–212. <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev162ART10.pdf>

Grijalva, E. A., Macias, M. P., Chully, M. A. P., Marcillo, V. R., Alcivar, L. C. M., Cabrera, J. J. H., & Tomalá, J. A. S. (2022). Anthropogenic Impacts on Aquatic Mangrove Ecosystems Worldwide. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 26(5), 1139–1163. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2022.267442>

Hauser, L. T., Nguyen Vu, G., Nguyen, B. A., Dade, E., Nguyen, H. M., Nguyen, T. T. Q., Le, T. Q., Vu, L. H., Tong, A. T. H., & Pham, H. V. (2017). Uncovering the spatio-temporal dynamics of land cover change and fragmentation of mangroves in the Ca Mau peninsula, Vietnam using multi-temporal SPOT satellite imagery (2004–2013).

- Applied Geography*, 86, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.019>
- Hernández-Rojas, D. A., López-Barrera, F., & Bonilla-Moheno, M. (2018). Preliminary analysis of the land use dynamic associated with oil palm (*Elaeis guineensis*) plantations in Mexico. *Agrociencia*, 52(6), 875–893. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85055202113&partnerID=40&md5=d0b933055891acfada9847c9225a6419>
- Hirales, C. M., Espinoza, A. J., Schmook, B., Ruiz, L. A., & Ramos, R. R. (2010). Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, southeast Mexico. *Ciencias Marinas*, 36(2), 147–159. <https://doi.org/10.7773/cm.v36i2.1653>
- Hoque, M. Z., Cui, S., Islam, I., Xu, L., & Tang, J. (2020). Future impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the lower meghna river estuary, Bangladesh. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su12052112>
- Hou, Y., Wei, X., Zhang, M., Creed, I. F., McNulty, S. G., & Ferraz, S. F. B. (2023). A global synthesis of hydrological sensitivities to deforestation and forestation. *Forest Ecology and Management*, 529. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120718>
- INEGI. (2020). *INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Documentacion>
- IPCC. (2000). Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. *Resumen Para Responsables de Políticas*, 24. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-sp.pdf>
- Kanniah, K. D., Sheikhi, A., Cracknell, A. P., Goh, H. C., Tan, K. P., Ho, C. S., & Rasli, F. N. (2015). Satellite images for monitoring mangrove cover changes in a fast growing economic region in southern Peninsular Malaysia. *Remote Sensing*, 7(11), 14360–14385. <https://doi.org/10.3390/rs71114360>
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Kumagai, J. A., Costa, M. T., Ezcurra, E., & Aburto-Oropeza, O. (2020). Prioritizing mangrove conservation across Mexico to facilitate 2020 NDC ambition. *Ambio*, 49(12), 1992–2002. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01334-8>
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., Vogel, C., & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), 261–269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Leija-Loredo, E. G., Reyes-Hernández, H., Reyes-Pérez, O., Flores-Flores, J. L., & Sahagún-Sánchez, F. J. (2016). Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. *Madera Bosques*, 22(1), 125–140. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.221481>
- Leija, L. E. G., Valenzuela, C. S. I., Valencia, C. M., Jiménez, G. G., Castañeda, G. G.,

- Reyes, H. H., & Mendoza, C. M. E. (2020). Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas: *Ecosistemas*, 29(1 SE-), 1826. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>
- LGEEPA. (2014). *Reglamento De La Ley General Del Equilibrio Ecológico Y La Protección Al Ambiente En Materia De Evaluación Del Impacto Ambiental*.
- López, S. C. (2020). Anthropogenic effects on the geomorphology and morphodynamics of the coastal zone of La Paz lagoon, Baja California Sur, Mexico . *Investigaciones Geográficas*, 103. <https://doi.org/10.14350/RIG.60084>
- Maldonado, L. (2012). Los modelos ocultos de Markov, MOM. *Telos*, 14(3), 433–438. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99324907003>
- Maryantika, N., & Lin, C. (2017). Exploring changes of land use and mangrove distribution in the economic area of Sidoarjo District, East Java using multi-temporal Landsat images. *Information Processing in Agriculture*, 4(4), 321–332. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.06.003>
- Mendoza, M. E., Bocco, G., López-Granados, E., & Bravo Espinoza, M. (2010). Hydrological implications of land use and land cover change: Spatial analytical approach at regional scale in the closed basin of the Cuitzeo Lake, Michoacan, Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 31(2), 197–214. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00400.x>
- Morales, H. J. C., Carrillo, G. F. M., Farfán, M. L. M., & Cornejo, L. V. M. (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 7–16. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57709>
- Moreno-Casasola, P., & Infante-Mata, D. M. (2016). *Manglares, Selvas Inundables y Humedales herbáceos* (Primera ed). INECOL-OIMT-CONAFOR. [http://www.inecol.mx/inecol/libros/Conociendo\\_los\\_manglares,\\_%0Alas\\_selvas\\_inundables\\_y\\_los\\_humedales\\_herbaceos.pdf](http://www.inecol.mx/inecol/libros/Conociendo_los_manglares,_%0Alas_selvas_inundables_y_los_humedales_herbaceos.pdf)
- Moreno, M., Corraliza, J. A., & Ruiz, J. P. (2005). Escala de actitudes ambientales hacia problemas específicos. *Psicothema*, 17(3), 502–508. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72717323>
- Mukhopadhyay, A., Mondal, P., Barik, J., Chowdhury, S. M., Ghosh, T., & Hazra, S. (2015). Changes in mangrove species assemblages and future prediction of the Bangladesh Sundarbans using Markov chain model and cellular automata. *Environmental Sciences: Processes and Impacts*, 17(6), 1111–1117. <https://doi.org/10.1039/c4em00611a>
- Nettel, A., Dodd, R. S., Afzal-Rafii, Z., & Tovilla-Hernández, C. (2008). Genetic diversity enhanced by ancient introgression and secondary contact in East Pacific black mangroves. *Molecular Ecology*, 17(11), 2680–2690. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03766.x>
- Nicholls, R. J., Hutton, C. W., Lázár, A. N., Allan, A., Adger, W. N., Adams, H., Wolf, J., Rahman, M., & Salehin, M. (2016). Integrated assessment of social and

- environmental sustainability dynamics in the Ganges-Brahmaputra-Meghna delta, Bangladesh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 183, 370–381. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.017>
- Ochoa-Gaona, S., & Gonz lez-Espinosa, M. (2000). Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography*, 20(1), 17–42. [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(99\)00017-X](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(99)00017-X)
- Palacio, J. L., Bocco, G., Velázquez, A., François, J., Takaki, F., Victoria, A., Luna, L., Gómez, G., López García, J., Palma, M., Trejo, I., Peralta, A., Prado, J., Rodríguez, A., & Mayorga, R. (2000). La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 43, 183–199. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56904311>
- Palomeque, D. L. C. M.  ., Galindo, A. A., Escalona, M. M. J., Ruiz, A. S. D. C., Sánchez, M. A. J., & Pérez, S. E. (2019). Analysis of land use change in an urban ecosystem in the drainage area of the Grijalva river, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 25(3), 105–120. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85072617345&partnerID=40&md5=8d8c15dc2727c3dfb54ed9b732158739>
- Pineda, J., Noel, B., Bosque Sendra, J., Delgado, G. M., & Plata, R. 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 (Mx)*, 69, 33–52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56912295004>
- Pourebahim, S., Hadipour, M., & Mokhtar, M. Bin. (2015). Impact assessment of rapid development on land use changes in coastal areas; case of Kuala Langat district, Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 17(5), 1003–1016. <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9585-y>
- Quintero, M. A., Plata, R. W., Olim n, A. V., Monjardin, S., & N miga, X. (2021). Dynamics of changes in land use and estimation of CO 2 in mangroves in the Marismas Nacionales area, Mexico Dinámica de cambios de uso de suelo y estimaci n de CO 2 en manglares de la zona Marismas Nacionales, México. *Ciencias Marinas*, 47, 105–125. <https://doi.org/10.7773/cm.v47i2.3162>
- Rajitha, K., Mukherjee, C. K., Chandran, R. V., & Mohan, M. M. P. (2010). Land-cover change dynamics and coastal aquaculture development: A case study in the East Godavari delta, Andhra Pradesh, India using multi-temporal satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 31(16), 4423–4442. <https://doi.org/10.1080/01431160903277456>
- Ramos, R. R., Palomeque, de la C. M.  ., Megia Vera, H. J., & López Ben tez, P. (2019). Modelaci n del cambio de uso del suelo en la Zona Costera: Cuauhtemotzin-El Pailebot, Tabasco, México. *Revista de Urbanismo*, 41, 1–15. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2019.51452>
- Ramsey III, E. W., Nelson, G. A., & Sapkota, S. K. (2001). Coastal change analysis program implemented in Louisiana. *Journal of Coastal Research*, 17(1), 53–71. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

