El Colegio de la Frontera Sur

Impacto de la canalización del Río Vado Ancho sobre la cuenca baja, Laguna Panzacola y la pesquería.

Tesis
Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestro en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable
Con orientación en Manejo y Conservación de Recursos Naturales

Por

Mauricio Gálvez Marroquín

2017

El Colegio de la Frontera Sur

Tapachula, Chiapas, 15 de Junio de 2017.

Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Mauricio Gálvez Marroquín

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada

Impacto de la canalización del Río Vado Ancho sobre la cuenca baja, Laguna Panzacola y la pesquería.

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Nombre	Firma
Dr. Cristian Tovilla Hernández	_____
Dra. Dulce María Infante Mata	_____
Dra. María Mercedes Castillo Uzcanga	_____
M. José Reyes Díaz Gallegos	_____
Sinodal adicional	_____
Sinodal suplente	_____

Dedicatoria

A Dios por permitirme la experiencia que involucra estudiar un posgrado, por el crecimiento académico y conocimiento adquiridos.

A mi esposa, Elva López Muñoz por ser mi apoyo incondicional en cada momento complicado y por decir lo que necesité escuchar a cada momento de debilidad, desde el inicio de la maestría hasta el final.

A mis padres, Gloria Marroquín Rosales y Amílcar Cuauhtémoc Gálvez Paniagua por ser mi soporte, mis consejeros, impulsores y ejemplo de vida.

A mi hermana Zitlalic Gálvez Marroquín, por los consejos y asesoría en los momentos más oportunos de este proceso. Y a mi hermano Iván Gálvez Marroquín, por ser parte de esa familia que siempre me motivo.

Agradecimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca con número de CVU 635701 otorgada y al Posgrado de El Colegio de la Frontera Sur.

Al comité tutelar: Dr. Cristian Tovilla Hernández, Dra. Dulce María Infante Mata, Dra. María Mercedes Castillo Uzcanga. Así como al Dr. José Reyes Díaz Gallegos por su colaboración activa y participación continúa en este trabajo.

A los miembros de la Cooperativa de Pesca Sección Arriba por su colaboración incondicional. Por atender las entrevistas y por el apoyo en los muestreos en la Laguna Panzacola.

Lic. José Higinio López Urbina del Laboratorio de Análisis de Información Geográfica, por el apoyo proporcionado en esta investigación.

Al Luis Alberto del Laboratorio de Geoinformacion de la UNICACH Tonalá, por su apoyo capacitación y adiestramiento constate.

Y a cada una de las personas que desde el inicio me apoyaron y motivaron a realizar este posgrado.

Contenido

Resumen **1**

Palabras Clave **1**

Introducción **2**

Antecedentes. **4**

Antecedentes de la Cuenca del Vado Ancho y Laguna Panzacola. 8

Justificación **12**

Pregunta de investigación **12**

Hipótesis **12**

Objetivo **13**

Objetivos particulares 13

Metodología. **14**

Área de estudio. 14

Generación de mapas de cambios de uso de suelo. 16

Determinación del índice de sinuosidad del cauce. 19

Análisis batimétrico 21

Entrevistas 22

Método de análisis de las entrevistas. 22

Resultados. **22**

Usos de suelo 22

Periodo de cambio 1996-2003: 26

Periodo de cambio 2003-2015: 28

Batimetría 35

Parámetros fisicoquímicos. 38

Encuestas y entrevistas. 41

Cambios en el Río Vado Ancho y la cuenca baja. 41

Discusión. 48

Conclusiones. 56

Literatura citada. 56

Anexos 64

Anexo 1. Entrevista/Encuesta aplicada a pescadores de “Cooperativa Río Arriba” 64

Anexo 2. Articulo enviado para publicación. 67

Índice de figuras.

Figura 1. Embarcadero de la cooperativa de pesca Sección Río Arriba (entrada al canal artificial de navegación). 9

Figura 2. Mapa del área de estudio del Río Vado Ancho y Laguna Panzacola. 14

Figura 3. Ubicación geográfica de las obras de canalización. 15

Figura 4. Polígonos de la cuenca para estudio del Río Vado Ancho. 17

Figura 5. Imagen satelital de una tarquina en la periferia de la Laguna Panzacola..... 30

Figura 6. Comparativo de una tarquina en la periferia de la Laguna Panzacola. 31

Figura 7. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 1996. 32

Figura 8. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 2003. 33

Figura 9. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 2015. 34

Figura 10. Profundidad histórica de Laguna Panzacola. (R=0.4) 35

Figura 11. Profundidad promedio de todos los datos para cada año. 36

Figura 12. Mapa batimétrico de la Laguna Panzacola en el año 2005. 37

Figura 13. Mapa batimétrico de Laguna Panzacola en el año 2006..... 37

Figura 14.Contenido de oxígeno disuelto histórico de la laguna Panzacola. 38

Figura 15. pH histórico de laguna Panzacola. 38

Figura 16.Salinidad histórica de la Laguna Panzacola (ppm)..... 39

Figura 17.Temperatura histórica de Laguna Panzacola. 39

Figura 18. Cambios percibidos por los pescadores a través del tiempo en el Río Vado Ancho. 41
Figura 19. Percepción de los pescadores, respecto al origen de los cambios en el Río Vado Ancho y Laguna Panzacola. 42
Figura 20. Cambios percibidos por los pescadores a través del tiempo en Laguna Panzacola..... 43
Figura 21. Comparación de pesca diaria por pescador de la cooperativa Sección Río Arriba en la laguna Panzacola..... 44
Figura 22. Porcentaje de reducción de pesca por especie (Comparativo actual vs ADC). 44
Figura 23. Dendrograma resultante de análisis de las entrevistas. 45
Figura 24. Grupos de pescadores según análisis clúster. N=72 46
Figura 25. Lirio acuático y balona (Nympha sp.) en Laguna Panzacola. 47
Figura 26. Ejemplo de áreas de manglar regeneradas (2015 vs 1996). 50
Figura 27. Inundaciones en la Comunidad de Río Arriba (Septiembre del año 2016)... 52
Figura 28. Mapa del área de estudio del Río Vado Ancho y Laguna Panzacola. 83

Índice de cuadros.

Cuadro 1.Lista de imágenes utilizadas para el estudio. 17
Cuadro 2.Descripción de las clases de coberturas y usos de suelo utilizados en la digitalización. 18
Cuadro 3. Matriz de confusión para validación de mapa de clasificación. 23
Cuadro 4. Matriz de detección de cambio de uso de suelo correspondiente a los años 1996 a 2003. Superficies estimadas en hectáreas (ha). 25
Cuadro 5. Pérdidas y ganancias en las coberturas de la cuenca del Río Vado Ancho. 27
Cuadro 6. Matriz de detección de cambio de uso de suelo correspondiente al año 2003 a 2015. Superficies estimadas en hectáreas (ha). 29
Cuadro 7. Tabla de índices de sinuosidad por año de análisis del Río Vado Ancho. 40

Resumen

El manejo inadecuado y diversas alteraciones a las cuencas están degradando paulatinamente la estructura y ecología de los ríos, así como a los sistemas de humedales presentes en las cuencas de la costa de Chiapas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la canalización y los cambios de uso de suelo en la cuenca del Río Vado Ancho, a lo largo del río hasta su desembocadura en el sistema de humedales de la Reserva de Biosfera La Encrucijada, así como en la pesca que se realiza en la cuenca baja de este río. Se calcularon para los años 1996, 2003 y 2015 el índice de sinuosidad y los cambios de uso de suelo en la cuenca, por medio de sistemas de información geográfica, así mismo se entrevistó a la población pesquera de la comunidad de Río Arriba y se realizaron levantamientos batimétricos en la Laguna Panzacola. Se encontró que la cuenca ha sufrido un proceso de intensificación de su uso, principalmente por la conversión de grandes áreas forestales, pastizales y agrícolas a cultivo de palma africana. Las obras están generado un confinamiento del caudal que favorece el arrastre de sedimento y genera azolvamiento en la cuenca baja. La profundidad promedio de la Laguna Panzacola, ha disminuido desde 1996 hasta el 2012, sin embargo se ha mantenido igual desde ese año hasta el 2016, sin embargo la batimetría presenta uniformización de su profundidad alrededor de los 0.80 m en toda la extensión de la laguna. La cuenca baja presenta mortandad de peces, inundaciones, cambios en el tipo de sedimento y disminución de los ingresos económicos para la cooperativa Sección Río Arriba a consecuencia del manejo inadecuado de la cueca.

Palabras Clave

Usos de suelo, sedimentos, azolvamiento, sinuosidad, pesca.

Introducción

Las corrientes de agua que atraviesan el paisaje son de diversas dimensiones y varían desde manantiales hasta grandes ríos, que se desplazan hacia las partes bajas de las colinas y convergen con otros escurrimientos. La red de drenaje, la topografía y la geometría de los ríos, así como las variaciones de estas características a través del cauce determinan en gran medida los procesos biológicos y dinámicos de los ríos (Granados et al. 2006). Las curvas de los ríos disipan la energía hidráulica a lo largo del gradiente longitudinal y altitudinal, de esta manera se favorece la deposición de sedimentos a través del cauce y se evita que las avenidas de agua lleguen con mayor fuerza a la parte baja y desembocaduras (Forman 1999, Mitsch y Gosselink 2000), que en algunos casos son humedales costeros como, planicies de inundación, pantanos de agua dulce, manglares, lagunas y desembocaduras.

La dinámica de explotación incentivada por el modelo de desarrollo actual promueve la conversión de los paisajes naturales a sitios dedicados a la producción, sin considerar aspectos ecológicos (Toledo 2006). En ese sentido la estructura y funcionalidad de los ríos, así como la de los bosques riparios han sido afectadas principalmente por actividades antrópicas, como la agricultura, ganadería, deforestación, explotación forestal, minería y urbanización (Ceccon 2003). Por otra parte, se está amenazando la diversidad biológica y conectividad hidrológica de los ríos, los humedales asociados, así como la calidad y disponibilidad de agua con la construcción de presas, desviación de ríos, canalizaciones y extracción de agua (Garrido et al. 2010)

Estas actividades favorecen la erosión hídrica de los suelos, que afecta gran parte del territorio nacional y constituye un serio problema ambiental en México (Colín-García et al. 2013). El potencial de erosión depende de diversos factores naturales como clima (lluvia), topografía (pendiente) así como del tipo, uso y manejo del suelo y puede llegar a niveles extremos en su acción conjunta (Santacruz 2011). Según Roder et al. (2006) la pérdida de cobertura vegetal favorece la erosión de suelo en las cuencas debido a que las plantas funcionan como una capa protectora que disminuye la capacidad erosiva de la lluvia y por lo tanto la pérdida de vegetación representa un problema grave para las cuencas.

Lo anterior aunado a una planeación deficiente del uso de la tierra, la sobreexplotación del agua de los ríos y del manto freático, la descarga de contaminantes directamente en los ríos, el crecimiento urbano y el desarrollo de infraestructura carretera son los elementos que degradan en diferentes medidas el equilibrio ecológico de los humedales costeros (Garrido et al. 2010, Toledo 2006). Estas condiciones generan un grave deterioro en la cuenca baja de los ríos, debido a que los impactos que suceden a lo largo de la cuenca constituyen una sumatoria de eventos en la parte baja del río (Pringle 2001, Granados et al. 2006).

Según Machuca (2014) el estado de Chiapas ha sufrido en los últimos años procesos cambio de uso de suelo sobre la cuenca y rectificación de ríos que impactan negativamente los cuerpos de agua de la costa y degradan directa e indirectamente las condiciones ecológicas, económicas e incluso sociales de la región. Por otra parte se han presentado fenómenos meteorológicos extremos, que debido a los cambios globales y las condiciones de la cuenca han causado graves procesos de erosión hídrica (Pérez-Nieto et al. 2012). Según el Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (PMREBIEN) los efectos se reflejan en el desbordamiento de ríos, deslaves, pérdida de suelo, nutrientes y cobertura de la vegetación riparia así como un mayor arrastre de sedimentos y en consecuencia azolvamiento de los cuerpos de agua de la planicie costera que afectan gravemente la economía de las comunidades humanas aledañas a los ríos y los sistemas costeros. Ejemplo de esto es el Huracán Mitch en octubre de 1998 debido a que la fuerza de este meteoro arrastro cuenca abajo un exceso de sedimentos, soterrando áreas importantes de pesca, vegetación de manglar y pantanos de agua dulce (Carbajal-Evaristo 2014). Posterior a este fenómeno se empezaron a llevar a cabo las primeras canalizaciones en los ríos, las cuales se intensificaron después del paso del Huracán Stan en octubre del 2005 por lo que a la fecha se han canalizado la mayoría de los ríos de la costa (De la Presa y Tovilla-Hernández 2013, Escalante 2006).

Según Tovilla-Hernández (2005) todos los sistemas lagunares y estuarinos de la costa de Chiapas padecen diferentes grados de azolvamiento, presentándose con mayor gravedad en las lagunas de Buenavista, La Joya, Chantuto, Campón, Cerritos, Panzacola

y Cabildos. Así mismo las obras de dragado con fines acuícolas y que han sido financiadas por la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), la Secretaría de Pesca del Estado y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) han acelerado el proceso de azolvamiento. Los efectos se reflejan en la degradación de los servicios ambientales de los humedales, dentro de los que se encuentran la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma, regulación del clima, conservación de ciclos biológicos, captura de agua, suministro de refugio y crianza para una gran diversidad de especies, muchas de ellas de interés económico para el ser humano aunado a su valor por belleza y significado cultural (Sanjurjo 2001).

Por lo tanto, es importante evaluar el efecto de la canalización del cauce y el cambio de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho en la costa de Chiapas. De esta manera se pretende contar con una base científica para un manejo adecuado de la microcuenca, el aprovechamiento de los recursos hídricos, el uso de suelo, las pesquerías y la conservación de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada en beneficio de los habitantes, así mismo pueden ser de utilidad para identificar las zonas de prioridad para intervención y conservación.

Antecedentes.

La canalización de ríos es una práctica que consiste en modificaciones al canal generalmente para controlar el flujo de agua, proveer sitios de navegación, o por reubicación del cauce (Brookes 1988). Esta actividad propicia un enorme aumento en el gradiente del lecho y puede generar cambios morfológicos abruptos como la ampliación y profundización del canal, aumento de la velocidad del flujo y disminución de longitud. Por otra parte, destruye el equilibrio natural del régimen del flujo provocando erosión de los bancos de material y elevadas concentraciones de partículas suspendidas que se depositan más adelante, generalmente en las zonas bajas, donde la carga de sedimentos no logra ser transportada por el flujo, generando degradación (desgaste, erosión) aguas arriba y agradación (acumulación de sedimentos) aguas abajo (Brooker 1985, Simon y Massimo 2006).

A nivel mundial se han realizado obras de canalización de ríos y grandes extensiones de vegetación sobre las cuencas ha sido eliminada por actividades antrópicas con la intención de ganar terreno útil para cultivos, ganadería y urbanización, como el caso del río Ebro de Meandros Libres en Aragón, España y el río Achumani en La Paz, Bolivia (Molina et al.1995, Ollero et al. 2004).

En los ríos la presencia de meandros se deriva de la necesidad que tiene el río de disipar un exceso de energía, por lo que se establece un balance entre zonas de erosión y depósito lo largo del cauce y esta morfología depende de factores como el clima, hidrología y topografía (Santos-García et al. 1991). Según Ollero et al. (2004) las obras de rectificación además de costosas, no son efectivas como protección y conllevan efectos negativos, debido a que los ríos tienden a recuperar su equilibrio propiciando inundaciones y multiplicando la fuerza erosiva en las zonas donde se constriñe el río.

Algunos estudios, como es el caso del Río Cauca que es uno de los más grandes de Colombia, afirman que la construcción de diques sobre el cauce, incrementa la ocurrencia de niveles máximos en el río y originan desbordes en sectores de la cuenca donde antes no ocurrían (Ramírez-Callejas et al. 2006). Otros estudios han determinado el índice de sinuosidad de cauces fluviales como parte de la caracterización y clasificación morfológica de los ríos (Vidal-Abarca et al. 1987). Este valor brinda cierta idea de las características sedimentológicas y condiciones medioambientales que controlan la evolución del mismo, así mismo da una idea de lo que divagan los meandros respecto a la dirección media del río (Santos-García et al. 1991).

En Chiapas, la construcción de obras no planificadas de dragado de lagunas, drenado de pantanos, rectificación de cauces y sistemas de riego son considerados factores que alteran los patrones hidrológicos, favorecen el azolve y sobre saturan de nutrientes las lagunas costeras (PMREBIEN 1999), siendo estos elementos el origen del impacto sobre la producción pesquera y a su vez en la economía local en algunas comunidades.

Según la SEMARNAT (2010) el cambio de uso de suelo forestal se entiende como la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a

diversas actividades entre ellos fraccionamientos, áreas agrícolas o pecuarias y parques industriales.

El cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) ha estado presente en Chiapas desde 1948 a cargo de pequeños productores, pero fue a partir 1996 que por medio del Programa de Plantaciones para la Región Sur y Sureste del país en los estados de Chiapas, Campeche, Tabasco y Veracruz (Palacios-Pérez et al. 2003) se expandieron los cultivos de palma, a tal medida que entre 1995 y 2001 la superficie cultivada aumentó en más de 1,000% a nivel nacional (SAGARPA 2004). Una siguiente etapa se inicia en el periodo 2004 a 2014 mediante el Plan Rector de Palma de Aceite, implementado por el Gobierno Federal Mexicano, este plan pretendía entre otras cosas incrementar la superficie sembrada en diversas regiones del país dentro de las que se considera el Soconusco (Castro-Soto 2010). En vista de que dicho programa se vió rebasado en 2009 el Gobierno del Estado de Chiapas, en el marco de la llamada reconversión productiva, anunció que destinaría 83 millones de pesos para ampliar 11 mil hectáreas de cultivo de palma africana, aunada a eso el Gobierno Federal anunció que el campo de Chiapas recibiría 300 millones de pesos para los cultivos más rentables que el maíz como es el caso de la palma africana (Castro-Soto 2010).

Los usos de suelo principalmente agrícolas y ganaderos generan sedimentos debido a la erosión hídrica, los escurrimientos de agua arrastran los sedimentos a través de la cuenca hasta los ríos, donde son transportados a lo largo de su trayectoria, hasta que el flujo pierde energía y las partículas se depositan generando cambios bruscos en el lecho y azolvamiento de las zonas bajas (Galván et al. 1999). Los cambios de uso de suelo en una cuenca, son una variable importante para los sistemas fluviales debido a que la conversión de zonas forestales en aprovechamientos agrícolas o ganaderos, modifican el transporte de sedimentos y la deposición en los ríos, permiten que llegue mayor contaminación a las corrientes aguas abajo y pone en riesgo el mantenimiento de la fauna acuática y ribereña. Asi mismo, afectan la cantidad de agua disponible, su calidad y las vías para su flujo (Granados-Sánchez 2006).

En conjunto, las obras de protección y el cambio de uso de suelo son variables que intervienen de manera importante en el proceso de azolvamiento, degradación del

paisaje pluvial y el funcionamiento de los ecosistemas de cuenca y costeros así como incrementan el peligro en cada crecida (Granados-Sánchez 2006, Ramírez-Callejas 2006).