0035088337&partnerID=40&md5=8e7326a63c4961be4780e78cc84585df

- Richards, D. R., & Friess, D. A. (2016). Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000-2012. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(2), 344–349. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510272113>
- Rico-Gray, V. (1981). *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), a new founding from the Mexican coast. *Botanical Sciences*, 41, 163–165. <https://doi.org/https://doi.org/10.17129/botsci.1253>
- Rodríguez-Zúñiga, M., Troche, C., Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., Vazquez, B., Valderrama, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M. I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Donald, L., & Galindo Leal, C. (2013). *Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo*.
- Romero-Berny, E. I., Acosta-Velázquez, J., Hernández, C., Schmook, B., & Gomez-Ortega, R. (2015). Cambios de cobertura y fragmentación de manglares en la región del Soconusco, Chiapas, México, 1994-2011. In *Revista Geografica de America Central* (Vol. 1). <https://doi.org/10.15359/rgac.1-54.7>
- Romero, B. E. I., Santamaría, D. S., Gomez, O. R., & Velázquez, V. E. (2013). Una aproximación a las tasas de deforestación de los manglares en México. *Lacandonia*, 7, 51:58.
- Rosete Vergés, F. A., Luis, P. D. J., & Gerardo, B. (2008). Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geograficas*, 67, 39–58.
- Sánchez, R. U. J., Niño, M. S., Barrientos, L. L., & Treviño, C. J. (2017). Assessment of land use-cover changes and successional stages of vegetation in the natural protected area altas cumbres, Northeastern Mexico, using landsat satellite imagery. *Remote Sensing*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/rs9070712>
- Sannigrahi, S., Zhang, Q., Joshi, P. K., Sutton, P. C., Keesstra, S., Roy, P. S., Pilla, F., Basu, B., Wang, Y., Jha, S., Paul, S. K., & Sen, S. (2020). Examining effects of climate change and land use dynamic on biophysical and economic values of ecosystem services of a natural reserve region. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120424. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120424>
- Sardar, P., & Samadder, S. R. (2021). Understanding the dynamics of landscape of greater Sundarban area using multi-layer perceptron Markov chain and landscape statistics approach. *Ecological Indicators*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106914>
- Simard, M., Thomas, N., Van der Stocken, T., Fatoyinbo, L., & Smetanka, C. (2019). Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. *Nature Geoscience*, 12, 40–45. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0279-1>
- Singh, S. K., Laari, P. B., Mustak, S., Srivastava, P. K., & Szabó, S. (2018). Modelling of land use land cover change using earth observation data-sets of Tons River Basin,

- Madhya Pradesh, India. *Geocarto International*, 33(11), 1202–1222. <https://doi.org/10.1080/10106049.2017.1343390>
- Soto, G. E., Piera, J., & López, P. (2010). Spatial and temporal land cover changes in Terminos Lagoon Reserve, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 58(2), 565–575. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77954081540&partnerID=40&md5=a388de3a4016ee5e5eb3e510a29f8c19>
- Spedicato, G. A. (2017). Discrete Time Markov Chains with R. *R Journal*, 9(2), 84–104. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85037634339&partnerID=40&md5=de29a5a04c3a1f0286daed30d91025f5>
- Stern, P. (2000). Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. *Journal of Social Issues*, 56, 407–424. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00175>
- Stojanović, V., Lazić, L., & Dunjić, J. (2018). Nature protection and sustainable tourism interaction in selected Ramsar sites in Vojvodina (Northern Serbia). *Geographica Pannonica*, 22(3), 201–207. <https://doi.org/10.5937/gp22-16637>
- Supriatna, S., Purwadhi, S. H., & Purwanto, A. D. (2018). *The spatial dynamics model of mangrove forest changes in Segara Anakan, Cilacap. 2023*. <https://doi.org/10.1063/1.5064186>
- Thaden, J. J. V., Laborde, J., Guevara, S., & Mokondoko-Delgadillo, Y. P. (2020). Dynamics of land use and land cover change in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve (2006-2016). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2020.91.3190>
- Tuholske, C., Tane, Z., López-Carr, D., Roberts, D., & Cassels, S. (2017). Thirty years of land use/cover change in the Caribbean: Assessing the relationship between urbanization and mangrove loss in Roatán, Honduras. *Applied Geography*, 88, 84–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.08.018>
- Valderrama-Landeros, L. H., Martell-Dubois, R., Ressler, R., Silva-Casarín, R., Cruz-Ramírez, C. J., & Muñoz-Pérez, J. J. (2019). Dynamics of coastline changes in Mexico. *Journal of Geographical Sciences*, 29(10), 1637–1654. <https://doi.org/10.1007/s11442-019-1679-x>
- Valdez-Lazalde, J. R., Aguirre-Salado, C. A., & Ángeles-Pérez, G. (2011). Análisis De Los Cambios En El Uso Del Suelo En La Cuenca Del Río Metztlán (México) Usando Imágenes De Satélite: 1985-2007. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(3), 313–324. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.041>
- Valdez, M., Chen, C. F., Chiang, S. H., Chang, K. T., Lin, Y. W., Chen, Y. F., & Chou, Y. C. (2019). Illegal land use change assessment using GIS and remote sensing to support sustainable land management strategies in Taiwan. *Geocarto International*, 34(2), 133–148. <https://doi.org/10.1080/10106049.2017.1374474>
- Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001). Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *BioScience*, 51(10), 807–815. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807:MFOOTW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2)
- Vázquez, S. J. E., & Jarquín, R. (2004). *La frontera sur: reflexiones sobre el Soconusco*,

*Chiapas y sus problemas ambientales, poblacionales y productivos* (C. de la F. Sur (ed.); Ilustrada). Colegio de la Frontera Sur. <https://books.google.com.mx/books?id=6QASAQAAIAAJ>

- Vázquez, V. H. L., & Rocha, W. P. (2009). Analysis of the land cover change caused by the Mexico City Metropolitan Area expansion, 1990-2000 | Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones Geográficas*, 68, 85–101.
- Velázquez-Salazar S., Rodríguez-Zuñiga, M. T., Alcántara-Maya, J. A., Villeda-Chávez, E., Valderrama-Landeros, L., Troche-Souza, C., Vázquez-Balderas, B., Pérez-Espinoza, I., Cruz-López, M. I., Ressler, R., De la Borbolla, D. V. G., Paz, O., Aguilar-Sierra, V., Hruby, E., & Muñoa-Coutiño, J. H. (2021). *Manglares de México: Actualización y análisis de los datos 2020* (Vol. 1). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [www.biodiversidad.gob.mx/](http://www.biodiversidad.gob.mx/)
- Velázquez, A., Mas, J., Díaz, J., Mayorga, R., Alcántara, P., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., & Palacio, J. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica INE*, 62(62), 21–37. [http://dialnet.unirioja.es/servlet/dfichero\\_articulo?codigo=2897113](http://dialnet.unirioja.es/servlet/dfichero_articulo?codigo=2897113)
- Vide Pifarré, D., & Briansó Martínez, M. (2014). *Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho Proyecto Final de Licenciatura Ciencias Ambientales*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Wingate, V. R., Akinyemi, F. O., Iheaturu, C. J., & Ifejika Speranza, C. (2022). A Remote Sensing-Based Inventory of West Africa Tropical Forest Patches: A Basis for Enhancing Their Conservation and Sustainable Use. *Remote Sensing*, 14(24), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs14246251>
- Xiaoyan, B., Suocheng, D., Wenbao, M., & Fujia, L. (2019). Spatial-temporal change of carbon storage and sink of wetland ecosystem in arid regions, Ningxia Plain. *Atmospheric Environment*, 204, 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.02.019>
- Yáñez-Arancibia, A., Day, J. W., Twilley, R. R., & Day, R. H. (2013). Manglares: ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y Bosques*, 20(1998), 39–75. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.200147>

## X. ANEXOS

### 10.1 Anexo 1. Análisis estadísticos inferenciales

En el programa R con la paquetería Markov Chain los siguientes comandos permiten obtener algunos resultados inferenciales, tales como, los estimadores máximos verosímiles e intervalos de confianza.

#### Estimadores máximo verosímil e intervalo de confianza

```
> steadyStates(manglarMc)
```

```
Agricultura  Agua  Asentamiento  Humedal  Manglar  Pastizal  Selva
```

```
[1,] 0.2501038 0.1413126 0.007274592 0.1063513 0.2496579 0.2402957 0.005004076
```

```
> manglarOfaños <- rmarkovchain (n = 20, object = manglarMc, t0 = "Manglar")
```

```
> manglarOfaños [1:20]
```

```
[1] "Humedal"  "Manglar"  "Humedal"  "Humedal"  "Humedal"
[6] "Humedal"  "Manglar"  "Manglar"  "Manglar"  "Manglar"
[11] "Manglar"  "Manglar"  "Manglar"  "Manglar"  "Manglar"
[16] "Manglar"  "Agricultura" "Pastizal"  "Agricultura" "Pastizal"
```

```
> manglarFittedMLE <- markovchainFit (data = manglarOfaños, method = "mle")
```

```
> manglarFittedMLE$estimate
```

```
MLE Fit
```

```
A 4 - dimensional discrete Markov Chain defined by the following states:
```

```
Agricultura, Humedal, Manglar, Pastizal
```

```
The transition matrix (by rows) is defined as follows:
```

	Agricultura	Humedal	Manglar	Pastizal
Agricultura	0.00000000	0.00000000	0.00000000	1
Humedal	0.00000000	0.60000000	0.40000000	0
Manglar	0.09090909	0.09090909	0.8181818	0
Pastizal	1.00000000	0.00000000	0.00000000	0

```
> manglarFittedMLE$standardError
```

	Agricultura	Humedal	Manglar	Pastizal
Agricultura	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.7071068
Humedal	0.00000000	0.34641016	0.2828427	0.00000000
Manglar	0.09090909	0.09090909	0.2727273	0.00000000
Pastizal	1.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

```
> manglarFittedMLE$confidenceInterval
```

```
NULL
```

#### Bootstrap

Dado el caso que no es posible obtener los intervalos de confianza para los estimadores máximos verosímil, es necesario desarrollar el enfoque Bootstrap. Los comandos de entrada son:

```
> manglarFittedBOOT <- markovchainFit (data = manglarOfaños, method = "bootstrap",
nboot = 20)
```

```
> manglarFittedBOOT$estimate
```

Bootstrap Estimate

A 2 - dimensional discrete Markov Chain defined by the following states:

Agricultura, Pastizal

The transition matrix (by rows) is defined as follows:

	Agricultura	Pastizal
Agricultura	0.09292929	0.9070707
Pastizal	0.72513050	0.2748695

```
> manglarFittedBOOT$confidenceInterval
```

\$confidenceLevel

[1] 0.95

\$lowerEndpointMatrix

	Agricultura	Pastizal
Agricultura	0.01394491	0.7398115
Pastizal	0.56759687	0.1384942

\$upperEndpointMatrix

	Agricultura	Pastizal
Agricultura	0.1719137	1.0000000
Pastizal	0.8826641	0.4112448

#### Parte IV:

```
>multinomialConfidenceIntervals
```

```
=manglarFittedMLE$estimate@transitionMatrix,
createSequenceMatrix(manglarOfaños))
```

(transition

countsTransitionMatrix

Matrix

=

\$confidenceLevel

[1] 0.95

\$lowerEndpointMatrix

	Agricultura	Humedal	Manglar	Pastizal
Agricultura	0	0.0	0.0000000	1
Humedal	0	0.4	0.2000000	0
Manglar	0	0.0	0.7272727	0
Pastizal	1	0.0	0.0000000	0

\$upperEndpointMatrix

	Agricultura	Humedal	Manglar	Pastizal
Agricultura	0.8660904	0.8660904	0.8660904	1.0000000
Humedal	0.5192007	1.0000000	0.9192007	0.5192007
Manglar	0.3577104	0.3577104	1.0000000	0.2668013
Pastizal	1.0000000	1.0000000	1.0000000	1.0000000

Predicciones

```
> predict (object = manglarFittedMLE$estimate, new data = c ("Manglar", "Pastizal"),
+ n. ahead = 3)
```

```
[1] "Agricultura" "Pastizal" "Agricultura"
```

#### Matriz generadora

```
> mcManglarQ <- expm: logm (manglarMc @transitionMatrix, method= "Eigen")
```

```
> mcManglarQ <- expm: logm (manglarMc @transitionMatrix, method= "Eigen")
```

```
> mcManglarQ
```

	Agricultura	Agua Asentamiento	Humedal	Manglar
Agricultura	-0.86120046	0.008459595	0.0215476263	0.10732496 -0.028806719
Agua	0.02284780	-0.096847647	-0.0009282134	0.07968112 0.004987478
Asentamiento	-0.07151992	-0.013296760	-0.6754523770	0.32441365 0.025471979
Humedal	0.28601872	0.078268289	0.0201624166	-0.99908089 0.598577280
Manglar	-0.01271671	0.004182768	-0.0021249381	0.24548700 -0.231176229
Pastizal	0.74158331	0.013221124	-0.0065359679	-0.06135931 0.018988728
Selva	1.44644951	-0.175541596	-0.0774486681	3.84642675 -0.837877230

	Pastizal	Selva
Agricultura	0.703959625	0.0487153740
Agua	-0.009614713	-0.0001258285
Asentamiento	0.422507795	-0.0121243676
Humedal	0.031374585	-0.0153203991
Manglar	-0.005453423	0.0018015355
Pastizal	-0.744746267	0.0388483856
Selva	-0.158616831	-4.0433919342

**10.2 Anexo 2. Encuesta de Valoración de Servicios Ecosistémicos**

Servicio ecosistémico	Descripción	Importancia			
		Muy necesario	Necesario	Importante	Prescindible
Regulación	Reducción / Producción de gases				
	Regulación del clima				
	Almacenamiento y retención de agua				
	Protección de la costa contra fenómenos extremos				
	Regulación hidrológica				
	Amortiguación de calentamiento global				
	Control de erosión y retención de sedimentos				
	Formación de suelo				
	Reciclaje de nutrientes				
	Disipador de materia y energía				
	Regulación de la biodiversidad				
	Polinización				
	Control biológico				
Sostenimiento	Refugio				
	Producción de alimento				
	Producción primaria				
	Recursos genéticos				
Culturales	Recreación / Turismo				
	Paisaje / Estético				
	Inspiración para cultura y arte				
	Espiritual y Religioso				
Aprovechamiento	Ciencia y educación ambiental				
	Alimento				
	Materia prima				
	Recursos medicinales				
	Combustibles				
	Productos bioquímicos, medicinas naturales				
Agua					
Aire puro					

### 10.3 Anexo 3. Entrevista de Percepción comunitaria

<b>Entrevista de Percepción Comunitaria</b>	
Fecha:	Lugar:
Nombre del entrevistado:	
Edad:	Ocupación:
Hora de inicio:	Fin:
<p>Hola. Mi nombre es <b>Mildred Cigarroa</b>. Estudiante de doctorado de la BUAP. Gracias por brindarme tu tiempo. El objetivo de esta entrevista es evaluar la percepción de la comunidad sobre los servicios ambientales que provee el manglar.</p> <p>Le recuerdo que la información aquí proporcionada será tratada de manera confidencial, en caso de que usted tenga algún inconveniente en que su nombre o algún fragmento de la conversación sean mencionados, le pido por favor que me lo indique para omitirlo o cambiarlo.</p>	

1. Percepción local del manglar y de los servicios ecosistémicos que provee	Concepto	¿Cómo perciben las personas al manglar? ¿Qué opinan, les agrada? ¿Cree que el manglar los protege del viento, inundaciones, oleaje? ¿Existe alguna problemática en torno a los manglares? ¿A quién cree que le pertenecen los manglares?
	Cambios	¿Cómo está el manglar ahora y cómo era antes? ¿A qué cree que se deba? ¿En qué se han convertido los terrenos que antes eran de manglar?
	Amenazas	¿Cómo le afectaría a usted si desaparecieran los manglares? Ha percibido aumento en el nivel del mar, más ciclones, más frecuentes, más lluvias, inundaciones, contaminación, sedimentos
2. Actividades económicas	Usos de manglar	¿Hace uso del manglar o los recursos que se encuentran en él? (incluye pesca, de qué tipo, respeta veda) ¿De qué manera, con qué frecuencia? ¿Qué otros usos del dan al manglar? ¿Qué actividades se llevan a cabo en los manglares? ¿Quiénes o que grupos se benefician de esas actividades? (pescadores, turistas)
	Diversidad	¿Qué otras fuentes de ingresos tienen? ¿Dependen los medios de vida productivos de las personas de los servicios ecosistémicos del manglar?
	Apego a la actividad	¿Qué tan fácil es para las personas cambiar de trabajo (pesca, extracción de mariscos, turismo)
3. Tradiciones y costumbres	Entorno social	¿En su familia a qué se dedican? ¿Piensa usted quedarse a residir definitivamente en esta región?

Si usted pudiera cambiar la situación de su comunidad ¿Cuáles serían sus prioridades?	
Fiestas y celebraciones	¿Existe algún valor cultural, algún ritual hacia el manglar o celebración especial en torno al manglar?
Comidas	¿Es importante el consumo de mariscos y pescados? ¿Con qué frecuencia los consume? ¿Obtienen beneficios de cierta especie?
Usos medicinales	¿Utilizan alguna parte del mangle para remedios medicinales? ¿Con qué frecuencia?
4. Acciones para manejo y conservación del manglar	Iniciativas locales ¿Ha participado en acciones para conservar o restaurar el manglar? ¿Le gustaría participar? ¿Se realizan campañas de ecoturismo sustentable en su comunidad?
	Organización ¿Se realizan campañas educativas sobre como conservar el manglar en su comunidad? ¿Conoce organizaciones civiles involucradas en protección civil, derechos humanos, protección al ambiente?
	Apoyo externo ¿Qué instituciones apoyan alguna iniciativa ambiental en la comunidad? ¿Qué proyectos hay ejecutados o por ejecutarse relacionados con el manglar? ¿Sabe a quién acudir en caso de pretender hacer uso de los recursos del manglar? ¿Cree que el gobierno federal/ municipal/ ejidal está capacitado para el manejo adecuado del manglar?

Tienes algún comentario o pregunta para mí. Te agradecería que me permitieras seguir en contacto, me podrías dar algún número de teléfono o en donde puedo localizarte fácilmente.  
Gracias.

## 10.4 Anexo 4. Cuestionario “conciencia ambiental en los centros universitarios”

Estimado/a alumno/a te rogamos complementes esta encuesta, completamente confidencial y anónima, diseñada para estudiar diversas cuestiones relacionadas con el medio ambiente universitario. GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN.

### 0. Datos Personales

Facultad/Escuela:

Titulación:

Curso:

Edad:

Sexo:  Hombre  Mujer

1. ¿En qué lugar/es recibes habitualmente información sobre medio ambiente? (puedes marcar una respuesta o varias)

En clases.

En actividades desarrolladas en mi Centro.

En revistas o programas especializados.

En los medios de comunicación.

No suelo recibir información sobre medio ambiente.

2. ¿En qué grado te consideras informado o informada sobre asuntos ambientales en tu centro de estudio?

Nada.                      Mucho

Poco.                      Bastante

Regular.

3. Todos los organismos públicos tienen un Área o Servicio dedicado a la protección del medio ambiente. ¿Sabes cuál es el de la Universidad?