Estudios que sustentan lo anterior son el de Ruiz-Fernández et al. (2005), quienes estudiaron la laguna Ohuira ubicada Topolobampo, Sinaloa, estimando una tasa de azolvamiento 18 veces mayor en 2005 comparado con la de 125 años atrás. Este incremento fue atribuido a la expansión de la agricultura extensiva en la región, así como a obras de canalización en el río El Fuerte a partir del año 1900. Respecto a los efectos de la canalización, un claro ejemplo es el estudio de Aragonés et al. (2014) quienes evaluaron los cambios en la distribución de sedimentos, la batimetría y la cobertura vegetal en la desembocadura del río Segura en España, antes y después de la canalización del cauce, encontrando cambios en el tamaño de grano arrastrado hacia la costa, provocando áreas de acreción y regresión que ponen en riesgo las viviendas en la playa. El cambio en el tipo de sedimentos por la canalización, a su vez favorece la proliferación de especies vegetales que 17 años atrás no existían en el sitio.

El azolvamiento de lagunas costeras se produce generalmente de manera directa por la erosión en la cuenca alta, media, baja y en la planicie costera producto del manejo inadecuado agrícola, ganadero y la deforestación (Flores et al. 2007). Sin embargo, las actividades productivas realizadas en las lagunas costeras motivan el mantenimiento de estos ecosistemas y su comunicación con el mar, y como una forma de mitigación periódicamente se les ejecuta obras de protección y dragado pero sin tomar en cuenta los efectos que puedan generar en otras partes del ecosistema (Treviño et al. 1986), como pantanos y manglares.

Machuca (2014) describe la situación general de la zona costera de Chiapas y afirma que el sedimento erosionado en la cuenca alta y media es arrastrado por los ríos y arroyos hasta la desembocadura, donde azolvan la parte baja de la cuenca y los sistemas lagunares. Durante los últimos 25 años, la actividad pesquera ha tenido una enorme disminución debido al azolvamiento de las lagunas y esteros, como solución el gobierno federal y estatal ha promovido la realización de dragados en los sistemas lagunares a petición de las cooperativas de pesca, estas acciones agravan aún más la

problemática al acelerar la pérdida de áreas de manglar en los sistemas estuarinos como Carretas-Pereyra y Chantuto–Panzacola.

Es por eso que las actividades productivas que se realizan en toda la extensión de la cuenca cobran relativa importancia para el mantenimiento sustentable de las actividades productivas en la cuenca baja. Una manera de evaluar, como este tipo de cambios de uso de suelo se relacionan con el azolvamiento en la cuenca baja son los análisis y modelados de cambios de uso de suelo sustentados en sistemas de información geográfica (SIG), debido a que son herramientas muy útiles para identificar las áreas con mayor probabilidad de cambiar, evaluar, predecir y simular procesos como cambios de uso de suelo y erosión así como para entender los procesos que provocan esos cambios e incluso de inferir situaciones futuras basadas en diferentes escenarios (Veldkamp y Lambin 2001, Xiang y Clarke 2003). Ejemplo de este tipo de estudios son el de García et al. (2012) quienes evaluaron los cambios de uso de suelo en la microcuenca del Río San José, en el altiplano mexicano, entre los años 2000 y 2008, encontrando que el cambio más significativo fue la conversión de áreas forestales en agricultura de temporal.

Dentro de los pocos estudios que contemplan características de la cuenca y el cauce de los ríos así como los efectos sobre la zona costera de Chiapas se encuentra el estudio de Linares (2007) quien cuantificó las concentraciones de pesticidas organoclorados en los sedimento de los Ríos Madre Vieja, Ulapa, así como en los sedimentos de la Laguna de Chantuto, encontrando acumulación de pesticidas en la cuenca baja y en mayor concentración en la Laguna Chantuto, así mismo indica que las concentraciones detectadas pueden suponer riesgos para el medio ambiente debido a que este tipo de compuestos presentan características de persistencia, bioacumulación, dispersión a grandes distancias y deposición en zonas lejanas a su emisión.

Antecedentes de la Cuenca del Vado Ancho y Laguna Panzacola.

Tovilla-Hernández (2005) describe la vegetación ribereña histórica de la costa de Chiapas y como en 1960 podía observarse una cobertura vegetal continua desde la sierra hasta los manglares; en la actualidad la deforestación y cambios de uso de suelo

derivados de la creciente población a partir de los años 70, representan el inicio del problema a lo largo de las microcuencas de la costa de Chiapas. No obstante, las obras ejecutadas en los ríos de la costa de Chiapas a partir de 1975, como parte del Plan Hidráulico de la costa de Chiapas para ampliar las fronteras ganaderas, favorecer la navegación y las pesquerías, han modificado los mantos acuíferos, caudal, batimetría, hábitat y ecología de los ríos (CONAGUA 2006).

Ejemplo de ello son las grandes obras de dragado realizadas sobre los 22 ríos de la costa de Chiapas, realizadas en el periodo 2005 - 2007, aprovechando la contingencia (bajo la modalidad por contingencia que no incluye la realización de un Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) posterior al huracán Stan, y una segunda fase de enrocamientos y bordes longitudinales ejecutados durante enero 2007 – abril 2010. Cabe mencionar que dentro de los ríos sometidos a estas obras se encuentran el Vado Ancho, Huixtla, San Nicolás, Chalaca, Cintalapa, Despoblado, Suchiate, entre otros (Tovilla-Hernández 2008).

La CONAGUA (2004) construyó un canal artificial de navegación (Canal Muerto) desde la comunidad Río Arriba hacia los manglares hasta llegar al estero tributario de la Laguna Panzacola (GDC s.f.). Esto con el objetivo de garantizar la navegación durante cualquier época del año, cosa que era literalmente imposible debido al azolvamiento del Río Vado Ancho (Figura 1).

Figura 1. Embarcadero de la cooperativa de pesca Sección Río Arriba (entrada al canal artificial de navegación).

Los efectos de estas obras fueron la ruptura del equilibrio en los procesos naturales de acarreo y depósito de sedimentos en las partes bajas de los mismos cuerpos de agua, cierre de bocabarras, azolve de lagunas, desaparición o cambio del cauce natural de ríos y todo ello afectando, finalmente, a la actividad pesquera (PMRBEBIEN 1999). Aunado a lo anterior diversas especies de aves, peces, crustáceos, anfibios, reptiles, mamíferos residentes y migratorios asociados a los humedales costeros viven, se reproducen y se alimentan en los cuerpos de aguas estacionales y permanentes como pantanos y lagunas costeras (pampas), por lo que migran o mueren al perderse esta agua y secarse los humedales debido a estas obras (Tovilla-Hernández 2004). En general se ha modificado la estructura natural de los cauces generando azolvamiento en la parte baja de los ríos y en los sistemas lagunares y se ha impactado negativamente la cobertura vegetal y la dinámica estuarina principalmente en las Laguna Cerritos, Panzacola, La Grande y un sin fin de cuerpos de agua estacionales que se ubican en los últimos ocho kilómetros del curso del río (Tovilla-Hernández et al. 2010).

Desde el año de 1990 se han realizado monitoreos batimétricos en Laguna Panzacola, como parte de un estudio integral de la zona costera de Chiapas. Este estudio batimétrico encontró una profundidad promedio de 1.72 m en el año de 1990 y 0.88 m en el año 2012. Lo que implica la pérdida de 0.84 m de profundidad promedio a lo largo de 22 años de cambios constantes sobre la cuenca (Contreras 1994, Tovilla-Hernández et al. Inédito). En general, se ha estudiado poco estos procesos en la costa de Chiapas, debido a ello existe escasa información científica que cuantifique y evalúe el impacto que generan estas obras y cómo éstas repercuten en la economía local por una disminución en la pesquería y la calidad del agua de los sistemas lagunares (Tovilla-Hernández 2004).

Entre el periodo de 2000-2007 se llevaron a cabo el dragado de las lagunas costeras Chantuto, Cerritos y Panzacola. Esto generó la pérdida de 17.7, 98 y 55 ha de vegetación de pantanos y manglares aledaños a estos sistemas lagunares, primeramente por la eliminación de la vegetación por deforestación en las áreas destinadas como depósitos de arena producto de la excavación, y en segunda instancia debido al pésimo sistema de contención y la mala calidad del material de construcción de los confinamientos construidos (localmente denominados “tarquinas”). A los pocos meses de

construidos estos depósitos, se rompieron causando el derrame de sedimentos en la periferia de cada tarquina. Esto ocasionó cambios en las condiciones del suelo, modificando la vegetación o llegando a eliminarla, por la alta salinidad y cambios en el flujo de agua al sistema; así como a cambios en el pH (De la Presa 2005, De la Presa y Tovilla 2013).

Estudios sobre la Laguna Cerritos han demostrado la disminución de la profundidad, volumen de agua y superficie de la laguna (Carbajal-Evaristo 2014). Encontrando una disminución de 0.14 m de profundidad anual, e incluso se registraron valores de profundidad de 0 m en un 39% del área de la laguna a partir del año 2008. La causa del deterioro es atribuida a obras de canalización sobre el Río Cintalapa implementadas entre los años de 1998 y 2009 posterior a los huracanes Mitch y Stan. Debido a ello, las áreas de manglar fueron soterradas, eliminando la vegetación y provocando que los ingresos económicos en las comunidades Las Lauras y Embarcadero Río Arriba disminuyeran considerablemente (Carbajal-Evaristo 2014).

Durante los años 2014 y 2015, al finalizar las lluvias entre octubre y enero, el material sedimentado en la laguna Panzacola ha favorecido el establecimiento de lirio acuático *(Eichhornia crassipes)* y balona (*Nympha sp*) en diversas áreas de la laguna, principalmente en la entrada que conecta con el estero y en el extremo oriente. Este es un problema similar a lo que ya se observa en otros sistema de la costa de Chiapas, (Laguna Cerritos, Teculapa, Campón y Chantuto) donde además de azolvamiento, las diversas alteraciones en la cuenca inciden en el proceso de eutrofización (Hernández 2014, Carbajal-Evaristo 2014). Esto acelera el proceso de azolvamiento y disminuye el área de pesca pesquera de la laguna en pocos años.

Existen pocos estudios sobre capturas de peces y macro invertebrados, pero son muy importantes debido a que son una referencia de la diversidad que podemos encontrar en el sistema Chantuto-Panzacola: Díaz-Ruiz et al. 2006, describen la comunidad de peces encontrando 1,456 peces de 31 especies. Barba-Macias et al. (2012) describen principalmente la abundancia y biomasa de camarones y jaibas en las evaluando 3,169 crustáceos pertenecientes a 18 especies, asi también Gómez-Ortega (2013) determino una serie de parámetros físicos y químicos en este mismo sistema.

Justificación

La cuenca baja del Río Vado Ancho constituye un elemento importante de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada. Dicha reserva mantiene vegetación representativa de la costa de Chiapas como son: manglares, tulares, zapotonales, matorral costero, vegetación flotante y subacuática, palmares, selva mediana subperennifolia y baja caducifolia. Los ecosistemas costeros que alberga son considerados dentro de los más productivos del planeta y proveen diversos servicios ambientales (PMREBIEN 1999).

Es importante conocer el funcionamiento de estos sistemas y los efectos de las obras de canalización del cauce y los cambios de uso de suelo de la cuenca, debido a que el proceso de azolvamiento que se presenta es cada vez más acelerado y de mayor magnitud principalmente en lagunas, esteros, manglares y en la desembocadura de los ríos. Para el caso del Río Vado Ancho la evaluación de esta problemática contribuirá en la comprensión del impacto generado por la gestión actual de la cuenca sobre la estabilidad de los cuerpos de agua en la zona costera, la flora, fauna y las comunidades humanas que habitan estas regiones, de manera que se cuente con la base científica que permita priorizar áreas de conservación y argumenten la toma de decisiones respecto a la ejecución de obras realizadas sobre el río. Incluso este tipo de estudios pueden ser la base para justificar el regreso del río a su cauce original antes de 1990 e incentivar el buen manejo de los recursos hídricos de las cuencas en la búsqueda de un manejo integral de las microcuencas y zona costera.

Pregunta de investigación

- ¿Los cambios de uso del suelo a lo largo de la cuenca y la canalización del cauce del Río Vado Ancho, han modificado la batimetría de la Laguna Panzacola y en consecuencia las capturas pesqueras de la Comunidad de Río Arriba?

Hipótesis

- La cuenca del Río Vado Ancho ha sido transformada drásticamente convirtiendo áreas naturales en zonas de cultivo, ganadería y asentamientos urbanos lo que ha

potencializado el efecto de erosión hídrica provocando azolvamiento en la cuenca baja y laguna Panzacola.

- La canalización y rectificaciones del Río Vado Ancho, han afectado a la Laguna Panzacola, debido a que favorecen la erosión y arrastre de sedimentos hacia la cuenca baja, propician la disminución de la profundidad y modifican la vegetación cercana a Laguna Panzacola así como la de pantanos y manglares de la cuenca baja.
- La capacidad pesquera en Laguna Panzacola ha disminuido drásticamente como consecuencia de los cambios de uso de suelo sobre la cuenca del Río Vado Ancho, los fenómenos meteorológicos y las obras de canalización sobre el cauce del río.

Objetivo

Determinar el impacto generado sobre Laguna Panzacola y sobre las capturas por pesca de la Cooperativa Sección Río Arriba debido a las obras de canalización del río y los cambios de uso de suelo en la cuenca del Río Vado Ancho.

Objetivos particulares

- Determinar los cambios de uso del suelo y vegetación de la cuenca en el periodo de 1996 a 2015.
- Analizar el impacto que ha tenido la canalización del Río Vado Ancho sobre la profundidad de Laguna Panzacola y sobre la cobertura vegetal de pantanos y manglares aledaños al cuerpo de agua entre los años 1996 y 2015, por medio del índice de sinuosidad y la respuesta de la laguna en función a su batimetría.
- Analizar el impacto generado por la transformación de la cuenca del Vado Ancho sobre la pesca asociada a laguna Panzacola en el periodo 1996 a 2015 y la percepción de los pescadores de la Cooperativa Sección Río Arriba.

Metodología.

Área de estudio.

La subcuenca Vado Ancho se ubica en la región sur de México, correspondiente a litoral del Pacífico, y se denomina así, por ser este el último nombre que recibe hasta desembocar en la planicie costera (Figura 2). Su escurrimiento principal es el Río Vado Ancho está ubicado en el sureste de la Costa de Chiapas, dicho sistema cuenta con una superficie de 18,000 ha y una longitud de 33.5 km. Nace en la Sierra Madre de Chiapas donde es conocido como Río Negro, agua abajo se une con dos corrientes de importancia como son el Río Los Cimientos y El Río Jordán (JICA 1999).

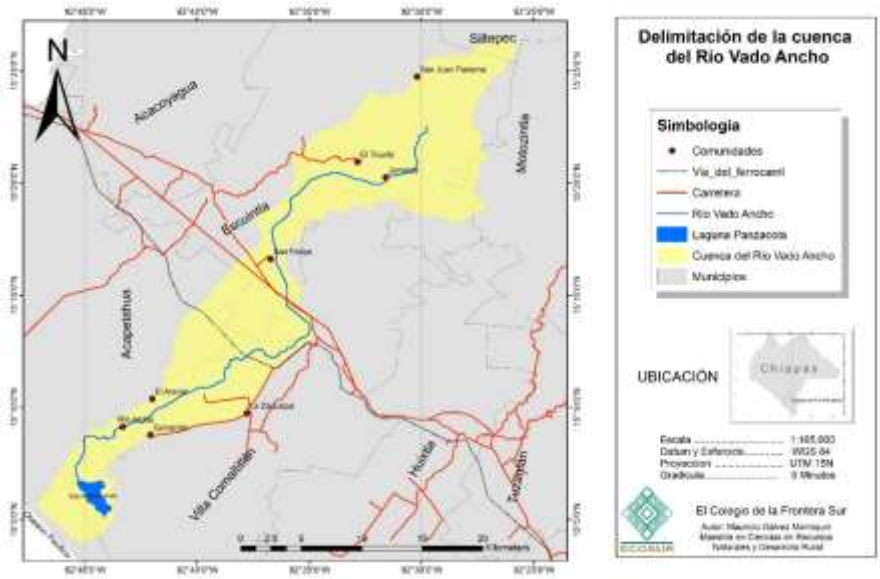

Figura 2. Mapa del área de estudio del Río Vado Ancho y Laguna Panzacola.

A la altura de los 120 M.S.N.M, antes de pasar por el Ejido San Felipe Tizápa, Municipio de Escuintla, cambia de nombre, denominándose ahora Vado Ancho (JICA 1999). Cruza la parte sureste de Acapetahua y desemboca cerca de la laguna Panzacola, que forma parte del sistema Lagunar Chantuto-Panzacola y el cordón estuarino El Hueyate (Contreras 1992), en el municipio de Villa Comaltitlán. La importancia de este río radica en que abastece de agua dulce al sistema estuarino Chantuto-Panzacola en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (REBIEN), esta área está catalogada como sitio RAMSAR (815), alberga una gran variedad de vida silvestre amenazada, endémica, rara o en peligro de extinción, 183 especies de aves y amplias

zonas de manglares, humedales, pantanos, lagunas costeras (PMREBIEN 1999, Ramsar 2017)

El clima de la subcuenca Vado Ancho oscila entre 16 y 23 °C en la zona alta de la cuenca (sierra) y desde 22 – 30 °C, en la cuenca media y baja. El rango de precipitación se encuentra entre 1,500 mm – 4,000 mm y presenta climas cálido subhúmedo con lluvias en verano y Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano principalmente en la mayoría de su territorio (INEGI 2008).

En el Río Vado Ancho, ubicado en el municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas, a partir del Huracán Stan en el 2005, se han ejecutado obras con un criterio de protección a la población humana establecida en los pueblos a la altura de la carretera costera y la vía del ferrocarril. Además de las ejecutadas bajo el régimen de contingencia a partir del 2005, en 2010 se declaró ambientalmente viable la obra “Construcción de Infraestructura de Protección en las Márgenes del Río Vado Ancho, municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas”, proyecto que comprendía la canalización mediante muros de roca longitudinales al río (enrocamiento) de 10.79 km distribuidos en seis subtramos a lo largo de 21.589 km del Río Vado Ancho (MIA-P 2010). El tramo canalizado inicio en la cota 58 y la terminación se ubica en la cota 8 (Figura 3).

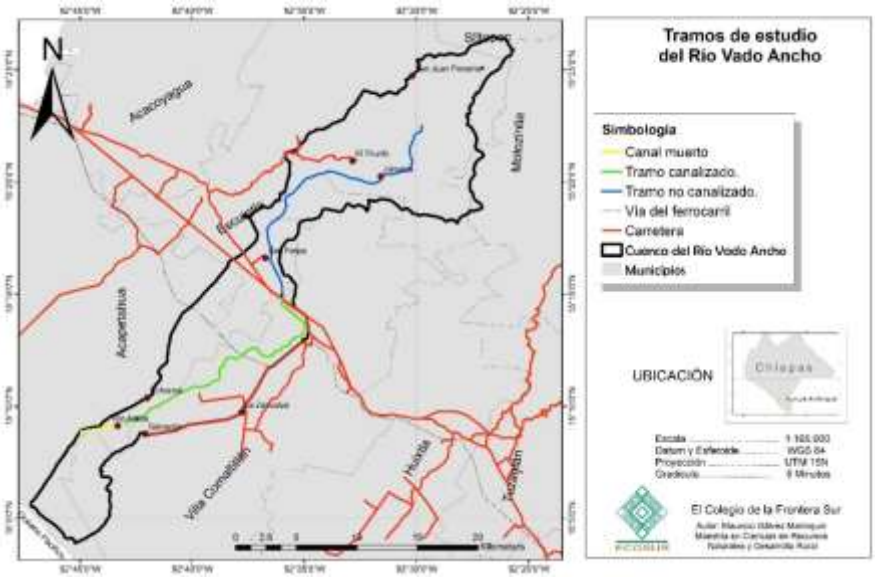

Figura 3. Ubicación geográfica de las obras de canalización.

El Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada considera como problemática para la pesca el proceso de azolvamiento provocados por las obras del Plan Hidráulico de la Costa de Chiapas, efectuado por la Comisión Nacional del Agua (CNA) que han modificado las entradas de agua a los sitios de pesca, y han modificado la composición química y la calidad del agua (PMREBIEN 1999).

No obstante la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) planea modificar la declaratoria de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada (CONANP 2015). Esta modificación intenta ser justificado mediante la afirmación que la pesca es una actividad que se realizaba previo al decreto de creación de la Reserva, pero en los últimos años se ha incrementado la actividad pesquera, desarrollándose sustantivamente al interior de las zonas núcleo. Mediante esta modificación se pretende excluir de las dos zonas núcleo 3,783.34 ha dentro de las que está comprendida la Laguna Panzacola y básicamente todos los cuerpos de agua de la zona núcleo y zonas de aprovechamiento de la reserva (CONANP 2015).

Generación de mapas de cambios de uso de suelo.

El Laboratorio de Información Geográfica de Ecosur Unidad Tapachula, proporcionó el polígono de la subcuenca del Río Vado Ancho para los fines de este estudio. Este polígono fue generado como parte del “El estudio de desarrollo integral de agricultura, ganadería y desarrollo rural de la Región del Soconusco” (JICA 1999). Sin embargo debido a las características de esta tesis, fue necesario redefinir el polígono con la finalidad que incluyera la laguna Panzacola en su totalidad, así como corregir variaciones y desajustes que tenía el polígono original, principalmente en la región del parte aguas del extremo norte de la subcuenca.

En colaboración con el Laboratorio de Geoinformación y Análisis Geoespacial de la UNICACH (Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas) sede Tonalá, se obtuvieron imágenes, bases de datos y se generaron los mapas y tablas para los fines de esta investigación. Se redefinió el nuevo polígono de la subcuenta del Río Vado Ancho (Figura 4), digitalizando puntos y recorridos sobre Google Earth, basándose en el continuo

nacional de elevaciones del INEGI y transformando dichos puntos y recorridos (en formato .kml) en capas en ArcMap 10.3. De la misma manera se dibujó la red hidrográfica de la cuenca, delimitando el cauce principal, corrientes primarias, secundarias y terciarias.

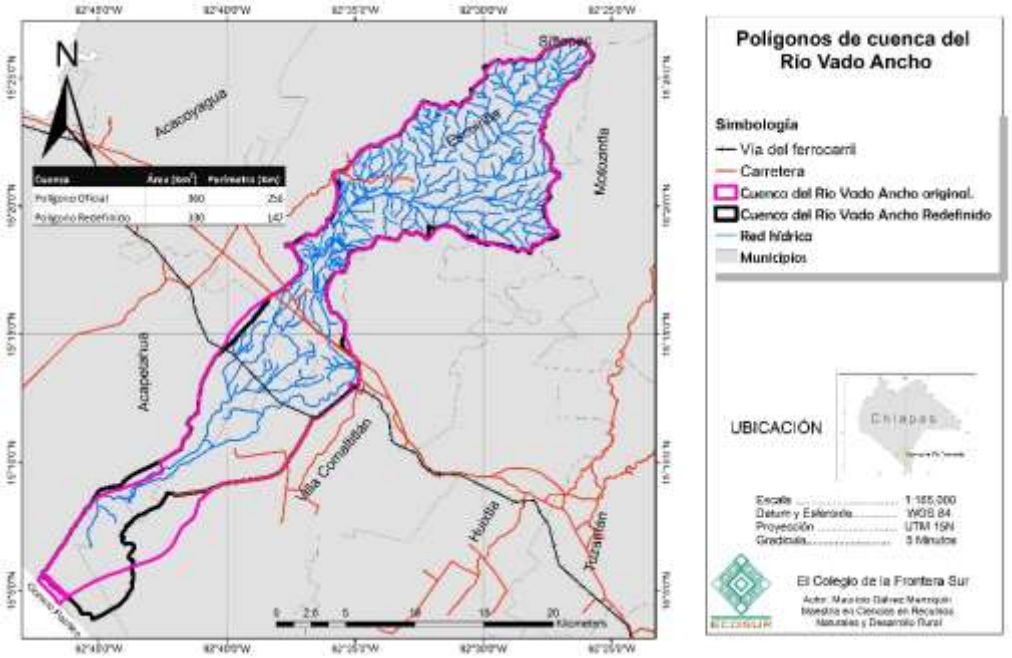

Figura 4. Polígonos de la cuenca para estudio del Río Vado Ancho.

Respecto al análisis de cambio de uso de suelo, se evaluaron los años 1996, 2003 y 2015 utilizando las imágenes descritas en el Cuadro 1.

Cuadro 1.Lista de imágenes utilizadas para el estudio.

Año	Tipo de imagen	Resolución	Fuente	Capas	Cantidad
1996	Ortofoto	2 m	INEGI	Pancromática	16
2003	Landsat	20 m	Glovis	Multiespectral tratada	2
2015	Spot	10 m	Ecosur San Cristóbal	Pancromática y multiespectral tratada	4

Con base en el estudio sobre la subcuenca del Río Cintalapa, realizado por Carbajal-Evaristo (2014), se retomaron las clases para la clasificación de uso de suelo de dicho estudio y se aplicaron a la clasificación de la micro cuenca del Vado Ancho,

considerando el hecho de que estas cuencas son vecinas entre sí y por lo tanto contienen tipos de vegetación y usos de suelo similares (Cuadro 2).

Cuadro 2.Descripción de las clases de coberturas y usos de suelo utilizados en la digitalización.

Clase	ID	Código	Descripción
Bosque	1	BQ	Bosque mesófilo de montaña, bosque de pino.
Cuerpos de agua	2	CA	Agua de lagunas costeras, ríos y cuerpos de agua
Cultivos permanente	3	CP	Cultivos de palma, plátano, caña, papaya y mango
Cultivos temporal	4	CT	Cultivos de granos básicos, hortalizas, pastos para el desarrollo de actividades pecuarias.
Humedales	5	HU	Vegetación hidrófila o halófila, escurrimientos superficiales de arroyos estacionales, áreas con acumulación estacional del agua, canales.
Infraestructura urbana	6	IU	Asentamientos urbanos, carreteras y caminos
Manglar	7	MA	Vegetación de manglar. *Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans y Conocarpus erectus.*
Manglar perturbado	8	MP	Vegetación de manglar impactado por alguna actividad antrópica o fenómeno natural.
Potreros	9	PO	Áreas de pastoreo de ganado y pastizales
Selva	10	SL	Selva baja caducifolia, Selva mediana subcaducifolia, Selva alta perennifolia y Selva inundable.
Suelo desnudo	11	SD	Área sin vegetación, playa de ríos, Suelos desnudos, dunas y playas
Tarquinas	12	TA	Zonas de tiro de los dragados de la laguna, áreas perturbadas.
Vegetación secundaria	13	VS	Vegetación arbórea y arbustiva, acahuales, vegetación ribereña.

Utilizando el método de clasificación supervisada en el software ERDAS IMAGINE 2013, se determinó la primer clasificación para el año 2015 y se le aplicó un filtro con ventanas de 3x3 pixeles (Efecto sal y pimienta). Posteriormente se modificó dicha clasificación ajustando las clases en retrospectiva para los años 1996 y 2003, para evitar errores de índole geométrica según el método interdependiente de la FAO (1996) y como propuesta de Díaz-Gallegos y Acosta-Velázquez (2009). Los rasters obtenidos se procesaron en ArcMap 10.3 para obtener los polígonos que permitieran conocer la superficie por clase y para cada año en estudio.

Posteriormente se realizó la validación de mapa, mediante verificación mixta (campo, imágenes satelitales o Google Earth) de puntos de muestreo, seleccionados mediante el método aleatorio estratificado. Dicho muestreo permite tener sitios relativamente menos dispersos en todo el territorio, lo que implica reducir costos de traslado y esfuerzo de muestreo (Congalton 1988, Fitzpatrick-Lins 1981). Se seleccionaron aleatoriamente 5 sitios por clase en el mapa, tomando como variable de apoyo para la estratificación los sitios que estuvieran con mayor facilidad de acceso. Se verificó que lo descrito en el mapa coincidiera en campo, y se registró en una libreta de campo las confusiones así como las observaciones sobre la vegetación, especies dominantes, nombres de poblaciones y toda información de utilidad para el análisis en gabinete (Mas et al. 2003).

Para analizar los datos se generó una matriz de confusión, que permitió confrontar la información de los sitios en campo con la clasificación cartográfica que se pretende evaluar. En la matriz de confusión, las filas representan generalmente las clases de referencia y las columnas las clases del mapa. La diagonal de la matriz expresa el número de sitios de verificación para los cuales hay concordancia entre el mapa y los datos de referencia, mientras los marginales indican errores de asignación (Mas 2003).

Según esta misma metodología se distinguen dos tipos de error. El error de comisión representa la proporción de sitios de verificación que fueron cartografiados en una cierta clase, pero que en realidad pertenece a otra categoría. El error de omisión se refiere a la proporción de sitios de verificación correspondiente a una categoría que fue cartografiada en otra (Aronoff 1982, Chuvieco 1996).

Se elaboraron mapas temáticos basados en las clasificaciones anteriores y se evaluaron los cambios de uso de suelo por medio de matrices de detección de cambio, que permiten comparar independientemente dos mapas, en este caso se realizaron las combinaciones 1996-2003 y 2003-2015.

Determinación del índice de sinuosidad del cauce.

Una manera de obtener el índice de sinuosidad es mediante la obtención de las longitudes del cauce y del eje central sobre mapas topográficos a escala, ortofotomapas

(Conesa-Garcia 1992) o imágenes satelitales apoyándose en Sistemas de Información Geográfica.

Para la caracterización geomorfológica del Río Vado Ancho se calculó el índice de sinuosidad del cauce, desde aguas arriba del puente Vado Ancho hasta su desembocadura, considerando como criterio de comparación un tramo rectificado y uno no rectificado, para los años 1996, 2003 y 2015 (Figura 3)

Se aplicó la clasificación de Leopold y Wolman (1957) y Miall (1978) que establece cuatro categorías de ríos: meandriformes (meandering), entrelazados (braided), rectos (straight) y anastomosados (anastomosing) para clasificar cada tramo. El índice de sinuosidad es un referente de lo que divagan los meandros respecto a la dirección media del eje del río y se calcula mediante la fórmula de Leopold Y Wolman *LS = Longitud del thalweg (λ) / Longitud del valle (L).* Donde IS = corresponde al Índice de sinuosidad, La longitud de thalweg (*λ*): Constituye un parámetro de escala, indicador del tamaño del meandro y la longitud del valle o longitud de onda, es un parámetro de forma. Es la distancia que une en línea recta dos ápices alternos, medida desde el centro del canal. Es de cuantificación directa y es de dimensiones variables, dependiendo de la forma en el trazado del meandro, según se elongue en el sentido de la corriente o transversalmente a ella (Santos-García et al. 1991, Conesa-García 1992)

Los rangos de sinuosidad en Rocha-Felices (2009), basado en la clasificación de Leopold y Wolman (1957) clasifican un tramo en función a valor de IS; sinuosidad baja, a los cuales tengan valor de IS menor a 1.3, sinuosidad media entre 1.3 y 2, y sinuosidad alta a los tramos con IS mayor a 2. A su vez entre 1.3 y 1.5 son sinuosos y entre 1.5 y 2 son clasificados como meandriformes.

Para obtener los parámetros se midieron las longitudes con líneas y polígonos sobre el cauce del río basándose en ortofotos e imágenes satelitales Landsat y Spot de los años 1996, 2003 y 2015 respectivamente, se obtuvieron las dimensiones con la herramienta *Measure* en el programa Arc Map 10.3 y se realizaron las operaciones correspondientes utilizando Microsoft Excel 2013, para obtener el IS promedio para cada

tramo del río y cada fecha correspondientes. Por otra parte se realizaron verificaciones visuales en Google Earth y en campo para validación de estos cálculos.

Análisis batimétrico

Se contaba con una base de datos históricos de parámetros fisicoquímicos y profundidad de la Laguna de Panzacola de los años 1990 a 2012 (Tovilla-Hernández inédito) con excepción de los años 1991,1992, 1993,1995, 1996 y 1997. Las variables cuantificadas fueron: profundidad, temperatura superficial, salinidad, contenido de oxígeno y pH. Para el año 1994 se muestrearon 10 puntos en la laguna, a partir del año 1998 hasta el 2005 se muestrearon 16 puntos y se referenciaron con GPS. Posterior al paso del huracán “Stan” en octubre del año 2005, se realizó un segundo muestreo en noviembre de ese año constituido por 43 puntos y a partir de ese momento hasta el año 2012 se ha estudiado la batimetría con ese número de sitios.

Debido al interés primordial de evaluar la respuesta de la laguna en función a su profundidad se realizó el levantamiento batimétrico en la Laguna Panzacola el 21 de noviembre del 2015, el 1 de abril del 2016 y 18 de julio del 2016 obteniéndose 88 puntos de monitoreo, que fueron registrados en una base de datos para su análisis. Así mismo se midió la temperatura superficial, salinidad, contenido de oxígeno y pH en noviembre del 2015 y abril del 2016.

La medición de profundidad se realizó sumergiendo un estadal graduado con una placa circular en la base para evitar que se enterrara la punta en el lodo del fondo de la laguna. Mientras que la medición de los parámetros fisicoquímicos se realizó mediante un equipo multiparamétrico marca HANNA.

Con las profundidades monitoreadas históricamente (1990 a 2012) y el levantamiento batimétrico que se ejecutó para el año 2015 y 2016 en el cuerpo de agua se generaron mapas batimétricos para los años 2005 y 2016 para evaluar las variaciones en la profundidad del cuerpo de agua con ayuda de ArcMap 10.3, para comparar la batimetría antes y después de las obras de canalización y como ésta se ha acelerado en los últimos años. Asimismo se realizaron gráficas de dispersión y promedios en Microsoft Excel 2013

y con Software R 3.4 de manera que pudiese observarse la tendencia de la profundidad a través de los años (R DEVELOPMENT.2011)

Entrevistas

Se aplicaron entrevistas a los socios de la Cooperativa Río Arriba, incluyendo preguntas abiertas, semi-estructuradas y cerradas (Anexo 1). Las preguntas se orientaron a conocer la problemática ambiental de la cuenca baja del Río Vado Ancho y su posible efecto sobre las comunidades y su economía, guiadas por estas tres directrices.

- ¿Cómo han impactado los cambios antrópicos y por efectos naturales en la cuenca y cauce del Río Vado Ancho así como en Laguna Panzacola?
- ¿Cómo ha evolucionado la pesca a través de los años en la Laguna?
- ¿Cómo está afectando a la comunidad la disminución de la pesca por el azolvamiento de laguna Panzacola?

Método de análisis de las entrevistas.

Los datos obtenidos de las entrevistas, se capturaron en el programa Microsoft Excel, analizándose por medio de gráficas y con la ayuda del programa R, se llevaron a cabo análisis exploratorios para conocer las tendencias de las respuestas, y se realizó un análisis de cúmulos, utilizando la distancia de Jaccard y método de agrupación de Ward (Fielding 2007).

Resultados.

Usos de suelo

El Cuadro 3, corresponde a la matriz de confusión para validación del mapa correspondiente al año de 2015, donde se observan los índices de confiabilidad en función a los errores de comisión y omisión. En dicha tabla de confusión se observan, las coincidencias y confusiones entre la información cartografiada con la verificación en campo. Se obtuvo una confiablidad global del mapa del 80%.

Cuadro 3. Matriz de confusión para validación de mapa de clasificación.

	MAPA														
CAMPO	BQ	CP	CT	HU	IU	MA	MP	PO	SE	SD	TA	VS	Total	E. Comi.	Conf. Prod
BQ	4												4	0.00	1.00
CP		5	1					1					7	0.29	0.71
CT			4										4	0.00	1.00
HU				5			3						8	0.38	0.63
IU					5								5	0.00	1.00
MA						3							3	0.00	1.00
MP							2					1	3	0.33	0.67
PO								4		1			5	0.20	0.80
SE	1					2			6			1	10	0.40	0.60
SD										3			3	0.00	1.00
TA											5		5	0.00	1.00
VS										1		3	4	0.33	0.67
Total	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	61		
E. omis	0.2	0	0.2	0	0	0.40	0.6	0.2	0	0.4	0	0.4		Conf. Global	80%
Conf. Us.	0.8	1	0.8	1	1	0.6	0.4	0.8	1	0.6	1	0.6			

E. Omis(Error de omisión), E. Comi (Error de comisión), Conf. Prod (Confiabilidad del productor), Conf. Us (Confiabilidad de usuario), Conf. Global (Confiabilidad global).

La cuenca del Río Vado Ancho, cuenta con una superficie de 3,672.10 ha. De los mapas temáticos de uso de suelo, para los años 1996, 2003 y 2015 se encontraron 12 clases de cobertura para los años 1996 y 2003 y 13 clases en 2015, siendo dicha cobertura adicional la denominada Tarquina (TA).

Para el año 1996 las cobertura predominantes correspondían a Pastizal (29.1%) y Selva (23.6%) y las categorías con menos superficie fueron Suelo desnudo (0.1%) e Infraestructura urbana (1.4%) (Cuadro 4). De igual manera para el año 2003 fueron las coberturas más extensas Pastizal (27.3%) y Selva (21.2%), siendo las menos extensas Suelo desnudo (0.2%) y Manglar perturbado (1.1%). Para el año 2015 se encontró un total de 13 categorías de uso de suelo. Las coberturas con mayor extensión fueron Pastizal (22.6%), Selva (20.3%), Cultivo Perenne (14.6%) y las categorías con menos superficie fueron Tarquina (0.1%) y Suelo desnudo (0.3%) (Cuadro 5).

Cuadro 4. Matriz de detección de cambio de uso de suelo correspondiente a los años 1996 a 2003. Superficies estimadas en hectáreas (ha).

1996							**2003**						
	BQ	CA	CP	CT	HU	IU	MA	MP	PA	SE	SD	VS	TOTAL
BQ	1628.56					11.24			44.50			25.78	1710.09
CA		724.99				0.18	0.01		25.39		20.37		770.93
CP			2116.96	9.16		14.44			87.37			43.79	2271.73
CT			76.42	2868.92		2.35			92.83			111.06	3151.59
HU					517.97		20.91	16.31					555.18
IA						508.55							508.55
MA							2337.35	17.61					2354.97
MP					0.01		225.35	363.93				2.54	591.84
PA	23.99		151.16	166.65		104.68			8029.82			2036.57	10512.86
SE			10.00			28.74			705.54	7630.10		124.44	8498.81
SD		5.17							5.57		14.04	10.10	34.87
VS	88.67		48.42	41.42		52.87			872.24	8.71	48.57	3949.79	5110.69
TOTAL	1741.22	730.15	2402.96	3086.14	517.98	723.05	2583.61	397.86	9863.26	7638.81	82.99	6304.08	36072.10

BQ = Bosque, CA= Cuerpo de Agua, CP= Cultivo Perenne, CT= Cultivo Temporal, HU= Humedales, IU= Infraestructura urbana, MA= Manglar, MP= Manglar Perturbado, SE=Selva, SD= Suelo desnudo, VS= Vegetación Secundaria.