Sí (especifica):

Sí, algo he oído, pero no sé el nombre

No

4. ¿Sabías que existía una declaración de política ambiental en la UCO que muestra sus compromisos con el medio ambiente? En caso afirmativo, ¿cómo te has enterado?

Sí (especifica)

Sí, algo he oído, pero no sé exactamente dónde

No

5. De los siguientes problemas actuales, puntúa los tres que más te preocupan (3 puntos para el que más, 2 puntos para el siguiente y 1 punto para el último)

Paro y economía

Salud

Medio ambiente

Inmigración

Vivienda

Seguridad ciudadana  
Desigualdad social  
Infraestructuras  
Educación  
Política  
Cultura/Deporte  
Otros (especifica):

6. ¿Crees que tu actividad cotidiana afecta negativamente al medio ambiente?

No, nada.

Sí, un poco.

Sí, regular.

Sí, bastante.

Sí, mucho.

7. De los siguientes problemas ambientales en tu Centro, puntúa los tres que consideras más importantes (3 puntos para el que más, 2 puntos para el siguiente y 1 punto para el último)

Mal uso del transporte

Inadecuada climatización

Generación excesiva de residuos y falta de contenedores

Mala gestión de residuos y vertidos en los laboratorios

Mal control de plagas

Iluminación innecesaria

Despilfarro de papel

Ruidos

Falta y mejora de espacios verdes

Despilfarro de agua

Otros (especifica):

8. ¿Qué medio de transporte utilizas habitualmente para ir a clase? (1 respuesta)

Coche (ocupación habitual \_\_\_ personas)

Autobús

Moto

Bicicleta

Voy andando

Tren

9. ¿Cuál es la principal razón para utilizar ese medio de transporte? (1 respuesta)

Económica

Distancia/tiempo.

Comodidad

Respeto al medio ambiente

Salud

Seguridad

Otros (especifica):

10. ¿Cuál es el código postal de tu vivienda en Córdoba? \_\_\_\_\_

11. De los siguientes contenedores para recolección selectiva de residuos, señala aquéllos que conoces o has utilizado en tu Centro.

ECOPUNTOS (cartuchos, pilas convencionales y pilas botón)

Móviles.

Papeleras para recogida selectiva de papel situadas en aulas

Contenedores para residuos sólidos urbanos (materia orgánica, inertes, vidrio y papel).

Envases para residuos de laboratorio.

Otros (especifica):

12. ¿Qué contenedores para residuos echas en falta en tu centro?:

13. ¿Utilizas los folios por las dos caras al tomar apuntes, imprimir o hacer fotocopias?

No lo hago ni lo haría.

No lo hago, pero lo haría.

Sí, lo hago alguna vez.

Sí, lo hago bastantes veces.

Sí, lo hago siempre o casi siempre.

14. ¿Usas papel reciclado?

No lo hago ni lo haría.

No lo hago, pero lo haría.

Sí, lo hago alguna vez.

Sí, lo hago bastantes veces.

Sí, lo hago siempre o casi siempre.

15. ¿Consideras interesante recibir formación/ información medioambiental en tu Centro?

(Puedes marcar una respuesta o varias)

No.

Sí, en cursos, charlas y jornadas.

Sí, en mis asignaturas.

Sí, en excursiones y visitas a empresas.

Sí, en folletos informativos, carteles, etc.

Otros (especifica):

16. ¿Participarías en posibles campañas medioambientales que se pudieran organizar (charlas, visitas, actividades de voluntariado, etc.)?

No, no creo que sirva de nada.

No, no tengo tiempo o la información/formación suficiente.

No lo hago, pero lo haría.

Sí, y no me importaría colaborar en la organización.

Sí, de hecho, ya lo he hecho en alguna ocasión.

17. PARA TODOS LOS ALUMNOS EXCEPTO LOS DE PRIMERO: ¿cómo consideras que está tu Centro desde el punto de vista ambiental con respecto al año anterior u otros años?

Peor.

Está igual.

Mejor.

18. ¿Introducirías alguna mejora de carácter medioambiental en tu centro? En caso afirmativo, explica cuál/es.

Sí (especifica):

No.

A continuación, puntúa tu grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones

**(1: Muy en desacuerdo; 2: En desacuerdo; 3: Indiferente; 4: De acuerdo; 5: Muy de acuerdo)**

19. El ingenio humano asegurará que no hagamos de la tierra un lugar inhabitable.

20. Nos estamos aproximando al número límite de personas que la tierra puede albergar.

21. A pesar de nuestras habilidades especiales, los seres humanos todavía estamos sujetos a las leyes de la naturaleza.

22. Las plantas y los animales tienen tanto derecho como los seres humanos a existir.

23. Los seres humanos tienen derecho a modificar el medio ambiente para adaptarlo a sus necesidades.

24. Con el tiempo, los seres humanos podrán aprender lo suficiente sobre el modo en que funciona la naturaleza para ser capaces de controlarla.

25. La tierra tiene recursos naturales en abundancia, tan sólo tenemos que aprender a explotarlos.

26. Si las cosas continúan como hasta ahora, pronto experimentaremos una gran catástrofe ecológica.

27. El equilibrio de la naturaleza es muy delicado y fácilmente alterable.

28. La idea de que la humanidad va a enfrentarse a una crisis ecológica global se ha exagerado enormemente.

29. Los seres humanos están abusando seriamente del medio ambiente.

30. El equilibrio de la naturaleza es lo bastante fuerte para hacer frente al impacto que los países industrializados le causan.

31. Para conseguir el desarrollo sostenible, es necesaria una situación económica equilibrada en la que esté controlado el crecimiento industrial.

32. La tierra es como una nave espacial, con recursos y espacio limitados.

33. Cuando los seres humanos interfieren en la naturaleza, a menudo las consecuencias son desastrosas.

34. Los seres humanos fueron creados para dominar al resto de la naturaleza.

¿TIENES ALGUNA OBSERVACIÓN O SUGERENCIA?

## 10.5 Anexo 5. Conciencia ambiental en los centros educativos

### 0. Datos Personales

Escuela:

Grado:

Edad:

Sexo: Hombre / Mujer

1. ¿En qué lugar/es recibes habitualmente información sobre medio ambiente? (puedes marcar una respuesta o varias)

- En clases.
- En actividades desarrolladas en mi Escuela.
- En revistas o programas especializados.
- En los medios de comunicación.
- No suelo recibir información sobre medio ambiente.
- Otras (especifique)

2. ¿En qué nivel te consideras informado o informada sobre asuntos ambientales en tu Escuela?

- Nada.
- Poco.
- Regular.
- Mucho
- Bastante

3. De los siguientes problemas actuales, puntúa los tres que más te preocupan (3 puntos para el que más, 2 puntos para el siguiente y 1 punto para el último)

- Medio ambiente.
- Salud
- Agricultura y economía
- Política
- Inmigración.
- Vivienda
- Seguridad ciudadana.
- Educación
- Desigualdad social.
- Genero
- Infraestructuras.
- Cultura
- Deporte.
- Otros (especifica):

4. ¿Conoces alguna secretaria, institución, ONG, o persona que se ocupen de la protección del medio ambiente?

- Sí (especifica):
- No.

5. ¿Sabías que México participa en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible? En caso afirmativo, ¿cómo te has enterado?

- Sí (especifica):
- Sí, algo he oído, pero no sé exactamente dónde.
- No.

6. ¿Crees que tu actividad cotidiana afecta negativamente al medio ambiente?

- No, nada.
- Sí, un poco.
- Sí, regular.
- Sí, bastante.
- Sí, mucho.

¿Por qué lo consideras?

7. De los siguientes problemas ambientales en tu Escuela, puntúa los tres que consideras más importantes (3 puntos para el que más, 2 puntos para el siguiente y 1 punto para el último)

- Quema de basura.
- Inadecuada climatización.
- Mal control de plagas.
- Iluminación innecesaria.
- Despilfarro de papel.
- Ruidos.
- Falta y mejora de espacios verdes.
- Despilfarro de agua.
- Generación excesiva de residuos y falta de contenedores.
- Mala gestión de residuos y vertidos en los laboratorios.
- Otros (especifica):

8. ¿Qué medio de transporte utilizas habitualmente para ir a clase? (1 respuesta)

- Coche (ocupación habitual \_\_\_ personas)
- Autobús.
- Moto.
- Bicicleta.
- Voy andando.
- Tren.
- Otros.

9. ¿Cuál es la principal razón para utilizar ese medio de transporte? (1 respuesta)

- Distancia/tiempo.
- Económica.
- Comodidad
- Salud
- Seguridad
- Respeto al medio ambiente.
- Otros (especifica):

10. De los siguientes contenedores para recolección selectiva de residuos, señala aquéllos que conoces o has utilizado en tu Escuela.

- ECOPUNTOS (cartuchos, pilas)
- Móviles.
- Cestos para recolectar papel dentro de las aulas
- Envases para residuos de laboratorio.
- Contenedores para residuos sólidos urbanos (materia orgánica, inertes, vidrio y papel).
- Otros (especifica):

11. ¿Qué contenedores para residuos consideras hacen falta en tu Escuela?

12. ¿Utilizas las hojas por las dos caras al tomar apuntes, imprimir o hacer fotocopias?

- No lo hago ni lo haría.
- No lo hago, pero lo haría.
- Sí, lo hago alguna vez.
- Sí, lo hago bastantes veces.
- Sí, lo hago siempre o casi siempre.

13. ¿Usas papel reciclado?