Periodo de cambio 1996-2003:

Los cambios más notables en este periodo fueron incremento de 1193.39 ha de vegetación secundaria que en 1996 fueron en su mayoría áreas de pastizales y en menor medida Bosque, Cultivo Perenne, Cultivo Temporal, Manglar Perturbado, Selva y Suelo desnudo. Obteniendo para el 2003 un 17.5% de la superficie total comparado con el 14.2% en 1996.

Por otra parte la categoría que presentó mayor pérdida de área fue la Selva con una transformación de 860.01 ha, que para el 2003 se convirtieron principalmente en Pastizales y Vegetación secundaria y en menor medida Infraestructura Urbana y Cuerpo de Agua. De esta manera la Selva pasó de contar con el 23.6% al 21.2% del área total de la cuenca del Río Vado Ancho.

Cuadro 5. Pérdidas y ganancias en las coberturas de la cuenca del Río Vado Ancho.

Cobertura	Código	1996		2003		Pérdida(-)/ ganancia(+)	2015		Pérdida(-)/ ganancia(+)
		ha	%	Ha	%		Ha	%	
Bosque	BQ	1710.09	4.7%	1741.22	4.8%	31.13	1736.68	4.8%	-4.54
Cuerpo de agua	CA	770.93	2.1%	730.15	2.0%	-40.78	812.52	2.3%	82.37
Cultivo perenne	CP	2271.73	6.3%	2402.96	6.7%	131.23	5280.93	14.6%	2877.98
Cultivo temporal	CT	3151.59	8.7%	3086.14	8.6%	-65.44	2373.07	6.6%	-713.07
Humedales	HU	555.18	1.5%	517.98	1.4%	-37.20	424.92	1.2%	-93.05
Infraestructura urbana	IU	508.55	1.4%	723.05	2.0%	214.50	1025.28	2.8%	302.23
Manglar	MA	2354.97	6.5%	2583.61	7.2%	228.65	2713.12	7.5%	129.51
Manglar perturbado	MP	591.84	1.6%	397.86	1.1%	-193.98	201.70	0.6%	-196.16
Pastizal	PA	10512.86	29.1%	9863.26	27.3%	-649.61	8157.70	22.6%	-1705.56
Selva	SE	8498.81	23.6%	7638.81	21.2%	-860.01	7322.10	20.3%	-316.71
Suelo desnudo	SD	34.87	0.1%	82.99	0.2%	48.11	95.64	0.3%	12.65
Vegetación secundaria	VS	5110.69	14.2%	6304.08	17.5%	1193.39	5894.38	16.3%	-409.71
Tarquina	TA	0	0	0	0	0.00	34.07	0.1%	34.07
	Total	36072.10	100%	36072.10	100%		36072.10	100.00%	

Otros cambios importantes en este periodo, fue la ganancia de 228.65 ha de manglar recuperados de áreas que en su mayoría 1996 fueron Manglar Perturbado, ganando así un 0.7% de la extensión de la cuenca. Así mismo la Infraestructura Urbana se extendió sobre 214.50 ha, derivadas de sitios donde en 1996 existían bosques, Cuerpos de agua, Cultivos perennes y temporales, Pastizal, Selva y Vegetación Secundaria. Obteniendo un 0.6% adicional de superficie en la cuenca del Vado Ancho.

Periodo de cambio 2003-2015:

La ganancia de superficie más importante en este periodo corresponde a 2877.98 ha de Cultivo perenne, representado principalmente por cultivos de palma africana y mango, pasando de contar con el 6.7% al 14.6% de la superficie total de la cuenca, transformando áreas que en 2003 fueron en su mayoría Cultivo temporal o Pastizales y pequeñas porciones de Selva, Suelo desnudo y Vegetación secundaria. La mayor pérdida de área la registro el Pastizal (1705.56 ha), que en 2003 contaba con 27.3% y se redujo a 22.6% de la superficie total. Estas áreas cambiaron de sitios que estaban ocupadas por Cultivos Perenne y Vegetación Secundaria principalmente, así como algunas hectáreas de Bosque, Cuerpos de agua, Cultivos de temporal e Infraestructura urbana (Cuadro 6).

Cuadro 6. Matriz de detección de cambio de uso de suelo correspondiente al año 2003 a 2015. Superficies estimadas en hectáreas (ha).

2003	**2015**													
	BQ	CA	CP	CT	HU	IU	MA	MP	PA	SE	SD	TA	VS	TOTAL
BQ	1722.46								0.36		1.51		16.89	1741.22
CA		627.36			0.63	0.46	13.07		33.11		32.99		22.54	730.15
CP			1852.08	289.58		35.55			170.15				55.60	2402.96
CT			1327.34	983.23		90.31			630.08				55.18	3086.14
HU		14.93			381.99		20.09		52.88			16.52	31.56	517.98
IU						723.05								723.05
MA		10.27			30.09		2454.15	51.49				8.93	28.68	2583.61
MP		4.35			0.01		225.81	150.20				8.61	8.87	397.86
PA	11.79	144.94	1629.39	880.49		148.03			4891.20				2157.43	9863.26
SE		0.06	31.56	5.90	9.79	6.03			88.02	7284.02			213.44	7638.81
SD		10.63	0.42	1.63					2.08		61.14		7.08	82.99
VS	2.43		440.15	212.25	2.41	21.86			2289.81	38.08			3297.11	6304.08
TOTAL	1736.68	812.52	5280.93	2373.07	424.92	1025.28	2713.12	201.70	8157.70	7322.10	95.64	34.07	5894.38	36072.10

BQ = Bosque, CA= Cuerpo de Agua, CP= Cultivo Perenne, CT= Cultivo Temporal, HU= Humedales, IU= Infraestructura urbana, MA= Manglar, MP= Manglar Perturbado, SE=Selva, SD= Suelo desnudo, VS= Vegetación Secundaria.

Otros cambios importantes en el periodo, es la aparición de una categoría adicional denominada Tarquina. Estas tarquinas son derivadas de la deforestación de áreas de manglar y vegetación de pantanos aledaños a las lagunas costeras y posteriormente el depósito de los sedimentos extraídos de la laguna por medio del dragado (Figura 5).

Figura 5. Imagen satelital de una tarquina en la periferia de la Laguna Panzacola.

Estos depósitos suelen ser de diferentes tamaños y fueron la causa de la desecación de zonas de manglar, manglar perturbado y humedales en la periferia de la Laguna Panzacola como consecuencia del dragado y deposición de los sedimentos extraídos del cuerpo de agua. Debido al dragado realizado entre 2005 y 2006 se construyeron 8 tarquinas, las cuales cubrían una superficie aproximada de 52.5 ha.

Para el 2015, la categoría Tarquina cubre solo el 0.1% del territorio de la cuenca con 34.07 ha. Esta disminución en la superficie, es debido a la aparición de áreas de vegetación sobre las tarquinas e inundaciones en otros sitios debido a desborde del río.

Por lo tanto, la clasificación asignó estos fragmentos dentro de otras categorías, cambiando la clase; de tarquina a vegetación secundaria y/o humedales (Figura 6).

Figura 6. Comparativo de una tarquina en la periferia de la Laguna Panzacola.

Por otra parte la vegetación de Manglar ganó 129.51 ha adicionales como consecuencia de la recuperación de zonas de manglar perturbado y cuerpos de agua. La Infraestructura urbana también incrementa la extensión con 302.23 ha para alcanzar el 2.8% de la superficie total de la cuenca, obteniendo estas hectáreas de zonas que en 2003 eran Cuerpos de agua, Cultivos, Pastizales, Selvas y Vegetación secundaria.

Asi mismo se perdieron 316.71 ha de Selvas, continuando con la tendencia del primer periodo de estudio (1996-2003). Estas selvas fueron transformadas a Vegetación secundaria, Pastizales, Infraestructura urbana, Cultivos y en menor medida Cuerpo de agua. Dentro de estos cambios se consideran selvas inundables que cambiaron a Humedal por deforestación.

En general se observa la dominancia de actividades productivas, grandes extensiones de cultivos permanentes como palma africana y mango, así como grandes pastizales, y el incremente de infraestructura urbana (Figura 7, 8 y 9)

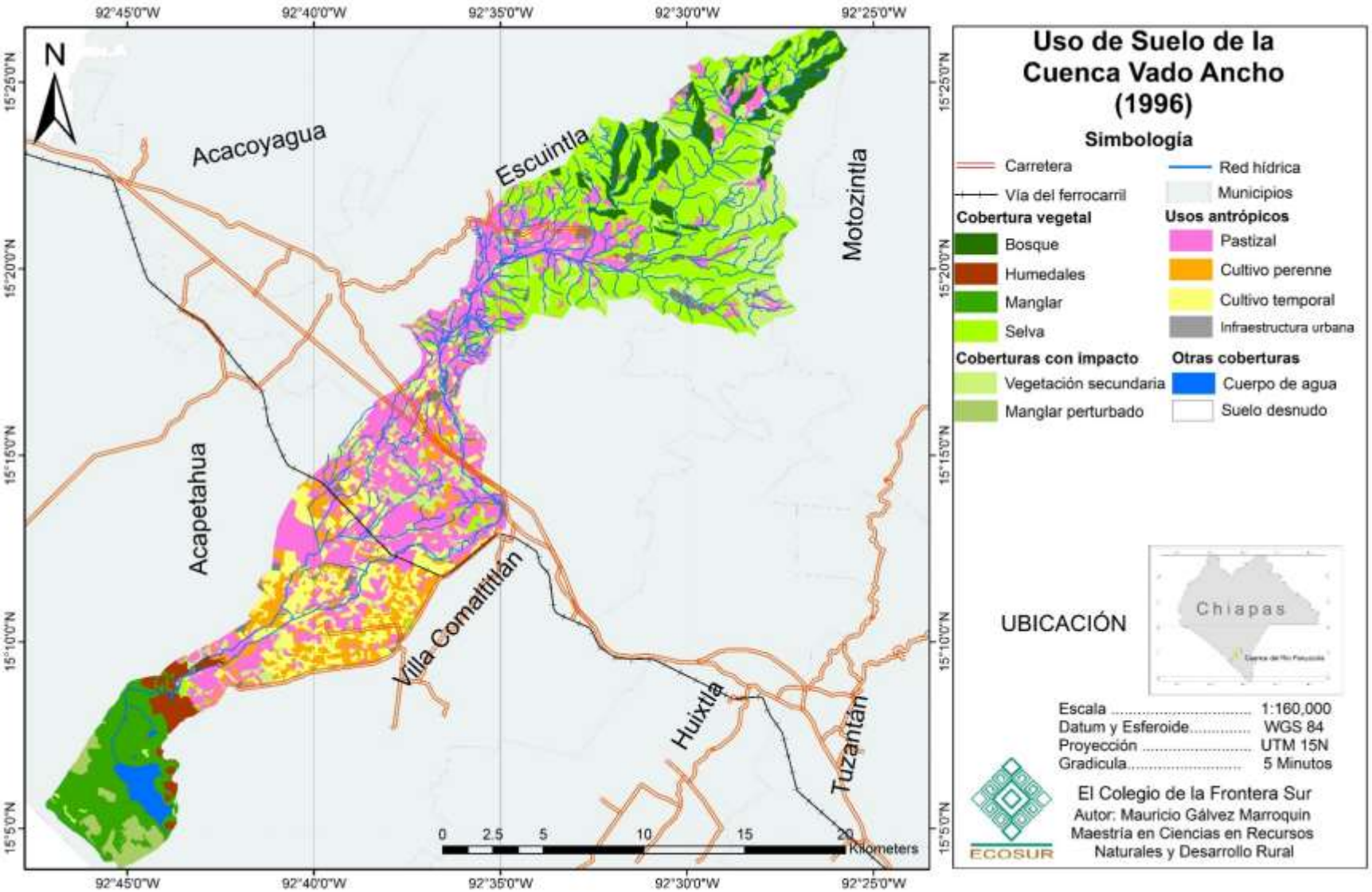

Figura 7. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 1996.

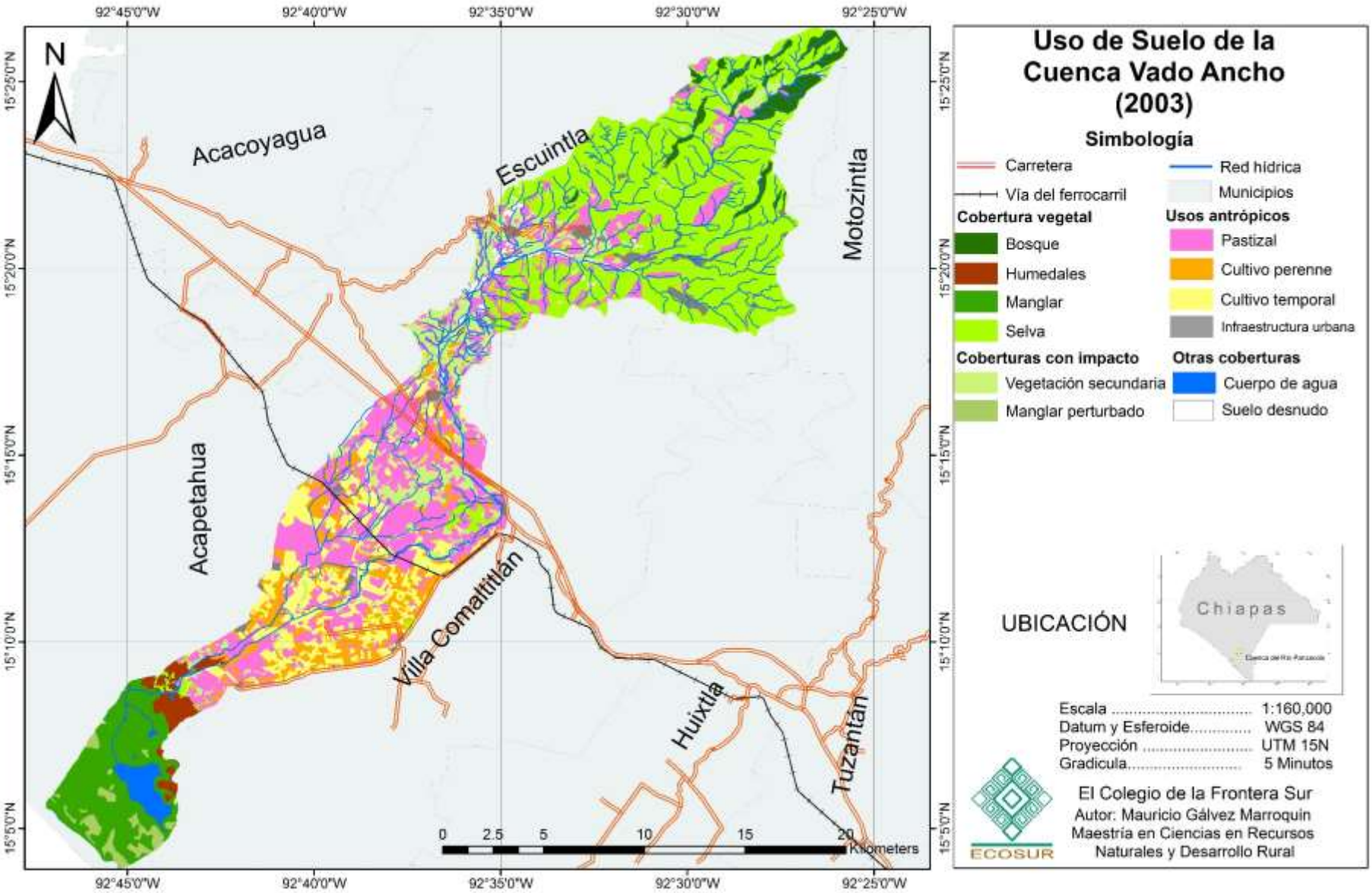

Figura 8. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 2003.

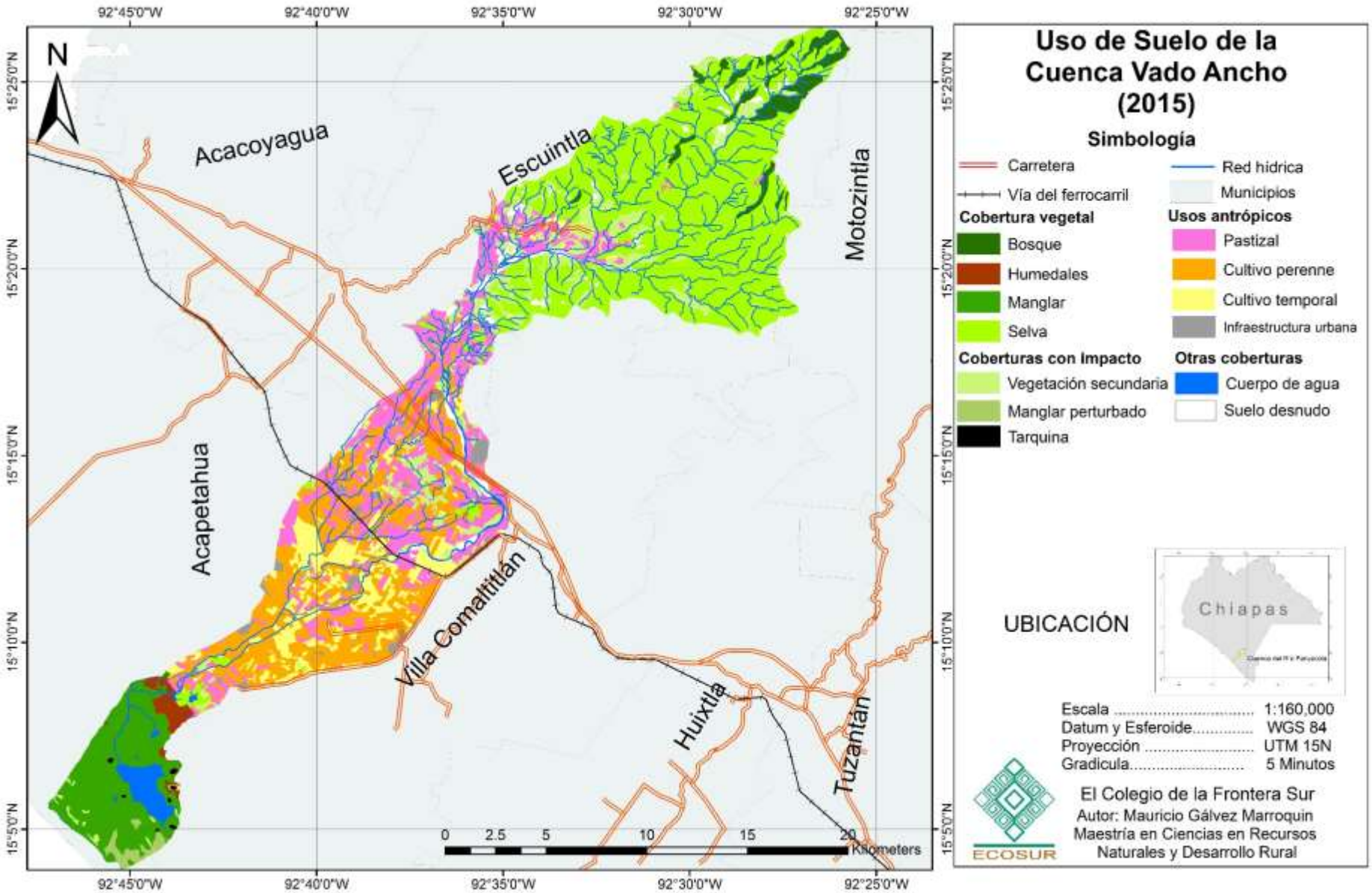

Figura 9. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 2015.

Batimetría

En la Figura 10, se observa el comportamiento de la batimetría de Laguna Panzacola en el periodo de 1990 a 2015, este gráfico es el resultado de los monitoreos batimétricos realizados desde 1990 hasta 2016 en la laguna Panzacola (Tovilla-Hernández inédito). El número de sitios muestreados es variable en función del año de estudio. Se observa disminución de la profundidad a medida que pasa el tiempo y la línea de tendencia (y=-0.0235x+48.082, R= 0.4 siendo y= profundidad, x= años), permite inferir una profundidad de 45 cm en 2027 e igual a 0 cm en el 2046, si esa tendencia continúa.

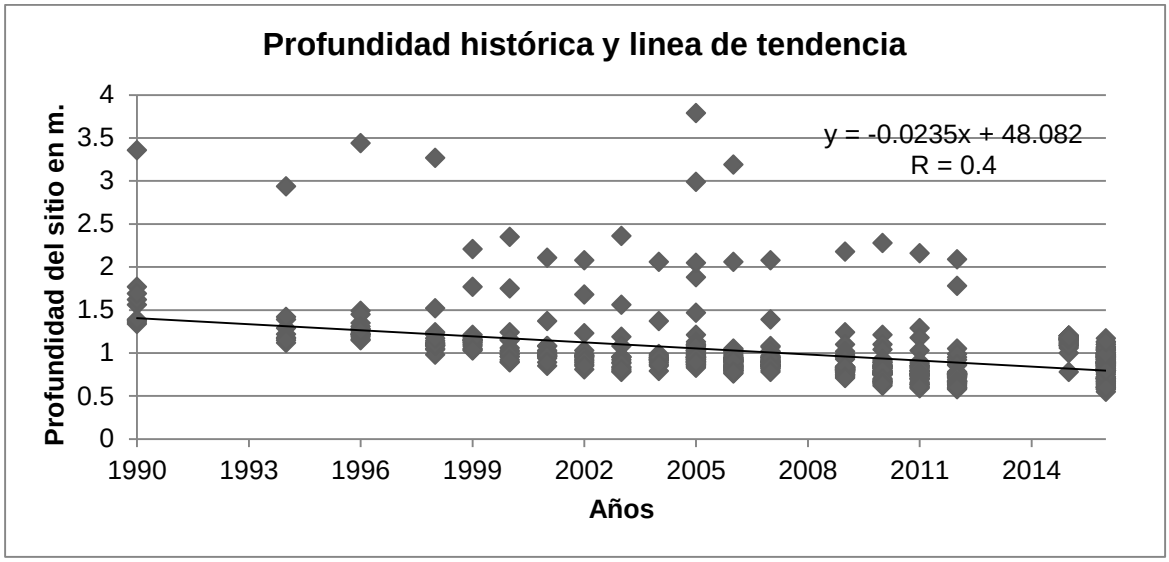

Figura 10. Profundidad histórica de Laguna Panzacola. (R=0.4)

Este comportamiento ha modificado las condiciones batimétricas de la laguna a medida que transcurren los años, a tal grado de pasar de una profundidad promedio de 1.72 m en el año de 1990 hasta 0.81 m promedio en el año 2016. Esto quiere decir que en promedio se ha perdido 0.92 m de profundidad de agua en la laguna, dicha medida multiplicada por el área actual de la laguna (3, 981,758.00 m^2) implica una pérdida de 3, 663,217.36 m^3 en capacidad de almacenamiento de agua en apenas 25 años. Sin embargo también se observa que para el año 2015 el promedio incremento a 1.13 m. Cabe mencionar, que para los muestreos realizados desde 1990 hasta 2004, la variación de profundidades es relativamente amplia en comparación con muestreos a partir del

2005 hasta el 2016, donde la variabilidad es menor. Lo que ya nos da indicios del generalizado azolvamiento en el lecho de la laguna (Figura 11).

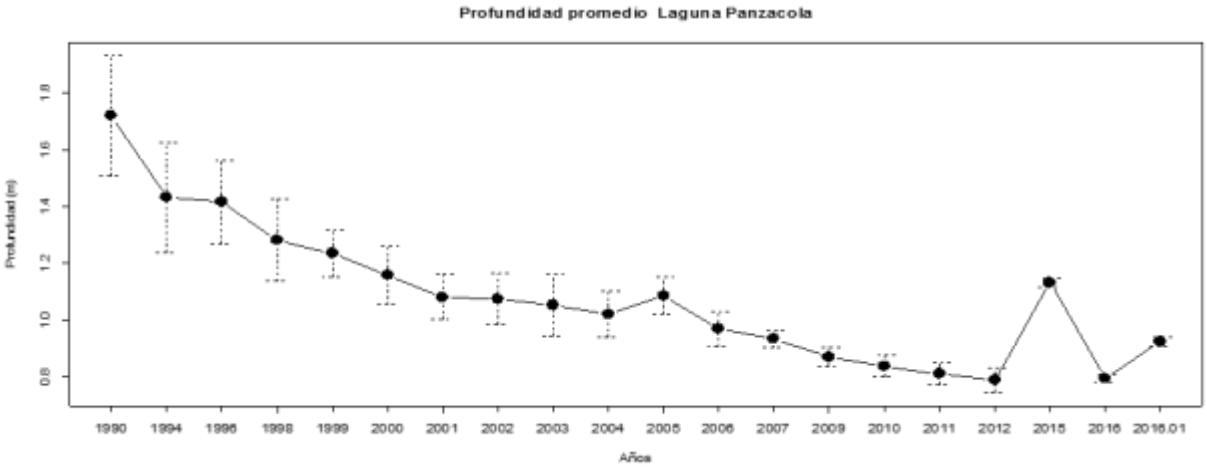

Figura 11. Profundidad promedio de todos los datos para cada año.

Para 2016 se observa el promedio en secas y en 2016.01 el promedio en lluvias.

Se midió la variabilidad estacional de la profundidad en el año 2016, reflejando un promedio de 0.92 m de profundidad para la época de lluvias correspondiente al mes de julio y 0.81 m en la época de seca en el mes de abril. Este dato representaría una variación de 477,810 m^3 de agua en la alguna en este año. Por lo tanto, en 2012 y en 2016, se tiene un valor de profundidad promedio similar, rompiendo así con la tendencia lineal de dicha variable. Para el año 2005, la Laguna Panzacola ya presenta indicios del azolvamiento en función a su profundidad. En la Figura 12, se observa que la mayor parte de la laguna presenta una profundidad entre 0.51 y 0.70 m, y en la cercanía a la orilla sur-poniente y en el extremo poniente la batimetría es de 0.71 a 1 m. Esto debido probablemente a que dichos puntos se ubican sobre el canal perimetral dragado en la laguna después del huracán Stan (2006).

Sin embargo para el año 2015 (Figura 13), la laguna presenta grandes áreas donde la profundidad está por debajo de los 0.70 m, incluso pueden encontrarse profundidades mínimas de hasta 0.55 m. Estas áreas azolvadas se distribuyen sobre toda la región sur-oriente de la Laguna Panzacola y en la parte central. Así mismo se observan puntos, que reflejan pequeñas áreas con profundidad de hasta 2 m, éstas al igual que en el mapa de 2005, señalan puntos sobre el canal de navegación.

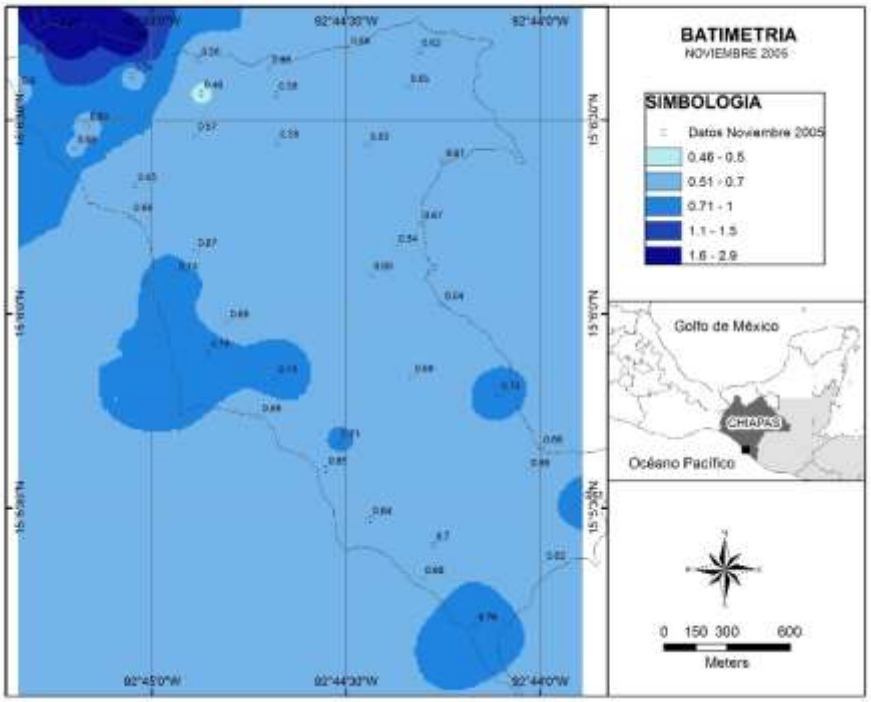

Figura 12. Mapa batimétrico de la Laguna Panzacola en el año 2005.

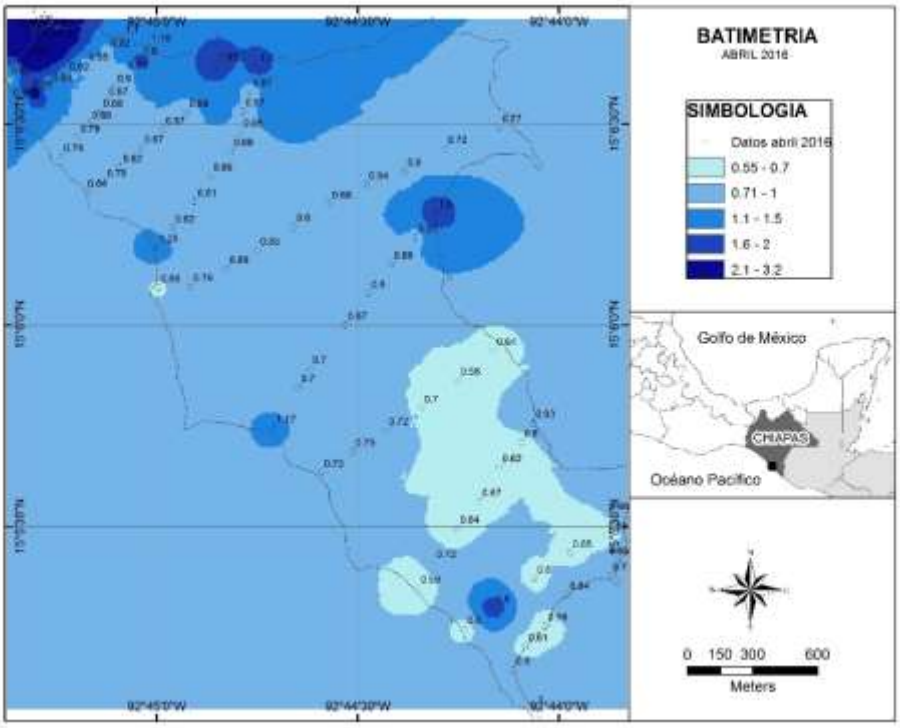

Figura 13. Mapa batimétrico de Laguna Panzacola en el año 2006

Parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros fisicoquímicos medidos en la laguna fueron contenidos de oxígeno, pH, salinidad y temperatura. El contenido de oxígeno no presenta una tendencia bien definida, el mayor valor se presentó el año 2003 y los menores valores se registraron en 1998 y en 2015. La mayor variabilidad de los datos se midió en el 2016 (Figura 14).

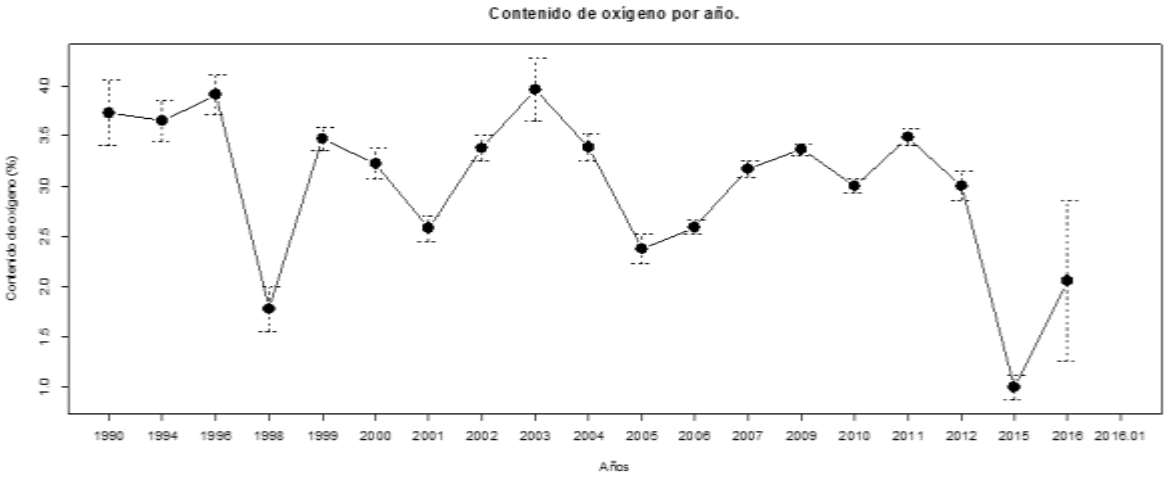

Figura 14.Contenido de oxígeno disuelto histórico de la laguna Panzacola.

Para el pH se observa una tendencia directamente proporcional, es decir que incrementa a medida que pasa el tiempo. Los años que no arrojaron resultados de acuerdo a la tendencia general de esta variable fueron 2005 y 2006 (

Figura *15*).

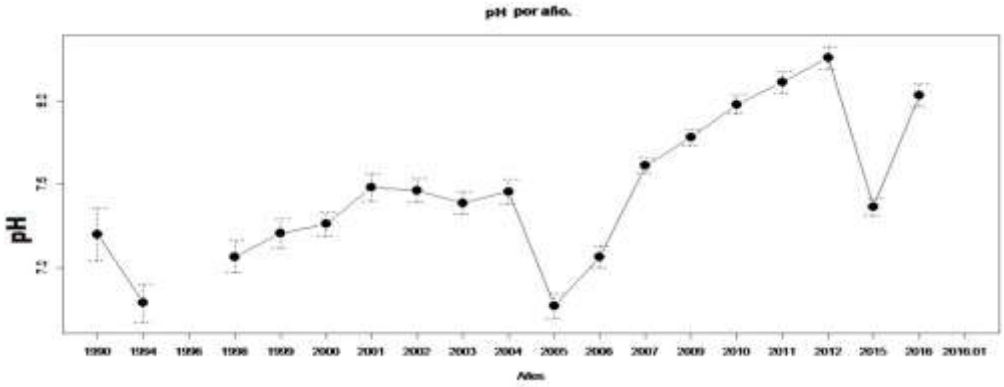

Figura 15. pH histórico de laguna Panzacola.

La salinidad en la laguna en la mayoría del tiempo ha presentado valores alrededor de las 30 ppm, sin embargo en algunas ocasiones ha disminuido como en los años 1994, 1996, 1999, 2000, 2005 y 2016 con valores entre 5 y 20 ppm y las lecturas más bajas se presentaron para los años 1998 y 2015, con valores cercanos a 2 ppm. (Figura 16)

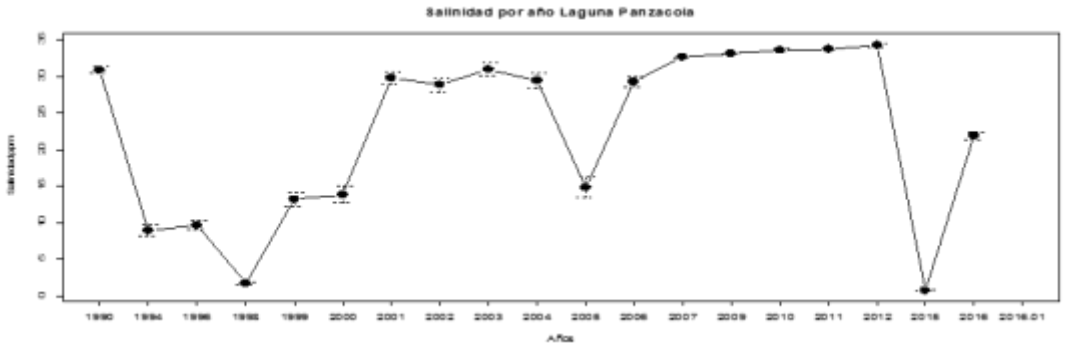

Figura 16.Salinidad histórica de la Laguna Panzacola (ppm)

Respecto a la temperatura, presenta una tendencia a incrementar a través del tiempo a tal grado que en 1996 se tomaron temperaturas de 30 °C en promedio, llegando a su valor máximo histórico en 2012 cerca de los 35 °C de temperatura superficial, disminuyendo a 33 °C en 2012, 30 °C en 2015 y 32 °C en 2016 (Figura 17).

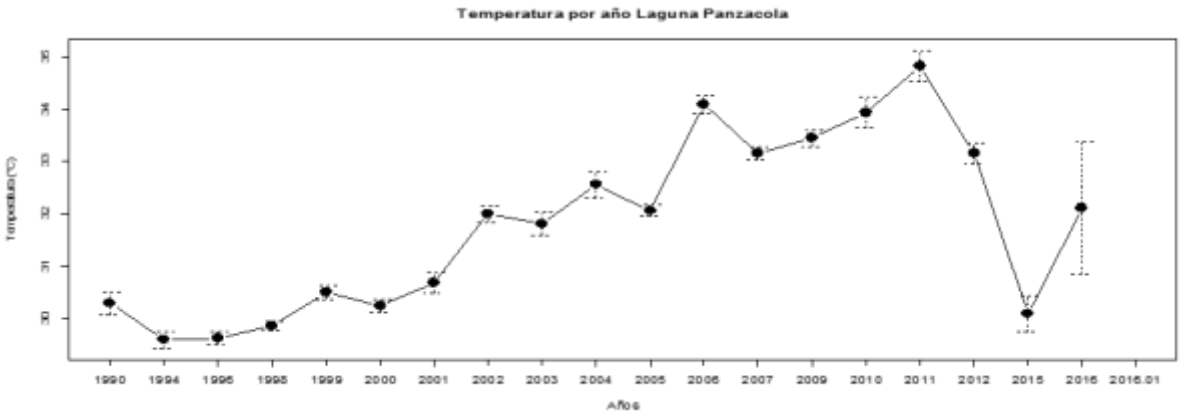

Figura 17.Temperatura histórica de Laguna Panzacola.