- No lo hago ni lo haría.
- No lo hago, pero lo haría.
- Sí, lo hago alguna vez.
- Sí, lo hago bastantes veces.
- Sí, lo hago siempre o casi siempre.

14. ¿Consideras interesante recibir formación/ información medioambiental en tu Escuela?

(Puedes marcar una respuesta o varias)

- No.
- Sí, en cursos, charlas y películas.
- Sí, en mis asignaturas.
- Sí, en excursiones y visitas a empresas.
- Sí, en folletos informativos, carteles, etc.
- Otros (especifica):

15. ¿Participarías en posibles campañas medioambientales que se pudieran organizar (charlas, visitas, actividades de voluntariado, etc.)?

- No, no creo que sirva de nada.
- No, no tengo tiempo o la información/formación suficiente.
- No lo hago, pero lo haría.
- Sí, y no me importaría colaborar en la organización.
- Sí, de hecho, ya lo he hecho en alguna ocasión.

16. PARA TODOS LOS ALUMNOS EXCEPTO LOS DE PRIMERO: ¿cómo consideras que está tu Escuela desde el punto de vista ambiental con respecto al año anterior u otros años?

- Peor.
- Está igual.
- Mejor.

17. ¿Introducirías alguna mejora de carácter medioambiental en tu Escuela? En caso afirmativo, explica cuál/es.

- Sí (especifica):
- No.

A continuación, puntúa tu grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones  
**(1: Muy en desacuerdo; 2: En desacuerdo; 3: Indiferente; 4: De acuerdo; 5: Muy de acuerdo)**

18.	El ingenio humano asegurará que no hagamos de la tierra un lugar inhabitable	
19.	Nos estamos aproximando al número límite de personas que la tierra puede albergar.	
20.	A pesar de nuestras habilidades, los seres humanos todavía estamos sujetos a las leyes de la naturaleza.	
21.	Las plantas y los animales tienen tanto derecho como los seres humanos a existir.	
22.	Los seres humanos tienen derecho a modificar el medio ambiente para adaptarlo a sus necesidades.	
23.	Con el tiempo, los seres humanos podrán aprender lo suficiente sobre el modo en que funciona la naturaleza para ser capaces de controlarla.	
24.	La tierra tiene recursos naturales en abundancia, tan sólo tenemos que aprender a explotarlos	
25.	Si las cosas continúan como hasta ahora, pronto experimentaremos una gran catástrofe ecológica.	
26.	El equilibrio de la naturaleza es muy delicado y fácilmente alterable.	
27.	La idea de que la humanidad va a enfrentarse a una crisis ecológica global se ha exagerado enormemente.	
28.	Los seres humanos están abusando seriamente del medio ambiente.	
29.	El equilibrio de la naturaleza es lo bastante fuerte para soportar al impacto que los países industrializados le causan.	
30.	Para conseguir el desarrollo sostenible, es necesaria una situación económica equilibrada en la que esté controlado el crecimiento industrial.	
31.	La tierra es como una nave espacial, con recursos y espacio limitados.	
32.	Cuando los seres humanos interfieren en la naturaleza, a menudo las consecuencias son desastrosas.	
33.	Los seres humanos fueron creados para dominar al resto de la naturaleza.	

¿TIENES ALGUNA OBSERVACIÓN O SUGERENCIA?

## 10.6 Anexo 6. Base de datos y resultados de la dimensión Afectiva y Activa

Base de datos de la dimensión Afectiva

	P21	P22	P29	P27	P23	P28	P30	P34	P20	P26	P31	P32	P33
1	5	5	4	4	2	4	4	1	4	4	4	1	1
2	4	5	3	4	3	3	1	1	3	5	4	3	3
3	2	3	1	2	3	2	3	1	1	3	2	1	3
4	2	3	2	2	2	2	1	1	3	3	2	2	3
5	3	1	2	1	2	2	1	1	3	3	1	2	3
6	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	3	2	5
7	4	4	4	4	4	4	1	1	2	4	4	1	1
8	4	5	5	4	3	4	5	1	3	5	2	4	4
9	3	5	3	1	1	1	5	5	5	5	5	2	3
10	5	5	5	4	3	3	1	2	3	4	3	2	5
11	4	4	3	2	1	4	4	3	3	4	2	4	3
12	4	5	4	1	4	3	3	1	3	2	4	2	4
13	2	4	5	4	5	4	2	1	2	2	2	2	4
14	5	5	1	2	5	3	2	5	3	2	4	4	2
15	2	1	3	1	4	4	2	4	1	3	2	1	3
16	5	4	3	5	4	4	4	3	3	4	5	3	4
17	4	4	5	4	4	2	4	1	5	4	2	4	4
18	4	4	3	2	3	2	4	5	4	3	4	4	5
19	5	4	5	4	5	3	5	2	5	5	4	3	5
20	2	5	5	4	3	4	5	2	3	1	3	4	5
21	4	5	5	4	2	4	4	2	1	4	5	4	4
22	3	4	4	3	2	3	3	2	3	4	3	3	3
23	3	5	5	5	2	3	2	2	2	4	1	3	4
24	4	5	3	5	1	3	3	1	3	5	5	4	3
25	3	5	4	4	2	5	4	3	3	5	5	3	4
26	2	3	4	4	5	4	1	5	4	4	3	4	2
27	2	4	4	3	2	3	2	2	2	5	3	2	4
28	2	5	5	5	1	4	5	1	2	1	1	2	5
29	4	5	4	4	4	5	3	3	2	3	4	2	5
30	4	5	5	2	4	1	4	1	4	3	4	5	2
31	4	5	4	4	3	4	1	2	4	4	4	2	3
32	5	4	4	4	2	2	2	1	4	4	3	4	4
33	5	5	5	5	1	2	1	1	5	1	5	5	5
34	2	4	4	2	4	3	4	2	2	2	4	2	2
35	4	4	4	5	4	4	2	2	4	4	3	3	4
36	5	4	5	4	4	5	2	3	4	5	4	5	5
37	5	5	5	4	4	5	4	2	3	5	3	4	5
38	5	5	5	4	1	4	1	1	4	5	4	4	4
39	5	5	5	5	1	5	1	1	4	5	5	5	5
40	1	1	5	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5
41	5	5	3	4	5	3	2	2	4	4	4	1	4
42	4	5	5	4	3	4	4	4	2	4	5	4	4
43	4	5	1	5	3	5	1	1	2	1	1	5	1
44	4	5	5	4	4	2	4	4	2	4	4	5	4
45	4	5	2	1	4	3	2	3	3	1	1	1	3

```

46 3 4 5 5 4 3 3 5 5 5 4 3 4
47 4 5 5 5 3 2 1 3 4 5 3 1 1
48 5 5 5 5 1 5 2 2 4 5 3 3 4
49 4 5 5 5 2 5 4 2 3 4 3 4 4
50 4 5 5 5 5 3 1 3 2 5 3 4 5
51 5 5 4 5 2 4 1 3 3 2 5 5 5
52 4 5 5 5 2 2 1 2 4 5 5 5 4
53 2 4 2 4 2 2 3 2 3 4 2 2 4
54 4 5 5 5 1 1 2 1 4 5 5 4 5
55 5 5 4 5 4 2 2 1 2 5 2 5 4
56 5 5 4 4 4 2 2 2 2 3 4 4 4
57 5 5 4 4 2 4 2 2 5 4 2 4 4
58 2 5 5 5 2 5 3 1 3 5 2 3 5
59 3 5 5 4 4 4 1 2 3 5 4 4 4
60 4 5 4 4 3 3 3 2 2 4 3 4 5

```

### RESULTADOS DE SALIDA

```
> library(ltm)
```

```
Loading required package: MASS
```

```
Loading required package: msm
```

```
Loading required package: polycor
```

```
> local ({pkg <- select.list(sort(.packages(all.Available = TRUE)), graphics=TRUE)
```

```
+ if(nchar(pkg)) library(pkg, character.only=TRUE)})
```

```
> DimAfectiva<-read.Table(file="clipboard," head=T)
```

```
> DimAfectiva
```

```

P21 P22 P29 P27 P23 P28 P30 P34 P20 P26 P31 P32 P33
1 5 5 4 4 2 4 4 1 4 4 4 1 1
2 4 5 3 4 3 3 1 1 3 5 4 3 3
3 2 3 1 2 3 2 3 1 1 3 2 1 3
4 2 3 2 2 2 2 1 1 3 3 2 2 3
5 3 1 2 1 2 2 1 1 3 3 1 2 3
6 5 5 4 5 4 5 4 4 5 5 3 2 5
7 4 4 4 4 4 4 1 1 2 4 4 1 1
8 4 5 5 4 3 4 5 1 3 5 2 4 4
9 3 5 3 1 1 1 5 5 5 5 5 2 3
10 5 5 5 4 3 3 1 2 3 4 3 2 5
11 4 4 3 2 1 4 4 3 3 4 2 4 3
12 4 5 4 1 4 3 3 1 3 2 4 2 4
13 2 4 5 4 5 4 2 1 2 2 2 2 4
14 5 5 1 2 5 3 2 5 3 2 4 4 2
15 2 1 3 1 4 4 2 4 1 3 2 1 3
16 5 4 3 5 4 4 4 3 3 4 5 3 4
17 4 4 5 4 4 2 4 1 5 4 2 4 4
18 4 4 3 2 3 2 4 5 4 3 4 4 5
19 5 4 5 4 5 3 5 2 5 5 4 3 5
20 2 5 5 4 3 4 5 2 3 1 3 4 5
21 4 5 5 4 2 4 4 2 1 4 5 4 4
22 3 4 4 3 2 3 3 2 3 4 3 3 3

```

```

23 3 5 5 5 2 3 2 2 2 4 1 3 4
24 4 5 3 5 1 3 3 1 3 5 5 4 3
25 3 5 4 4 2 5 4 3 3 5 5 3 4
26 2 3 4 4 5 4 1 5 4 4 3 4 2
27 2 4 4 3 2 3 2 2 2 5 3 2 4
28 2 5 5 5 1 4 5 1 2 1 1 2 5
29 4 5 4 4 4 5 3 3 2 3 4 2 5
30 4 5 5 2 4 1 4 1 4 3 4 5 2
31 4 5 4 4 3 4 1 2 4 4 4 2 3
32 5 4 4 4 2 2 2 1 4 4 3 4 4
33 5 5 5 5 1 2 1 1 5 1 5 5 5
34 2 4 4 2 4 3 4 2 2 2 4 2 2
35 4 4 4 5 4 4 2 2 4 4 3 3 4
36 5 4 5 4 4 5 2 3 4 5 4 5 5
37 5 5 5 4 4 5 4 2 3 5 3 4 5
38 5 5 5 4 1 4 1 1 4 5 4 4 4
39 5 5 5 5 1 5 1 1 4 5 5 5 5
40 1 1 5 5 1 5 5 1 5 5 5 5 5
41 5 5 3 4 5 3 2 2 4 4 4 1 4
42 4 5 5 4 3 4 4 4 2 4 5 4 4
43 4 5 1 5 3 5 1 1 2 1 1 5 1
44 4 5 5 4 4 2 4 4 2 4 4 5 4
45 4 5 2 1 4 3 2 3 3 1 1 1 3
46 3 4 5 5 4 3 3 5 5 5 4 3 4
47 4 5 5 5 3 2 1 3 4 5 3 1 1
48 5 5 5 5 1 5 2 2 4 5 3 3 4
49 4 5 5 5 2 5 4 2 3 4 3 4 4
50 4 5 5 5 5 3 1 3 2 5 3 4 5
51 5 5 4 5 2 4 1 3 3 2 5 5 5
52 4 5 5 5 2 2 1 2 4 5 5 5 4
53 2 4 2 4 2 2 3 2 3 4 2 2 4
54 4 5 5 5 1 1 2 1 4 5 5 4 5
55 5 5 4 5 4 2 2 1 2 5 2 5 4
56 5 5 4 4 4 2 2 2 2 3 4 4 4
57 5 5 4 4 2 4 2 2 5 4 2 4 4
58 2 5 5 5 2 5 3 1 3 5 2 3 5
59 3 5 5 4 4 4 1 2 3 5 4 4 4
60 4 5 4 4 3 3 3 2 2 4 3 4 5

```

```
> class (DimAfectiva)
```

```
[1] "data. frame"
```

```
> attach (DimAfectiva)
```

```
> names (DimAfectiva)
```

```
[1] "P21" "P22" "P29" "P27" "P23" "P28" "P30" "P34" "P20" "P26" "P31" "P32"
```

```
[13] "P33"
```

```
> summary (DimAfectiva)
```

```

      P21      P22      P29      P27      P23
Min. :1.000 Min. :1.00 Min. :1.000 Min. :1.000 Min. :1.000
1st Qu.:3.000 1st Qu.:4.00 1st Qu.:3.750 1st Qu.:4.000 1st Qu.:2.000
Median :4.000 Median :5.00 Median :4.000 Median :4.000 Median :3.000

```

```

Mean :3.767 Mean :4.45 Mean :4.033 Mean :3.817 Mean :2.917
3rd Qu.:5.000 3rd Qu.:5.00 3rd Qu.:5.000 3rd Qu.:5.000 3rd Qu.:4.000
Max. :5.000 Max. :5.00 Max. :5.000 Max. :5.000 Max. :5.000
  P28    P30    P34    P20    P26
Min. :1.00 Min. :1.00 Min. :1.000 Min. :1.000 Min. :1.000
1st Qu.:2.00 1st Qu.:1.00 1st Qu.:1.000 1st Qu.:2.000 1st Qu.:3.000
Median :3.00 Median :2.00 Median :2.000 Median :3.000 Median :4.000
Mean :3.35 Mean :2.65 Mean :2.167 Mean :3.183 Mean :3.817
3rd Qu.:4.00 3rd Qu.:4.00 3rd Qu.:3.000 3rd Qu.:4.000 3rd Qu.:5.000
Max. :5.00 Max. :5.00 Max. :5.000 Max. :5.000 Max. :5.000
  P31    P32    P33
Min. :1.00 Min. :1.000 Min. :1.000
1st Qu.:2.00 1st Qu.:2.000 1st Qu.:3.000
Median :3.50 Median :3.500 Median :4.000
Mean :3.35 Mean :3.217 Mean :3.767
3rd Qu.:4.00 3rd Qu.:4.000 3rd Qu.:5.000
Max. :5.00 Max. :5.000 Max. :5.000

```

> **descript (DimAfectiva)**

Descriptive statistics for the 'DimAfectiva' dataset

Sample:

Thirteen items and sixty sample units; zero missing values

Proportions for each level of response:

\$P21

```

  1  2  3  4  5
0.0167 0.1833 0.1167 0.3833 0.3000

```

\$P22

```

  1  3  4  5
0.05 0.05 0.25 0.65

```

\$P29

```

  1  2  3  4  5
0.0500 0.0667 0.1333 0.3000 0.4500

```

\$P27

```

  1  2  3  4  5
0.0833 0.1167 0.0333 0.4333 0.3333

```

\$P23

```

  1  2  3  4  5
0.1667 0.2500 0.1833 0.3000 0.1000

```

\$P28

```

  1  2  3  4  5
0.0500 0.2167 0.2500 0.3000 0.1833

```

\$P30

1 2 3 4 5  
0.2667 0.2500 0.1500 0.2333 0.1000

\$P34

1 2 3 4 5  
0.3667 0.3333 0.1500 0.0667 0.0833

\$P20

1 2 3 4 5  
0.0500 0.2333 0.3333 0.2500 0.1333

\$P26

1 2 3 4 5  
0.0833 0.0833 0.1333 0.3333 0.3667

\$P31

1 2 3 4 5  
0.0833 0.1833 0.2333 0.3000 0.2000

\$P32

1 2 3 4 5  
0.1167 0.2167 0.1667 0.3333 0.1667

\$P33

1 2 3 4 5  
0.0667 0.0667 0.1833 0.4000 0.2833

Frequencies of total scores:

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37  
Freq 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1  
38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62  
Freq 2 2 2 2 2 3 3 4 6 6 3 5 3 2 2 1 1 2 1 0 0 0 0 0  
63 64  
Freq 0 0

Cronbach's alpha:  
value

All Items 0.6415  
Excluding P21 0.6104  
Excluding P22 0.6154  
Excluding P29 0.5798  
Excluding P27 0.5896  
Excluding P23 0.6839  
Excluding P28 0.6394  
Excluding P30 0.6601  
Excluding P34 0.6540  
Excluding P20 0.6220  
Excluding P26 0.6126  
Excluding P31 0.5995

Excluding P32 0.6046

Excluding P33 0.6043

Pairwise Associations:

	Item i	Item j	p.value
1	1	3	0.977
2	5	12	0.935
3	7	11	0.902
4	8	10	0.838
5	1	8	0.825
6	4	7	0.794
7	7	12	0.784
8	3	7	0.781
9	8	12	0.772
10	7	8	0.726

> rcor.test (DimAfectiva, method="Kendall")

	P21	P22	P29	P27	P23	P28	P30	P34	P20	P26
P21	*****	0.380	0.069	0.195	0.090	0.053	-0.136	0.028	0.271	0.126
P22	0.001	*****	0.268	0.306	-0.116	0.101	-0.031	-0.008	-0.022	0.114
P29	0.533	0.021	*****	0.411	-0.056	0.173	0.104	-0.105	0.153	0.319
P27	0.080	0.009	<0.001	*****	-0.168	0.265	-0.113	-0.111	0.150	0.348
P23	0.404	0.306	0.604	0.123	*****	-0.015	-0.025	0.279	-0.143	-0.146
P28	0.623	0.376	0.114	0.016	0.887	*****	0.081	0.079	-0.044	0.117
P30	0.207	0.785	0.341	0.300	0.813	0.448	*****	0.109	0.014	0.010
P34	0.800	0.943	0.345	0.317	0.010	0.468	0.311	*****	0.015	0.030
P20	0.013	0.844	0.164	0.173	0.180	0.682	0.897	0.889	*****	0.286
P26	0.252	0.320	0.004	0.002	0.174	0.278	0.929	0.784	0.008	*****
P31	0.036	0.070	0.171	0.217	0.486	0.978	0.580	0.185	0.031	0.045
P32	0.016	0.073	0.004	0.006	0.266	0.644	0.989	0.683	0.214	0.235
P33	0.107	0.124	<0.001	0.001	0.498	0.079	0.146	0.767	0.320	0.096
	P31	P32	P33							
P21	0.227	0.259	0.178							
P22	0.205	0.203	0.177							
P29	0.149	0.316	0.437							
P27	0.135	0.299	0.356							
P23	-0.074	-0.118	-0.073							
P28	0.003	0.049	0.191							
P30	0.059	0.001	0.157							
P34	0.143	-0.044	0.032							
P20	0.230	0.133	0.108							
P26	0.216	0.128	0.182							
P31	*****	0.244	0.134							
P32	0.021	*****	0.285							
P33	0.214	0.008	*****							

upper diagonal part contains correlation coefficient estimates lower diagonal part contains corresponding p-values