En general la temperatura y el pH se comportan de manera inversamente proporcional a la profundidad, lo que da una idea de las alteraciones que se presentan en el hábitat de diversas especies que son susceptibles a los cambios de estas características en la Laguna Panzacola.

Sinuosidad

El índice de sinuosidad calculado para 1996, 2003 y 2015 para el tramo con obras y sin obras fue menor a 2 en todos los casos, lo que indica que en general el Río Vado Ancho presenta una sinuosidad de baja a media, y en ningún tramo presenta sinuosidad alta (Figura 3). Este tramo está ubicado desde la parte norte de la cuenca, y llega hasta las inmediaciones con el puente Vado Ancho, sobre la carretera Tapachula - Arriaga. El comportamiento del tramo sin obras refleja una sinuosidad estable, cambiando de ligeramente de 1.22 en 1996 a 1.23 en 2003 y a partir del 2003 hasta el 2015 el valor de la sinuosidad se ha establecido en 1.23 manteniendo la categoría de sinuosidad baja. (Cuadro 7). Este tramo se ubica en la parte alta y media de la cuenca, por lo que el comportamiento natural del río es contar con valores bajos de sinuosidad, así mismo estos valores de sinuosidad bajos corresponde a las condiciones topográficas y geológicas en las que se ubica este tramo (Rocha-Felices 2009).

Cuadro 7. Tabla de índices de sinuosidad por año de análisis del Río Vado Ancho.

Índice de sinuosidad del cauce del Río Vado Ancho			
Año	**1996**	**2003**	**2015**
Tramo sin obras	1.22 (S. baja)	1.23 (S. baja)	1.23 (S. baja)
Tramo con obras	1.12 (S. baja)	1.56 (Meandriforme)	1.33 (Sinuoso)

Para el tramo con obras, en el año de 1996 el río presentaba una sinuosidad baja (1.12), sin embargo para el año 2003 la categoría es meandriforme (1.56), lo que representa un incremento en la sinuosidad de este tramo. En el 2015, periodo en que ya se habían realizado las obras, el índice de sinuosidad disminuyó a 1.33 clasificando el tramo como sinuoso. Este tramo se ubica sobre la llanura de la cuenca media hasta la cuenca baja, presenta una pendiente inferior al que se observa en la montañas donde se origina el Río Vado Ancho. Según Rocha-Felices (2009) el comportamiento natural de un río de llanura es de formar meandros y presentar un curso serpenteante.

Encuestas y entrevistas.

Se encontró que en la Cooperativa Sección Río Arriba participan un total de 102 pescadores, de los cuales 64 son socios y el resto son eventuales. Se aplicaron 72 encuestas dirigidas a pescadores, pero no se logró entrevistar a la población total, debido al desacuerdo y apatía de algunos. La edad promedio de los pescadores es de 41.17 años, y el tiempo promedio que han vivido en la comunidad o en localidades cercanas son 28.77 años.

Cambios en el Río Vado Ancho y la cuenca baja.

Los pescadores encuestados perciben que a través del tiempo han ocurrido cambios severos y muy significativos en la cuenca del Río Vado Ancho. La mayoría de los entrevistados percibe cambios en la ubicación del río, variaciones en la forma del canal, generalmente se ha vuelto menos profundo debido a la gran cantidad de sedimentos que bajan de las partes más altas, cambios en la vegetación ribereña (pérdida de mangle), el color del agua se ha tornado más oscura y la cantidad de agua es cada vez menor, el tipo de sedimentos que arrastra el río ha cambiado de ser de una textura lodosa para ser arenosa y la cantidad de azolve comúnmente llamado calzadura es cada vez mayor (Figura 18).

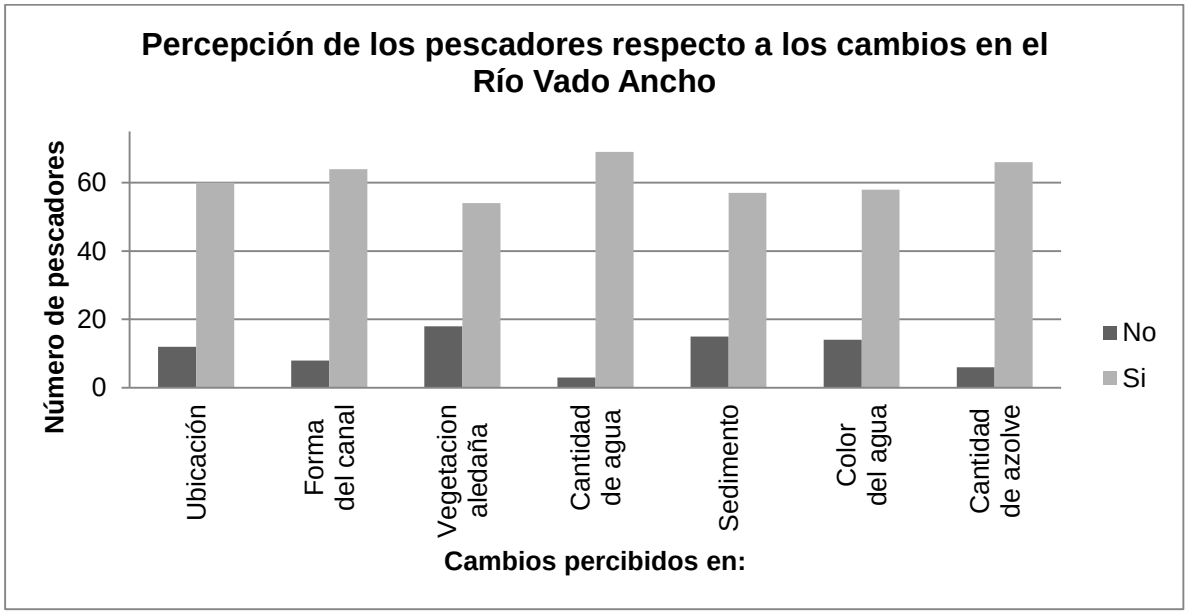

Figura 18. Cambios percibidos por los pescadores a través del tiempo en el Río Vado Ancho.

La mayoría de los pescadores (57%) creen que los cambios en la cuenca del Río Vado Ancho son ocasionados en mayor medida por la influencia del ser humano, en menor medida creen que los cambios se deben a factores naturales (39 %) y solo 3 personas indicaron que se debe a la acción de ambos factores. Estos impactos y variaciones en el Río Vado Ancho y en su cuenca, son atribuidos principalmente a las actividades antrópicas como la agricultura, ganadería, rectificación, canalización y obras de infraestructura realizadas sobre el río así como en la región baja y media de la cuenca (Figura 19).

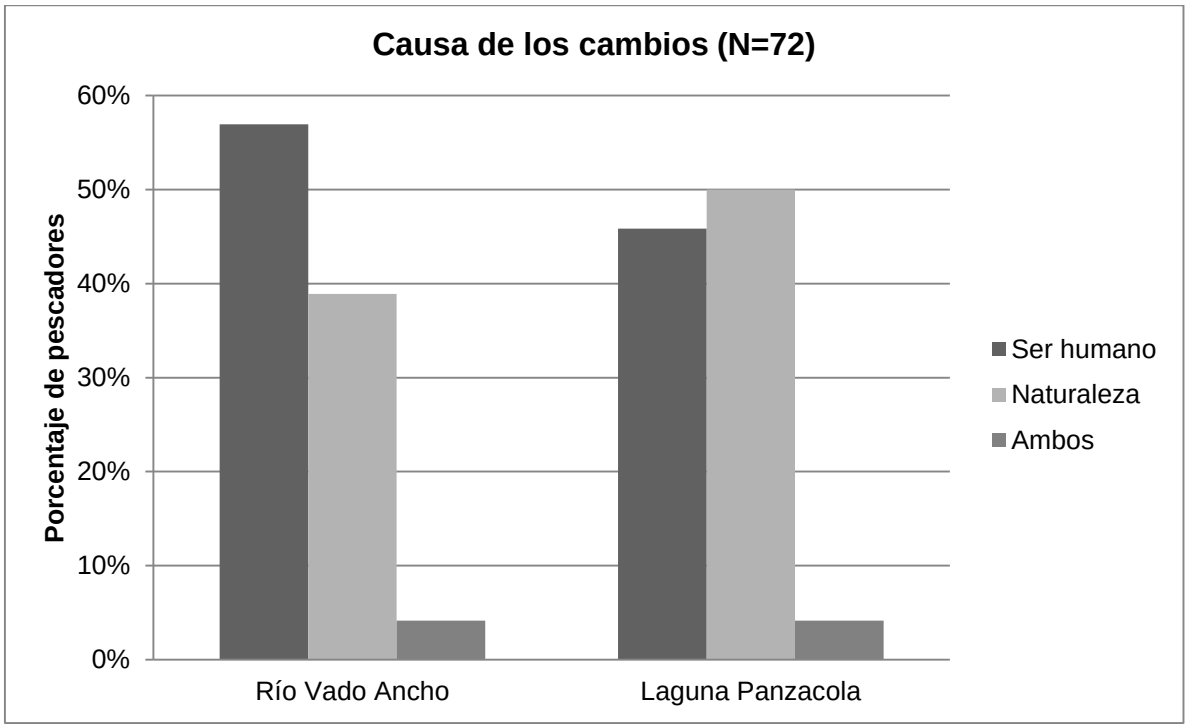

Figura 19. Percepción de los pescadores, respecto al origen de los cambios en el Río Vado Ancho y Laguna Panzacola.

Nota: (Ser humano= obras de infraestructura y de protección, actividades productivas), (Naturaleza = Huracanes, Comportamiento normal del río, clima) (Ambos = Considera Naturaleza y Ser humano).

Cambios en la Laguna Panzacola

Se encontró que los cambios más notables en Laguna Panzacola han sido la disminución de la profundidad, decremento en la cantidad de pesca, cambio en el tipo de sedimento

en el lecho de la laguna, debido a que en la actualidad es arenoso en lugar de lodoso como era anteriormente, la coloración del agua es cada vez más oscura y se ha incrementado notablemente la mortandad de peces (Figura 20). Otro cambio evidente, es la aparición de lirio acuático *(Eichhornia crassipes)* y balona (*Nympha sp)* en la laguna, el cual prolifera después de la época de lluvias, este fenómeno se ha presentado en los años 2014 y 2015, sin embargo a pesar de ser evidente, ningún pescador lo comentó.

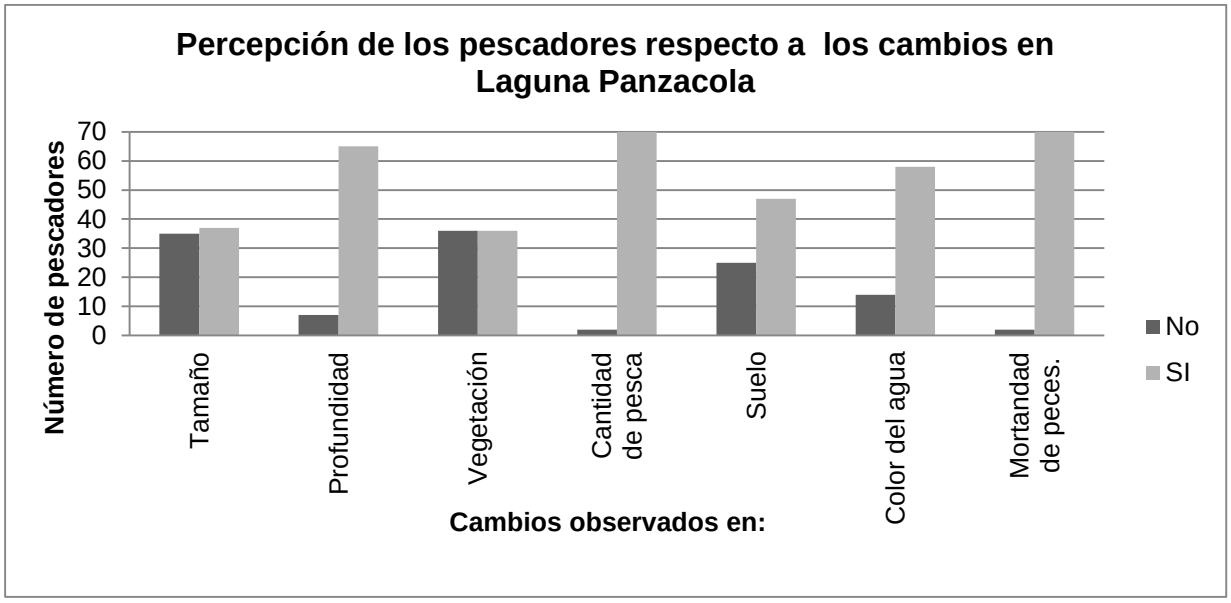

Figura 20. Cambios percibidos por los pescadores a través del tiempo en Laguna Panzacola.

Por otra parte, el número de pescadores encuestados que afirman, notar cambios en el tamaño de Laguna Panzacola y pérdida o cambio de la vegetación aledaña a la misma, es similar al número de encuestados que dicen no percibirlos. Estos impactos son atribuidos en mayor medida a efectos naturales, debido a que el 50% de los encuestados coinciden en que los huracanes, el comportamiento natural del río y el clima son los principales generadores de cambios en sistema lagunar, el 46 % indica que los cambios se deben a las actividades antrópicas y el 4% afirma que es a consecuencia de ambos factores (Figura 19).

Al evaluar la producción pesquera en la cooperativa Sección Río Arriba, los encuestados mencionaron ocho especies principales; mojarra *(Cichlasoma macracanthum),* camarón *(Litopenaus vannamei)),* lisa *(Mugil cephalus)*, bagre *(Arius guatemalensis),* robalo (*Centropomus nigrescens, C. robalito),* jaiba (*Callinectes toxotes*

y C. arcuatus), pargo (*Lutjanus colorado)*, liseta (*Mugil curema)*. Y al comparar la producción promedio diaria en kilogramos, que se obtenía antes de las obras de canalización, rectificación y cambios en la cuenca baja del Río Vado Ancho y Laguna Panzacola con la pesca actual, se observa una disminución en la cantidad de kg/diarios por pescador (Figura 21).

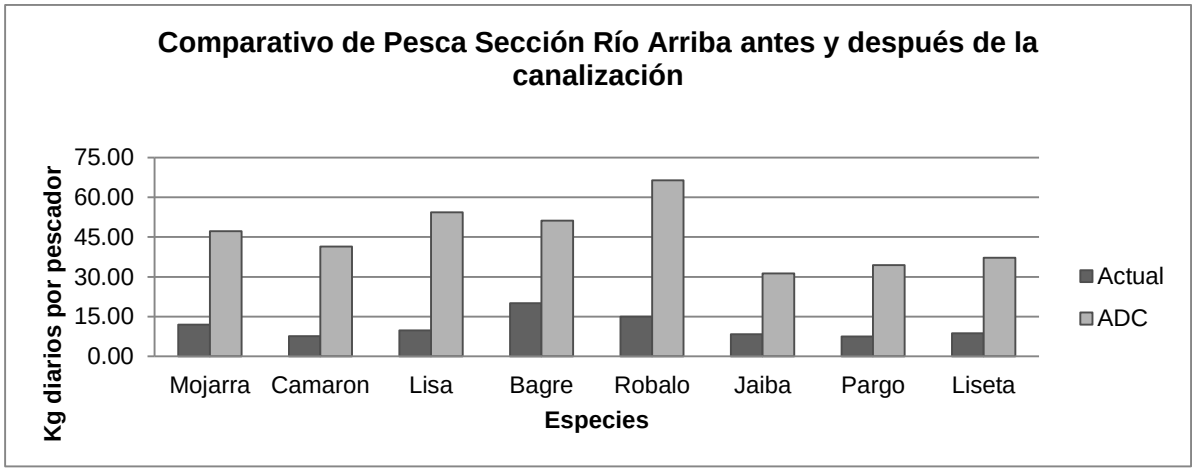

Figura 21. Comparación de pesca diaria por pescador de la cooperativa Sección Río Arriba en la laguna Panzacola.
Nota: Actual = Pesca en kg (2016), ADC = Pesca en Kg antes de la canalización.

Las especies más afectadas fue el camarón y lisa con una disminución del 82% del total, las especies que se ubican en segundo término con un 74 a 78% son la mojarra, robalo, jaiba, pargo, liseta; mientras que la que presenta el menor porcentaje de disminución es el bagre con un 61% de disminución (Figura 22). Actualmente la cooperativa de pesca Sección Río Arriba extrae el pez armado *(Atractosteus tropicus),* como sustituto de muchas especies que escasean, sin embargo no se cuentan con datos de capturas de esta especie.

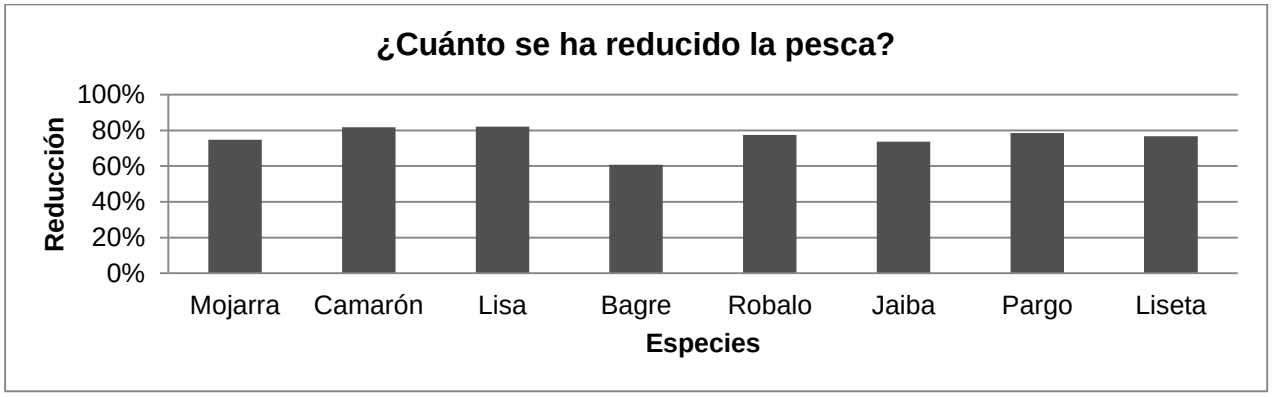

Figura 22. Porcentaje de reducción de pesca por especie (Comparativo actual vs ADC).

Análisis de grupos

Con base en el método de agrupación de Ward, se encontraron ocho grupos en el análisis clúster realizado a la base de datos de las entrevistas. Cinco de los cuales son considerados de mayor importancia para el análisis, debido al número de integrantes (Figura 23).