La dimensión Activa abarca 6 preguntas: P16, P13, P14, P11, P8 Y P9.

```
> local ({pkg <- select. List(sort(.packages(all. Available = TRUE)),graphics=TRUE)
+ if(nchar(pkg)) library (pkg, character. Only=TRUE)})
> local ({pkg <- select. List(sort(.packages(all. Available = TRUE)),graphics=TRUE)
+ if(nchar(pkg)) library (pkg, character. Only=TRUE)})
> local ({pkg <- select. List(sort(.packages(all. Available = TRUE)),graphics=TRUE)
+ if(nchar(pkg)) library (pkg, character. Only=TRUE)})
> DimActiva <-read. table(file="clipboard", head= T)
> DimActiva
```

	P16	P13	P14	P11	P8	P9
1	4	3	3	3	2	1
2	3	5	4	3	6	4
3	1	3	1	4	6	1
4	3	2	2	3	6	1
5	4	4	3	1	5	1
6	4	4	2	1	6	1
7	4	4	2	3	5	1
8	3	3	3	3	6	5
9	2	3	2	3	6	6
10	4	5	3	3	6	1
11	3	4	3	3	6	4
12	5	3	1	3	6	5
13	5	5	4	5	5	5
14	4	4	2	4	5	1
15	1	3	1	3	6	1
16	4	3	3	3	5	1
17	3	4	3	3	5	5
18	3	3	3	3	5	1
19	4	5	2	1	6	1
20	5	5	4	3	5	1
21	3	5	3	3	6	6
22	4	5	2	5	5	1
23	5	5	4	3	5	1
24	3	5	2	5	6	4
25	3	3	2	3	6	2
26	3	5	3	3	5	1
27	4	5	4	5	5	1
28	5	5	3	5	6	6
29	3	3	5	5	6	1
30	3	3	3	3	5	1
31	3	3	2	3	5	1
32	4	3	2	3	5	2
33	4	5	3	3	5	1
34	4	5	3	4	5	4
35	3	4	3	1	5	1
36	4	5	5	5	6	4
37	4	3	2	5	6	5
38	3	3	3	4	6	4
39	3	5	2	3	5	1

```

40 3 2 2 3 5 1
41 3 5 3 5 6 1
42 4 4 3 5 5 1
43 5 3 3 5 6 3
44 3 5 3 5 5 1
45 3 4 2 5 5 1
46 3 5 4 3 5 1
47 2 5 3 3 5 1
48 3 3 2 3 5 2
49 5 3 2 5 6 1
50 4 4 2 3 5 1
51 2 3 3 3 5 1
52 5 5 2 3 6 1
53 3 3 2 4 6 5
54 3 2 3 3 6 6
55 4 5 3 5 3 2
56 4 4 3 3 6 5
57 4 4 4 3 5 1
58 4 5 3 3 5 1
59 3 4 3 3 6 1
60 4 5 3 3 6 1
> class (DimActiva)
[1] "data. frame"
> attach (DimActiva)
> names (DimActiva)
[1] "P16" "P13" "P14" "P11" "P8" "P9"
> library(ltm)
> summary (DimActiva)
  P16      P13      P14      P11      P8
Min. :1.000 Min. :2.000 Min. :1.00 Min. :1.00 Min. :2.000
1st Qu.:3.000 1st Qu.:3.000 1st Qu.:2.00 1st Qu.:3.00 1st Qu.:5.000
Median :3.500 Median :4.000 Median :3.00 Median :3.00 Median :5.000
Mean  :3.517 Mean  :3.967 Mean  :2.75 Mean  :3.45 Mean  :5.383
3rd Qu.:4.000 3rd Qu.:5.000 3rd Qu.:3.00 3rd Qu.:4.25 3rd Qu.:6.000
Max.  :5.000 Max.  :5.000 Max.  :5.00 Max.  :5.00 Max.  :6.000
  P9
Min. :1.0
1st Qu.:1.0
Median :1.0
Mean  :2.2
3rd Qu.:4.0
Max.  :6.0
> descript (DimActiva)

```

Descriptive statistics for the 'DimActiva' dataset

Sample:

Six items and sixty sample units; zero missing values

Proportions for each level of response:

\$P16

1	2	3	4	5
0.0333	0.0500	0.4167	0.3667	0.1333

\$P13

2	3	4	5
0.0500	0.3333	0.2167	0.4000

\$P14

1	2	3	4	5
0.0500	0.3333	0.4667	0.1167	0.0333

\$P11

1	3	4	5
0.0667	0.6000	0.0833	0.2500

\$P8

2	3	5	6
0.0167	0.0167	0.5000	0.4667

\$P9

1	2	3	4	5	6
0.6333	0.0667	0.0167	0.1000	0.1167	0.0667

Frequencies of total scores:

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Freq	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	5	8	4	4	9	11	1	6	1	0	0	

Cronbach's alpha:

value

All Items 0.3857  
 Excluding P16 0.3306  
 Excluding P13 0.3561  
 Excluding P14 0.3165  
 Excluding P11 0.2977  
 Excluding P8 0.3813  
 Excluding P9 0.3841

Pairwise Associations:

Item i	Item j	p.value
1	3	6 0.888
2	4	5 0.717
3	1	5 0.594
4	4	6 0.593
5	3	4 0.531

```
6 1 6 0.502
7 2 5 0.489
8 2 6 0.401
9 1 4 0.394
10 3 5 0.357
```

```
> rcor.test (DimActiva, method="Kendall")
```

```
  P16 P13 P14 P11 P8 P9
P16 ***** 0.267 0.136 0.130 -0.095 0.000
P13 0.018 ***** 0.352 0.107 -0.149 -0.104
P14 0.232 0.002 ***** 0.082 -0.175 0.024
P11 0.261 0.356 0.478 ***** 0.067 0.178
P8 0.428 0.214 0.144 0.583 ***** 0.379
P9 >0.999 0.361 0.835 0.125 0.002 *****
```

upper diagonal part contains correlation coefficient estimates lower diagonal part contains corresponding p-values

## 10.7 Anexo 7. Manual para Obtener y Analizar imágenes satelitales

### Obtener imágenes satelitales

1. Entrar a USGS ([earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov))
2. Crear una cuenta de acceso para descargar imágenes
3. Buscar por Path y Row el conjunto de imágenes del área de estudio
4. Si se desconoce el Path y Row descargar de INEGI el mapa de Path y Row.
5. Clasificar el tipo de Geocoder, Select method, Path y Row y fechas de interés. Mostrar
6. Como se ejemplo se descargó del Data Set: Landsat/ Landsat collection/ Level 1/ Landsat 8 OLI/ TIRS de la fecha 02 febrero 2019.
7. Descargar archivos en formato **.TIF** que corresponderá al número de bandas que proporcione el satélite seleccionado.
8. Corroborar que se descargan las bandas 4,5 y 6 para realizar la composición de bandas

### Composición de Bandas en ArcGIS

1. En ArcGIS cargar los archivos en formato **.TIF** de las **bandas 4, 5 y 6**
2. Abrir menú ArcToolBox y seguir la siguiente ruta
3. Data Management Tools/ Ráster/ Raster Processing/ Composite Bands
4. En el cuadro de dialogo agregar Capa de entrada en orden las imágenes rojo: 6, Verde 5 y azul 4, conocido como RGB. Dar nombre al archivo de salida en formato **.IMG**. Aceptar
5. Eliminar capas pancromáticas 4, 5 y 6. Y quedarse únicamente con la nueva capa generada con las 3 bandas
6. Re proyectar la nueva capa que se muestra en color visible


### Re proyectar una imagen satelital en ArcGIS

1. Abrir ArcToolBox y seguir la ruta:
2. Data Management Tools/ Projections and Transformation/Ráster/ Define projection
3. En el cuadro de dialogo. Input: Archivo de imagen a Re proyectar/ Output: guardar archivo en formato **.img**/ Output sistema coordenadas: buscar el sistema que corresponde al área de estudio, para este ejemplo se usara: WGS 1984 Zona 15N. Se puede agregar a favoritos para evitar buscar cada que se va Re proyectar una imagen.

Como buscar sistema de coordenadas: Projection/ UTM/ WGS84/ hemisferio norte/ Zone15N

### Crear una máscara

Una máscara es un tipo de buffer para tener delimitada el área de estudio más amplio

1. Menú Drawing/ icono  / dibujar un cuadrado que abarque el área de trabajo y un buffer
2. Menu Drawing/ Convertir Graphics to Features
3. En el cuadro de dialogo Guardar como "Mascara.shp" / Save a type: Shapefile/ ok
4. Do you want to add the exported data to the map / Yes/ Borrar cuadro de mascara del área de trabajo

### Hacer un recorte de la imagen satelital usando una mascara

1. Abrir ArcToolBox / Spatial Analysis Tools/ Extraction/ Extraction by Mask

2. En el cuadro de dialogo. Input: imagen satelital a cortar/ Mask: "Mascara.shp" / Output: nombrar la nueva capa, ejemplo: 4FEB85.c.img

Si se tiene un polígono del área de estudio ya delimitado

1. ArcToolBox/ Spatial Analysis Tools/ Extraction/ Extraction by Polygon

### **Clasificación digital método supervisado en ArcGIS**

#### **a) Crear buffer de tipos de coberturas**

1. Agregar imagen satelital con la composición de bandas 4, 5 y 6 o en RGB, con la re-proyección correspondiente y recortada o delimitada al área de estudio
2. Agregar el Menú Customize a la barra de tareas: Toolbars/ Draw
3. Acercar (zoom) a coberturas a clasificar, ejemplo a cuerpos de agua
4. Con la herramienta Drawing/ Colocar un punto en donde se ubique el cuerpo de agua.
5. Tratar de seleccionar puntos a lo largo de toda la imagen que correspondan al mismo tipo de cobertura a clasificar. Debe ser representativo.
6. En el cuadro de propiedades poner nombre. Ejemplo para cuerpos de agua nombrar a cada punto: Agua, Agua 2, Agua 3, Agua 4....
7. Hacer al menos 3 muestras de cada tipo de cobertura o tipo de suelo
8. Seleccionar todos los puntos en Menú Edit/ Select All Elements.
9. Menú Drawing/ Convertir Graphics to Features
10. En el cuadro de dialogo seleccionar la casilla: Update delete graphics after conversión/ Guardar como objeto de salida: "Muestras 1" en formato .SHP/ ok
11. Abrir ArcToolBox /Data Managements Tools/ Features/ Add XY Coordinates/
12. En el cuadro de dialogo. Agregar capa "Muestras1" / Ok
13. Seleccionar capa muestras con coordenadas/ Open attribute table/ Add Field/ nombre del campo: Muestras/ Type: Short Integer/ Precision: 5/ Ok
14. El paso anterior es para numerar las muestras
15. Seleccionar todos los campos clic derecho/ Copy selected/ Pegar en Excel/ Limpiar selección
16. Realizar un área de influencia o Buffer: ArcToolBox/ Analysis Tools/ Proximity/ Buffer
17. En el cuadro de dialogo. Input: "Muestras1" / name: "Muestras2" / Influencia de 50metros/ Convertir Graphic to Features/ Eliminar graficas después de conversión
18. **Nota:** si se requiere distinguir tipos de clasificación de uso de suelo muy similares en cultivos, en la opción Dissolve Type/ Usar disolución total: Dissolve: All.
19. Para clases antagónicamente diferentes usar: Null
20. Se crea un buffer a partir del punto de muestra
21. Eliminar campos innecesarios de la Tabla de Atributos de "Muestras 2". Guardar únicamente los campos: FID, SHP, Name y la numeración de las muestras
22. Determinar datos estadísticos de separabilidad
23. Crear nueva carpeta llamada "FIRMAS"

#### **b) Crear Firmas espectrales**

1. Abrir ArcToolBox/ Spatial Analysis / Multivariate / Crear Signatures
2. En el cuadro de dialogo. Input band: Imagen satelital con bandas compuestas RGB/ Input ráster: "Muestras2" / Sample field- en función de/ Elegir campo: Muestra/ Guardad en la nueva carpeta "FIRMAS" como "Firmas1" en formato. GSG/ Ok
3. En base a la firma creada:

#### **c) Elaborar clasificación de coberturas vegetal en ArcGIS**

1. Abrir ArcToolBox / Spatial Analysis/ Multivariate / Maximum Live hood Classification que es una Clasificación por máximo cercano
2. En el cuadro de dialogo. Input: imagen satelital compuesta/ Input signature fiel: "Firmas1" / Guardar como: "Cober1Firmas" / Factor de reflexión: Cero/ Prioridad: Equal/ Optional: Coincidencias/ Ok
3. En la nueva capa se observarán las clases de muestras
4. Eliminar la capa "Muestra2"

#### **d) Suavizamiento de la clasificación**

1. ArcToolBox/ Spatial Analysis/ Generalization / Majority filter
2. En el cuadro de dialogo. Input:" Cober1Firmas" / Guardar: "Cober2" en la carpeta FIRMAS/ Suavizar: number of neighbor to use: 8= 8x8/ Ok
3. El paso anterior reduce la Sal y Pimienta, es decir áreas muy pequeñas
4. Eliminar "Cober1Firmas"

#### **e) Convertir de Ráster a Vector**

1. ArcToolBox/ Conversion Tools/ From Ráster/ Ráster to Polygon
2. En el cuadro de dialogo. Input: "Cober2" / Fiel: Value/ Guardar: "Cober3" / Seleccionar casilla: Simplify/ Ok
3. Eliminar "Cober2"
4. Abrir Tabla de atributos de "Cober3" / Calcular superficie con 3 decimales: Menú Tabla/ Add Field/ Name: superficie/ Type: Float/ Field properties precisa: 8/ Scale: 3 que es equivalente a 3 decimales
5. Calcular superficie/ Clic derecho en nuevo campo "superficie" / Calculate Geometry
6. En el cuadro de dialogo: Property: Área/ Units: Hectares (Ha)/ Ok
7. Nota: para poder calcular el área adecuadamente la capa debe estar Re proyectada
8. En el Menú de la Tabla Seleccionar por atributos. En el cuadro de dialogo: Superficie <=0.1 Ha/ Ok. Este sirve para determinar la Unidad mínima cartografiable (UMC)

#### **f) Eliminar Unidad mínima cartografiable (UMC)**

1. ArcToolBox/ Data Management Tools/ Generalize/ Eliminate
2. En el cuadro de dialogo/ Input: "Cober3" / Guardar: "Cober4" / Seleccionar Eliminate polygon/Ok
3. Eliminar "Cober3"
4. Abrir Tabla de atributos de "Cober4" y recalculer área en Ha
5. Realizar segundo filtrado de UMC/ Seleccionar por atributos de <=0.25 Ha. Es equivalente a 50x50 metros
6. Repetir opción eliminar polígonos UMC/ Guardar Input: "Cober5"
7. Eliminar "Cober4"
8. Recalculer área en Ha en "Cober5"

#### **g) Join& Join. Unión de Tablas**

Sirve para vincular datos de dos tablas

- a) Una opción es modificar la extensión .dbf de "Cober5"
- b) Otra opción es desde ArcGIS
  1. Abrir Tabla de atributos de "Muestras1" / Editor/ Start editing/ Seleccionar "Muestras1" / Ok
  2. Borrar el número que acompaña a cada clase. Ejemplo de la Categoría "Bosque1" = Bosque/ Detener edición en Stop editing/ Yes/ Cerrar tabla de atributos
  3. Dar clic derecho en "Cober5" / Join and Relates/ Join...

4. En el cuadro de diálogo Join Data/ Choose the field: 1. Grid code; 2. Muestras1; 3. Muestras
5. Seleccionar Keep all records/ Ok/ Yes
6. Dar clic derecho en "Cober5" / Open Tabla/ Verificar la unión de tablas
7. Clic derecho en "Cober5" / Data/ Export Data/ Guardar: "Cober6" / Ok. Eliminar "Cober5"
8. De "Cober6" eliminar campos innecesarios: Point X, Y; Grid code; FID1
9. Recalcular área en Ha
10. Clic derecho en campo "Nombre" / Summation  $\Sigma$ / Seleccionar campo Superficie, Suma/ Guardar en formato .DBF/ Guardar como "Reporte1" / Yes/ Ok
11. Seleccionar "Cober6" y modificar en simbología los colores para mostrar de acuerdo con el tipo de coberturas y uso de suelo
12. Guardar el proyecto y salir

### **Clasificación No Supervisada en Erdas Imagine**

Para iniciar se debe tener la imagen satelital con el área de trabajo con la proyección correspondiente

1. Abrir Erdas Imagine un nuevo proyecto
2. Clic derecho en 2D View > Open Ráster > Cargar imagen a trabajar
3. Cambiar composición de bandas > Menú Ráster > Multiespectral > Layer 6, 5, 4
4. Ráster > Unsupervised > Unsupervised classification > en el cuadro de dialogo: Input: imagen a clasificar / Output lado izquierdo: "Clas1.img" / Output signature set: "Firmas.sig" / Número de clases = número de clases a discriminar se debe multiplicar por al menos 2 reiteraciones, cuando se presenten Cuerpos de agua, se debe agregar una clase más/ Interacciones de # repeticiones/ Convergencia del 95% = 0.950 / Seleccionar la casilla Clasificar ceros / Ok
5. Open Ráster Layer > "Clasi1" > Abrir tabla de atributos > Clic derecho > Display attribute table / En la tabla el Campo Opacity asignar ceros. Nota: La clase 0 no se toca, se inicia con clase 1 / Jugar con colores rojo y opacity para discriminar mejor las clases de uso de suelo/ renombrar directo en el campo Class names / para la siguiente clase seleccionar color amarillo y opacity y así sucesivamente con todas las clases
6. Clic derecho en Imagen Fit to frame / en la clase de uso de suelo anterior poner Opacity de cero / al finalizar las clases reasignar colores reales / Otorgar Opacity 1 a todos > Fit to frame > Cerrar tabla y Guardar
7. Realizar un filtro de suavizamiento > Ráster > Thematic > Neighborhood > Filtro 3x3 / Function: mayoría / Output: "Clas2" / Seleccionar casilla Ignorar ceros
8. Open Ráster "Class2.img" / Eliminar "Clase1" / Abrir tabla de "Class2" / A "Clase1" asignar opacity 1
9. Asignar nombre a las clases. Ráster > Table > Add class name > en la tabla escribir el nombre a cada clase

Agregar unidad de superficie. Table > Add area name: Superficie > Units: Ha / Cerrar tabla y guardar