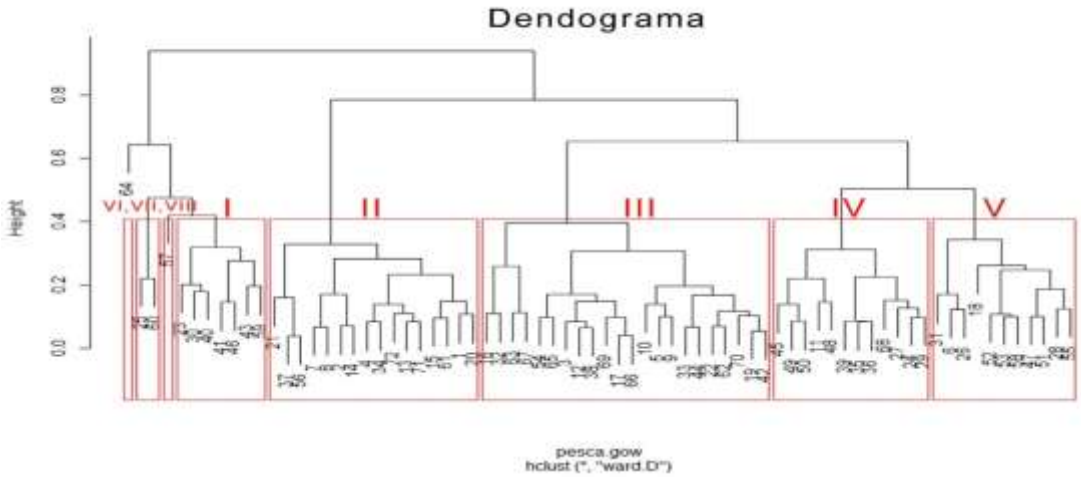

Figura 23. Dendrograma resultante de análisis de las entrevistas.

El grupo pescadores I, (7 pescadores) a diferencia de los demás grupos presenta limitada percepción de los cambios que ocurren en su entorno (cuenca baja, media y laguna) sobre todo los que ocurren en el río, debido a que no perciben cambios en la cantidad de azolve en la laguna ni en la vegetación cercana.

Por otra parte los integrantes de este grupo observan disminución de la capacidad pesquera y a pesar de creer que las obras de protección sobre el río provocan que llegue mayor cantidad de arena a las partes bajas, atribuyen mayor importancia al paso de huracanes y efectos naturales sobre los cambios que se presentan en el Río Vado Ancho y Laguna Panzacola.

Es decir que a pesar de que saben que las obras de infraestructura les han traído efectos negativos en el largo plazo, consideran que los cambios en el río y la laguna se deben principalmente a efectos naturales por lo que consideran que la pesca es una actividad con un largo futuro (Figura 24).

El grupo de 16 pescadores etiquetado como Grupo II, tiene una visión más amplia de fenómenos, tiempos y espacios geográficos de su entorno (río, laguna, cuenca alta), sabe que éstos están relacionan de manera compleja. Atribuyen los cambios negativos en mayor medida a las actividades antrópicas, como las obras de protección e infraestructura, agricultura, ganadería, pero saben, además, que son susceptibles a fenómenos naturales como los huracanes. Consideran que todo lo que ocurre en el río y en la cuenca baja tiene impactos positivos o negativos en el estero, laguna y calidad de los cuerpos de agua. Esta a su vez en la cantidad de peces y así mismo la disponibilidad de estos para su consumo y venta.

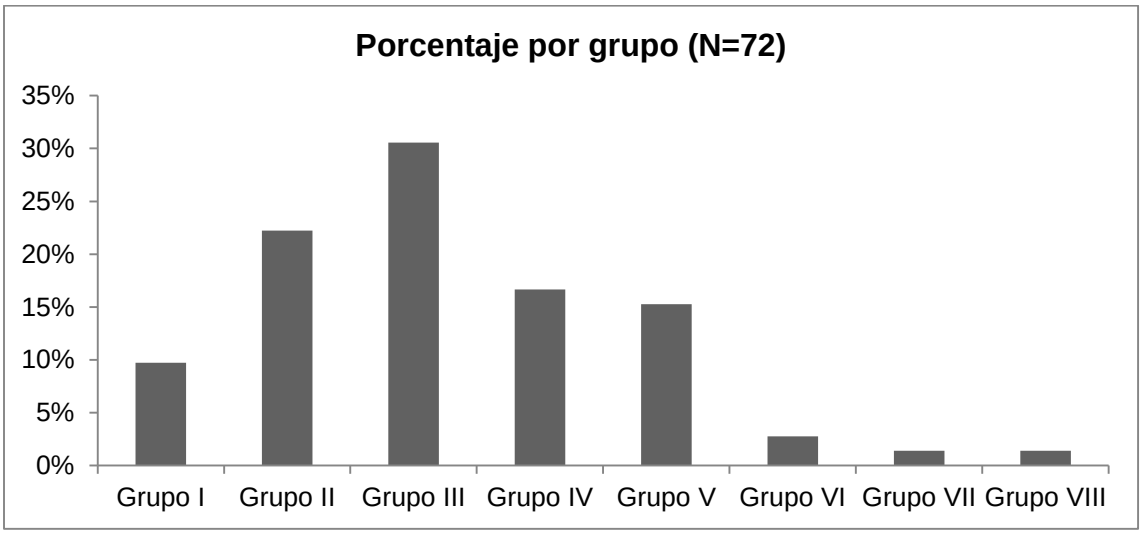

Figura 24. Grupos de pescadores según análisis clúster. N=72

El Grupo III, es el grupo con mayor número de individuos y representa el 31% de la población total encuestada, ellos notan cambios en el Río Vado Ancho (Vegetación ribereña, cantidad de agua, sedimento del río) así como en Laguna Panzacola (profundidad de la laguna, incremento en mortandad de peces y disminución de la cantidad de pesca), reconocen la relación existente entre la Laguna Panzacola y los cambios en el Río Vado Ancho y que estos a su vez influyen de manera importante en su ingreso económico que cada vez es menor. No tienen ninguna dificulta para la venta de sus productos por medio de la cooperativa de pesca.

EL Grupo V conformado por 11 individuos, identifica cambios en el río; tales como en la ubicación, cantidad de agua, sedimento, y cantidad de azolve. Para Laguna Panzacola el cambio más evidente ha sido la disminución de la pesca y disminución de la profundidad. A pesar de que la presencia de lirio acuático *(Eichhornia crassipes)* y balona (*Nympha sp)* en la laguna, es un fenómeno difícil de ignorar ningún encuestado hizo referencia a ello durante las entrevistas (Figura 25).

Figura 25. Lirio acuático y balona (*Nympha sp*.) en Laguna Panzacola.

El Grupo IV formado por 12 pescadores, comparte características similares con el Grupo III, Identifican un mayor número de cambios en el Río Vado Ancho (ubicación, forma, vegetación ribereña, color de agua, sedimentos del río) y en Laguna Panzacola (Tamaño de la laguna, profundidad, incremento en la mortandad de peces y disminución de la pesca). Al igual que el grupo tres venden su producto con facilidad, sin embargo sus ingresos económicos van en disminución. Reconocen al Huracán Stan como un agente de cambio muy importante que provocó grandes pérdidas (interrupción de camino, azolve del río y laguna, inundaciones, manglar, cultivos, viviendas).

Este grupo es importante debido a que identifican el impacto que están generando las obras de infraestructura tales como incremento del azolvamiento a las partes bajas del río, sobretodo en la cercanía de la comunidad de Río Arriba y desde este punto hasta su conexión con el cordón estuarino. Perciben la destrucción de los sitios de reproducción

de peces por la pérdida de manglar, debido a que algunas especies utilizan las raíces del manglar para vivir o reproducirse. Reconocen el impacto en sus ingresos económicos por pesca y consideran que la agricultura y la ganadería no afectan a la laguna ni a la pesca. Al igual que el grupo IV, identifican al huracán Stan como un agente de cambio importante que provoco, interrupción del camino, inundaciones, azolvamiento del río y laguna, pérdida de manglar, cultivo y viviendas.

El grupo VI, VII y VIII conforman la minoría de los encuestados, se caracterizan por ser grupos de jóvenes (menores de 25 años) y con poco tiempo de vivir en la comunidad. Tres de los encuestados, pertenecientes a estos grupos afirman pescar diariamente cantidades muy por arriba de las mencionadas por los demás pescadores, y por el contrario uno de los encuestados perteneciente al grupo VIII, afirma pescar cantidades extremadamente bajas, en comparación con los demás.

Discusión.

La cuenca del Río Vado Ancho ha sido objeto de intensificación de uso de suelo, principalmente por la conversión de grandes zonas de cultivo temporal a cultivo perenne a tal grado que, de 1996 a 2015 se transformaron 3009.21 ha, representados en su mayoría por cultivo de palma africana. Esto se debe a la implementación de este cultivo como estrategia agraria productiva a nivel nacional y en el estado de Chiapas. El Gobierno Federal y el Gobierno de Chiapas afirman que las plantaciones de palma se están instalando en hectáreas previamente deforestadas por la ganadería y otras actividades que ya no son rentables (Castro-Soto 2009). Sin embargo, los resultados de este estudio, demuestran que grandes extensiones de palma africana se han establecido sobre áreas que anteriormente eran selvas, pastizales y otros cultivos temporales (maíz, caña) e incluso permanentes (mango), similar a lo que describe Hernández (2014) sobre la cuenca del Río Cacaluta. Asi mismo la cuenca del Río Vado Ancho, al igual que la cuenca del Río Cintalapa, cuenta con al menos el 40% de área destinada a la agricultura y ganadería desde el año 1996 hasta la actualidad (Carbajal-Evaristo 2014).

Por otra parte, el aumento de áreas de infraestructura urbana en la cuenca del Vado Ancho fue de 517.72 ha en un periodo de 19 años a partir 1996. Las principales

comunidades en crecimiento a lo largo de la cuenca son: El Triunfo, Jamaica y San Felipe en la cuenca alta y media, y La Zacualpa, El Arenal, Río Arriba y Salvación en la cuenca baja. Estos cambios son motivados por el crecimiento demográfico del estado de Chiapas, que incrementó 1.3 millones de habitantes del 2000 al 2015 (INEGI 2017). García et al. (2012) coinciden al decir que la población define la magnitud del territorio que es utilizado para actividades agropecuarias. Así mismo la construcción del CEFERESO (Centro Federal de Readaptación Social) 15 en el municipio de Villa Comaltitlán, implicó la conversión de más de 80 ha cultivos y pastizales.

Como respuesta en la cuenca baja la presencia de tarquinas no son más que el resultado de dragados ejecutados con un enfoque práctico y cerrado en el sentido de no considerar a la laguna como parte de un sistema que tiene interacciones con el río y la vegetación aledaña. Y terminan siendo un simple homenaje al manejo inadecuado de la cuenca a través de los años, y de la falta de criterios ecológicos, sociales y económicos en la toma de decisiones. Esta misma situación se repite en la Laguna Cerritos que cuenta con 31.6 ha de tarquinas en la periferia a consecuencia de las obras de dragado (Carbajal-Evaristo 2014).

De las 52.5 ha de Tarquinas registradas en la periferia de la Laguna Panzacola por Tovilla-Hernández en 2006, la existencia de 34.07 ha en 2015, obedece a la presencia de vegetación arbustiva, regeneración puntual de manglar sobre las tarquinas e incluso inundación de algunas áreas que se han convertido en humedales temporales. La recuperación de 358.16 ha de manglar desde 1996 al 2015, surge de sitios donde anteriormente hubo mangle perturbado.

Esto probablemente se deba a un proceso de regeneración natural y al mantenimiento de las condiciones idóneas para su presencia, debido a que no se han documentado actividades de restauración en esos puntos (Figura 26) es decir se ha presentado un proceso de resiliencia ecológica que ha favorecido la regeneración de manglar, la continuidad de las funciones ecológicas de este ecosistema y de los servicios ambientales que constituyen un beneficio al ser humano (Capote-Fuentes et al. 2005).

Los resultados anteriores validan la hipótesis que la cuenca del Río Vado Ancho ha sido transformada drásticamente convirtiendo áreas naturales en zonas de cultivo, ganadería y asentamientos urbanos lo que ha potencializado el efecto de erosión hídrica, provocando azolvamiento en la cuenca baja y laguna Panzacola.

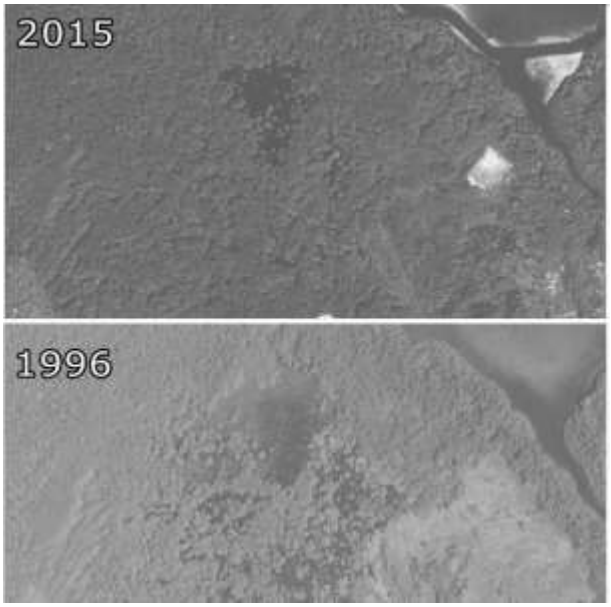

Figura 26. Ejemplo de áreas de manglar regeneradas (2015 vs 1996).

La hipótesis que la canalización y rectificaciones del Río Vado Ancho han afectado a Laguna Panzacola, debido a que favorecen la erosión y arrastre de sedimentos hacia la cuenca baja, propician la disminución de la profundidad y modifican la vegetación cercana a la Laguna Panzacola así como la de pantanos y manglares de la cuenca baja, se aprueba considerando que:

La sinuosidad para el tramo no canalizado, se mantuvo relativamente constate desde 1996 a 2015 (1.22 a 1.23) este comportamiento es debido a que no existen modificaciones antrópicas en la morfología del río en este sector, además las condiciones geológicas y topográficas de la cuenca alta y media, concuerdan en que el río presente una sinuosidad baja y que no presente cambios notables a través del tiempo (Rocha-Felices 2009). Sin embargo en el tramo canalizado, se obtuvo una sinuosidad baja en 1996, pero en 2003 el tramo se clasificó como meandriforme, es decir el cauce presentaba meandros cada vez más amplios, por lo que se incrementó el índice de

sinuosidad. Esto probablemente debido a que el cauce tenía libertad de desplazarse libre hacia los márgenes y disipar la energía excedente en cada avenida.

Este resultado nos da una idea del proceso natural de estabilidad morfológica y fluvial del río, sin embargo las obras de protección ejecutadas a partir del 2005 y la segunda fase en el 2010, provocaron confinamiento del cauce limitando el desarrollo natural del río, limitando su movilidad lateral y disminuyendo el índice de sinuosidad a 1.33 lo que clasifica a ese tramo como sinuoso y ya no como meandriforme (Figura 3). En teoría, de no haberse realizado las obras de canalización sobre del río, el índice de sinuosidad debería ser mayor o igual para el año 2015 debido a que el comportamiento natural de un río de llanura, es de generar meandros cada vez más amplios (Rocha-Felices 2009).

Esto indica que las obras de infraestructura realizadas por la CONAGUA a partir del 2005 han ejercido cambios en la morfología horizontal del cauce del Vado Ancho. La especificación de las obras consiste en la construcción de bordos mediante enrocamientos con base de arcillas, las cuales en conjunto agrupan un proyecto de tipo lineal, para proteger ambas márgenes. Es decir que la canalización se realizó mediante la construcción de bordos (diques) longitudinales, construidos con maquinaria. Se estableció un talud 2:1 con altura máxima de 4 m sobre el terreno natural, con un ancho de corona de 4.5 m a fin de que funcionara como camino para el paso de vehículos (SEMARNATb 2010, GEC s.f.).

El río se convirtió en un canal de desagüe directo hacia el cordón estuarino y en general a la cuenca baja. Por lo tanto es posible que se incrementara de velocidad del agua, se acabaron los desbordes a lo largo de la cuenca media que recargaban de nutrientes y sedimentos las llanuras de inundación y debido a la intensificación del uso de suelo, fue transportada mayor cantidad de sedimentos de la cuenca media y baja hacia los manglares, tulares, comunidades cercanas a la desembocadura y la Laguna Panzacola.

El resultado es visible en la Comunidad de Río Arriba, en la entrada al canal artificial de navegación construido por la CONAGUA en 2004. A esta altura el río está

completamente azolvado, el movimiento del agua es casi imperceptible debajo de la vegetación acuática que se ha establecido dentro del cauce. Incluso debido a la incapacidad del río de transportar grandes caudales que llegan a la cuenca baja durante la época de lluvias, en los años 2015 y 2016 se presentaron desbordes y ruptura de diques por el exceso de agua, y al no tener el canal la capacidad de transportar tales gastos, ha escurrido por otros brazos fuera del río, generando inundaciones en las comunidades de Río Arriba, Salvación y El Arenal y en otras zonas donde anteriormente no había desbordes (Figura 27). Similar a lo que ocurre en el Río Cauca, en Colombia (Ramírez-Callejas et al. 2006). Estos desbordes inundan y transportan sedimentos sobre los cultivos cercanos a las comunidades así como en los tulares, humedales y manglares cercanos a la Reserva de la Biósfera La Encrucijada.

Figura 27. Inundaciones en la Comunidad de Río Arriba (Septiembre del año 2016)

Otro factor que apoya la hipótesis es que la batimetría en la Laguna Panzacola, indica una tendencia de disminución de la profundidad desde 1996 hasta el año 2012, con un ligero incremente durante el año 2005, debido al huracán Stan. Sin embargo en 2015, se presenta un incremento de la profundidad que rompe la tendencia de esta variable, esto probablemente se deba a la confluencia de diversos factores. Uno es que el servicio meteorológico nacional reporta en el mes de noviembre del 2015 precipitaciones acumuladas mensuales desde 100 a 300 mm para el sur de Chiapas, esto corresponde a una anomalía de la precipitación normal de entre 150% y 175% (SMN 2017).

Es decir, que a pesar de no ser temporada de lluvias, el mes de noviembre del 2015 presentó precipitaciones anormales. Por otra parte la laguna está bajo la influencia de dos escurrimientos importantes además del Río Vado Ancho, que son el Río Cintalapa y El Río Despoblado. Estos escurrimientos, abastecen de agua dulce a la laguna durante y después de las lluvias, también presentan azolvamiento y han sido sometidos a severas canalizaciones lo que provoca incremento de la profundidad y disminución de la salinidad y temperatura en el agua de la laguna (Carbajal-Evaristo 2014). Esta misma situación se observa en el muestreo del 2005.

Para el año 2016 el valor de profundidad promedio es el mismo que en 2012, no obstante la variabilidad de datos de profundidad se ha reducido notablemente a través del tiempo, sobre todo a partir del año 2004. Esto refleja que las zonas de la laguna que tenían profundidades mayores al promedio cada vez son menos, demostrando el azolvamiento del cuerpo de agua en función a la configuración batimétrica de su lecho. Esto a su vez ha provocado incrementos en la temperatura y pH del agua, debido a que los rayos solares calientan la superficie del agua y al ser cada vez menos el volumen de agua, el sol incrementa la temperatura de la laguna más rápido y provoca más evaporación.

Respecto a la hipótesis que la capacidad pesquera en Laguna Panzacola ha disminuido drásticamente como consecuencia de los cambios de uso de suelo sobre la cuenca del Río Vado Ancho, los fenómenos meteorológicos y las obras de canalización sobre el cauce del río, se aprueba debido a que los resultados de este trabajo indica que la principal preocupación de los pescadores es que las capturas son cada vez menores, siendo las especies principales la mojarra *(Cichlasoma macracanthum),* camarón *(Litopenaus vannamei)),* lisa *(Mugil cephalus)*, bagre *(Arius guatemalensis),* robalo (*Centropomus nigrescens, C. robalito),* jaiba (*Callinectes toxotes y C. arcuatus)*, pargo (*Lutjanus colorado)* y liseta (*Mugil curema)*. En general, ha disminuido en más de un 60% la captura de las 8 especies principales que se extraen en Laguna Panzacola, según indican las encuestas realizadas. Incluso la Cooperativa de Pesca Sección Río Arriba en la actualidad extrae el pez armado (*Atractosteus tropicus)*, como sustituto de muchas especies que escasean. Esta especie anteriormente no tenía valor económico, sin

embargo la disminución de capturas de camarón, robalo, mojarra u otras especies obligan a los pescadores a extraer otras especies de menor valor económico pero que aún persisten en la laguna para abastecer la demanda comercial de la cooperativa y sus propias necesidades.

Esta disminución de capturas, se puede relacionar con dos aspectos: uno es el incremento del esfuerzo pesquero debido al incremento poblacional (INEGI 2017), en el año 2000, 64 pescadores conformaban la cooperativa de pesca Sección Río Arriba (Carbajal-Evaristo 2014), para 2016 ya habían 38 pescadores eventuales adicionales lo que representa un 60% de esfuerzo pesquero adicional y al haber más pescadores las posibilidades de pescar cierta cantidad se reducen y por lo tanto la captura diaria por pescador disminuye. Otro aspecto es la destrucción del hábitat, debido al cambio de sedimentos en el fondo la laguna, los cambios en pH y temperatura de la laguna considerando que el aporte y nivel de agua, la salinidad y la temperatura son variables ambientales que determinan la distribución y abundancia de las comunidades de peces y crustáceos en el sistema Chantuto-Panzacola (Díaz-Ruiz et al. 2006, Barba-Macias et al. 2012). La llegada de contaminantes por causa de los cambios de uso de suelo (Hernández-Hernández 2014) y la canalización actual del cauce del río. Las especies utilizan los humedales; las raíces del manglar y la balona, la laguna y el sedimento para vivir, reproducirse o para protegerse de los depredadores según sus necesidades, tolerancia a las condiciones y estadios (Tovilla-Hernández 2004).

Esta situación ha vuelto susceptible frente a fenómenos meteorológicos al sistema de humedales y manglares cercanos a Laguna Panzacola, debido a que la cuenca baja es la que recibe la mayoría de los estragos, como son azolvamiento, contaminación por agroquímicos, inundaciones, pérdida de vegetación, mortandad de peces, pérdidas materiales en las comunidades e incluso muertes humanas como en el caso del huracán Stan en 2005 (Carbajal-Evaristo 2014, PMREBIEN 1999).

Aunado a lo anterior una serie de cambios son percibidos por los pescadores en la cuenca baja. En el río perciben cambios de la vegetación ribereña, forma del canal, tipo de sedimento en el lecho del río, azolvamiento, disminución de la cantidad de agua y en el color del agua que transporta el río. En la Laguna Panzacola, los cambios

principales fueron cambios en el tipo de suelo, disminución de la profundidad, cambios en el color del agua, incremento de mortandad y disminución de captura de peces, así como la presencia de lirio acuático, todos estos son indicadores del deterioro de este sistema.

Esto probablemente se debe a la sumatoria de efectos derivados de las obras de protección ejecutadas desde el 2005 por CONAGUA a lo largo del Río Vado Ancho, en conjunto con la intensificación de la cuenca motivada por el gobierno del estado y federal a través de los años. Los cambios de uso de suelo, favorecen los procesos erosivos en la cuenca alta y media, que presenta una cobertura dedicada mayormente a la agricultura y ganadería. Los escurrimientos, acarrean consigo mayor cantidad de sedimentos hasta el río, y este a su vez los transporta cuenca abajo. El agua y los sedimentos no pueden depositarse a lo largo de la cuenca debido a que el cauce es poco sinuoso (1.23) y debido al confinamiento que generan los diques longitudinales (Ramírez-Callejas et al. 2006). Esto provoca que llegue mayor cantidad de agua a la cuenca baja y con mayor cantidad de sedimentos, que se van depositando en la desembocadura del río, pantanos, manglares, tulares y Laguna Panzacola donde la velocidad del agua es menor. Esta misma situación ocurre en la cuenca del Río Cintalapa, e influye sobre la Laguna Cerritos. Incluso algunos escurrimientos del Río Cintalapa se derraman sobre el canal muerto y el cordón estuarino mismos que aportan agua y sedimentos a la Laguna Panzacola (Carbajal-Evaristo 2014)

Por lo tanto en la Laguna Panzacola, se ha presentado una redistribución de los sedimentos que llegan desde de la cuenca, es decir antes de las obras de canalización sobre el río, la laguna presentaba mayor variabilidad de profundidades, sin embargo los sedimentos que aportan los ríos canalizados como el Vado Ancho y el Cintalapa, se han dispersado en el fondo de la laguna de tal manera que se ha uniformizado la profundidad en grandes extensiones de esta. Esto se demuestra en la Figura 11 mediante la disminución de la variabilidad de profundidades después del 2005. Por lo tanto cada vez hay menos sitios con mayor profundidad que el promedio y la profundidad de 0.80 m se está generalizando en toda la extensión de la laguna a causa del azolvamiento.

Conclusiones.

- La cuenca del Río Vado Ancho ha sufrido un proceso de intensificación, principalmente la conversión de grandes áreas para el cultivo de palma africana. El incremento poblacional en el estado de Chiapas, trae consigo el incremento de zonas de infraestructura urbana y conversión de selvas y áreas naturales en zonas de cultivo, ganadería y asentamientos humanos. Esto puede producir un aumento en la erosión, que puede estar relacionado con el azolvamiento del Río Vado Ancho y la Laguna Panzacola y disminución de la pesca en la Comunidad de Río Arriba.
- Estas obras pueden haber afectado la morfología del cauce, alterando el índice de sinuosidad, confinando el agua en el cauce y favoreciendo el arrastre de sedimentos hacia la cuenca baja.
- La profundidad de la laguna ha disminuido a través del tiempo, desde 1996 hasta el 2016, sin embargo a partir del 2005 se ha presentado una batimetría cada vez más uniforme hasta el año 2016, esto puede estar ocasionando cambios en las propiedades físicas y químicas de la laguna, mismas que a su vez pueden estar alterando el hábitat de diversas especies de peces y crustáceos en la laguna Panzacola.
- Los pescadores de la Cooperativa Río Arriba identifican el evidente deterioro de la pesca tanto en producción como en ingreso económico, y lo atribuyen a los cambios en el uso de suelo de la cuenca, la canalización del río y la susceptibilidad en la que se encuentra la cuenca baja frente a fenómenos meteorológicos. Esto ha obligado a los pescadores a extraer otras especies que antes no eran aprovechadas debido a la mortandad de especies de mayor valor económico. Otros han cambiado su oficio generacional para aprovechar las áreas azolvadas para agricultura y ganadería.

Literatura citada.

Aragonés L, Pagán JI, López P, Serra Peris JC. 2014. 17 Years of Changes (1989–2006) in Bathymetry and Sediments Texture in Segura River Mouth. Springer International Publishing Switzerland.

Aronoff S. 1982. Classification accuracy: a user approach, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 48(8):1299-1307.

Barba-Macias E, Díaz-Ruiz S, Aguirre León A, Herrera-Martínez P. 2010. Macrocrustáceos bentónicos de los sistemas lagunares Chantuto-Panzacola y Carretas Pereyra, Chiapas, México. En Recursos acuáticos costeros del sureste. 1: 371:395.

Brooker MP. 1985. The Ecological Effects of Channelization en The Geographical Journal. 151(1): 63-69.

Brookes A. 1988. Channelized Rivers: Perspectives for Environmental Management. John Wiley and Sons, Chichester. p. 326.

Capote-Fuentes RTE, Roig H, Ferro G, Garcell RP, Capote-López S, González. 2005. Resilience and restoration of mangroves in the Gulf of Mexico and the Caribbean: regional features of a global issue. 1st British-Cuban Workshop on Climate Change a regional challenge with a global impact. Havana, Cuba.

Carbajal-Evaristo SS. 2014. Evaluación del impacto del azolvamiento de la laguna Cerritos, provocado por la canalización del Río Cintalapa, Chiapas. [Tesis de maestría]. Tapachula, El Colegio de la Frontera Sur.

Castro-Soto G. 2009. La palma africana en México. Otros Mundos. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

Castro-Soto G. 2010. Gloobal.net. Recuperado el 14 de 03 de 2017, de Gloobal.net: http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?entidad=Textos&id=11551&opcion=documento#s2

Ceccon E. 2003. Los bosques ribereños y la restauración y conservación de cuencas hidrográficas. Ciencias. 72:46-53.

Chuvieco E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones RIALP, Madrid, España. Ed. 3.

Colín-García G, Ibáñez-Castillo L, Reyes-Sánchez J, Arteaga-Ramírez R. 2013. Diagnóstico de la erosión hídrica de la cuenca del río Pichucalco. Revista inagbi. p. 23-31.

Conesa-Garcia C. 1992. Trazados de baja y alta sinuosidad de ríos españoles. Papeles de Geografia. 18:9-29.

Congalton RG. 1988. A comparison of sampling scheme use in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotlely sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54(5):593-600.

[CONAGUA] Comisión Nacional del Agua. 2006. Inventario y valoración del grado de deterioro, cuantificación en campo, así como evaluación, clasificación, delimitación y desarrollo de un programa de manejo integral a nivel de Cuenca del Soconusco para la preservación de los humedales presentes en los Ríos Cintalapa, Vado ancho, Despoblado y Huixtla Región Soconusco, Chiapas. Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua.

[CONANP] Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2015. Estudio Previo Justificativo para la modificación de la declaratoria de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas. 138 p.

Contreras EF y Castañeda LO. 1992. Contribución del nanofitoplancton en la cantidad de clorofila a de dos sistemas lagunares del estado de Chiapas, México. Inv. Mar. CICIMAR 7:61-73.

Contreras EF, Castañeda O, García Nagoya A, Pérez MA. 1994. Las Lagunas Costeras. En: Toledo, A. Riqueza y Pobreza en la Costa de Chiapas y Oaxaca. Centro de Ecología y Desarrollo. p. 492.

De La Presa JC. 2005. Características fisicoquímicas del suelo en áreas de manglar, impactadas por dragados y sujetas a restauración, En laguna de Chantuto y Barra Zacapulco; Municipio de Mapastepec, Chiapas. [Tesis de licenciatura]. Tapachula, Instituto Tecnológico de Tapachula.

De la Presa-Pérez JC, Tovilla-Hernández C. 2013. Expansión de los sedimentos de Tarquinas: origen e impactos en los humedales de la Reserva de Biósfera “La Encrucijada”. IV Congreso Mexicano de Ecología. Villahermosa, Tabasco. p. 102.

Díaz-Gallegos JR, Acosta-Velázquez J. 2009. Tendencias en la transformación del uso del suelo y la vegetación aledaña. En: Espinoza, J. Islebe G. y Hernández H. (Eds). El Sistema Ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal Quintana Roo, México. 226-237 p.

Díaz-Ruiz S, Aguirre-León A, Cano-Quiroga E. 2006. Evaluación ecológica de las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarinos del sur de Chiapas, México. Hidrobiológica 16 (2): 197-210.

Escalante C. 2006. Análisis del patrón de lluvias en la Costa de Chiapas. Quehacer científico en Chiapas. 1(1):39-64.

FAO (Food and Agricultura Organization 1996. Forest resources assessment 1990, Survey of tropical forest cover and study of change procasses, FAO Forestry Paper. p. 130.

Fielding A. 2007. Cluster and clasification thechniques of biociencie. Cambridge, Cambridge University.

Fitzpatrick-Lins K. 1981. Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 47:343-351.

Forman RTT. 1999. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.

Galván F, Arias H, Chávez J, Oropeza JL. 1999. Influencia del transporte fluvial de sedimentos sobre la evolución de una laguna costera. Hidrobiológica. 9(2):145- 159.

García Orozco JA, Cedillo Gutiérrez J, Juan Pérez J, Balderas Plata M. 2012. Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano mexicano. El caso del Río San José en el estado de México. Papeles de Geografía. Universidad de Murcia. España. p. 63-73

Garrido PA, Cuevas ML, Cotler H, González DI, Tharme R. 2010. Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México Investigación ambiental 2010. 2(1):25-46.

[GEC] Gobierno del estado de Chiapas. s.f. Manifiesto de impacto ambiental modalidad particular. Dragado del canal de acceso Río Arriba.

Gómez-Ortega R. 2013. Ecología del Sistema Lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, basada en la aplicación e interpretación de algunos índices tróficos, parámetros físico-químicos y biológicos. [Tesis de maestría]. El Colegio de La Frontera Sur.

González LM .2005. Evaluación de la calidad ecológica del habitar ripario en tramos del Río Muerto, Yerba Buena, Tucumán, Argentina. [Tesis de Licenciatura] Ciencias Biológicas or Botánica.

Granados-Sánchez D, Hernández-García MA, López-Ríos GF. 2006. Ecología de zonas ribereña. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y ambientes. Chapingo, México. Universidad autónoma de Chapingo. 12(1):55-69.

Hernández-Hernández JL. 2014. Caracterización de uso de suelo y evaluación de la calidad riparia del río Cacaluta, Acacoyagua, Chiapas, México. [Tesis de maestría]. El Colegio de La Frontera Sur.

[INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2008. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Acapetahua, Chiapas y Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Villa Comaltitlán, Chiapas

[INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/poblacion/default.aspx?tema=me&e=07

JICA. 1999. El estudio de desarrollo integral de agricultura, ganadería y desarrollo rural de la Región Del Soconusco en Chiapas, Los Estado Unidos Mexicanos. Nagai Engineering CO., LTD. Anexo D.

Leopold LB, Wolman MG. 1957. River channel pattems braided, meandering and straight, U. S. Geol. Surv. Prof. Papo 282B. p. 39-85.

Linares-Mazariegos R. 2007. Evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos de la Laguna de Chantuto (Chiapas, México) y de la bahía de Santander (Cantabria, España). [Tesis de Doctorado]. Universidad de Cantabria.

Machuca-Jiménez MA. 2014. Diagnóstico del estado actual del uso y manejo de la zona costera en el Estado de Chiapas. [Tesis de maestría] El Colegio de la Frontera Sur. p. 194.

Mas JF, Díaz-Gallegos J, Pérez Vega A. 2003. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 51:53-72.

Meyer WB, Turner BL. 1992. Human población growth and global land-use/cover change, Annual Review of Ecology and Systematics. 23:39-61.

Miall AD. 1978. Fluvial Sedimentology: An historical review. *Fluvial Sedimentology* -Ed. A. D. Miall. Mem. Can. Soco Petrol. Geol. Calgary. 5:1-47.

Mitsch WJ, Gosselink JG. 2000. *Wetlands*. 3ª edición. New York, Van Nostrand y Reinhold.

Molina J, Maragani J, Ribstein P, Bourges J, Guyot J, Dietze C. 1995. Olas pulsantes en ríos canalizados de la región de La Paz. ORSTOM. La Paz. Bolivia.

Ollero A, Sanchez M, Del Valle J. 2004. Problemática actual del corredor ribereño del Ebro Aragonés en su curso de Meadros Libres. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.

Palacios-Pérez A, Ku-Naal R, Estrada-Vivas JD, Tucuch-Cauich M. 2003. Cadena agroalimentaria e industrial de palma de aceite. Cofupro-Inifap. Campeche.

Pérez-Nieto S, Arellano-Monterrosas JL, Ibáñez-Castillo LA, Hernández-Saucedo FR. 2012. Estimación de la erosión hídrica provocada por el huracán Stan en las cuencas costeras de Chiapas, México. Terra Latinoamericana. 30(2):103-110.

PMREBIEN. 1999. Programa Nacional de Manejo de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada. México, D.F. 1a edición: octubre de 1999 .Instituto Nacional de Ecología.

Pringle CM. 2001. Hydrologic Connectivity and the Management of Biological Reserves: A Global Perspective" en Ecological Applications. 11:981–998.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A language and Environment for Statistical Computing. P Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria, 2007. Disponible en: http://www.r-project.org/

Ramírez-Callejas CA, Bocanegra-Vinasco RA, Sandoval-García MC. 2006. Impacto de obras de protección contra inundaciones en la hidrodinámica del río cauca tramo La balsa - La Virginia. Ingeniería de recursos naturales y del ambiente. p. 15-26.

Ramsar. 2017. https://rsis.ramsar.org/ris/815

Rocha-Felices A. 2009. La morfología fluvial y su incidencia en la estabilidad de las obras viales. VIII Congreso internacional de obras de infraestructura vial. p.17.

Roder JR, Villavicencio-García, Zarazúa-Villaseñor P. 2006. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo «USLE» en SIG para estimar riesgo potencial de erosión en el área protegida «Sierra de Quila»" en XVII Semana de la Investigación Científica. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. p. 156-162.

Ruiz-Fernández AC, Frignani M, Tesi T, Bojórquez-Leyva H, Bellucci LG, Páez-Osuna F. 2005. Recent Sedimentary History of Organic Matter and Nutrient Accumulation in the Ohuira lagoon, Northwestern México. Environmental Pollution.

Sanjurjo-Rivera E. 2001. Valoración Económica de Servicios Ambientales Prestados por Ecosistemas: Humedales en México. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental. p. 46.

Santacruz De León G. 2011. Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México. *Aqua-LAC*. 3(1):45-54.

Santos-García JA, Jerez Mir F, Saint A. 1991. Estudio sedimentológico de un sector del Río Guadalquivir en las proximidades de Andujar (Provincia de Jaen) los depósitos de la terraza + 6 id (T4). Estudios Geol. 47:43-55.

[SEMARNATa] Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. 2010. Publicado en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.1_Vegetacion/index.shtml. Consultado 22/06/2010

[SEMARNATb] Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. 2010. Manifiesto de impacto ambiental modalidad particular de la Construcción de infraestructura de protección en las márgenes del Río Vado Ancho Municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas. Chiapas, México: Organismo de cuenca de la frontera sur de la comisión nacional del agua.

[SAGARPA] Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. 2004. Plan rector del sistema producto palma de aceite de Veracruz 2004–2014. Veracruz. México. Fomento económico de Chiapas.

Simon A, Massimo R. 2006. Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response en Science Direct. Geomorphology 79:361-383.

[SMN] Servicio Meteorológico Nacional. 2017. Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias.

Toledo A. 2006. Agua, hombre y paisaje. SEMARNAT. INE. México. p. 259.

Tovilla-Hernández C. 2005. Agonía y desaparición de los ríos y humedales en la costa de Chiapas. Ecofronteras. p. 25:5-8.

Tovilla-Hernández C. 2004. Pérdida y restauración de manglares en la costa de Chiapas. Conexión Sur. Unidad Tapachula, Chiapas.

Tovilla-Hernández C. 2008. La Dimensión de la Crisis Ambiental en la Costa de Chiapas y la Necesidad de un programa de Ordenamiento de las actividades. La frontera Sur. p. 25-41.

Tovilla-Hernández C, Pérez J, Arce A. 2010. Gestión litoral y política pública en México: un diagnóstico. En: Barragán Muñoz, J.M. (coord.). Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio. Red IBERMAR (CYTED), Cádiz. p. 15-40.

Treviño LG, Villalobos O, Paniagua JL. 1986. Diagnosis de Lagunas Costeras en México: Estado Actual y Evolución. UNAM. p. 130.

Veldkamp A y Lambin EF. 2001. Predicting land-use change. Agriculture, Ecosystems and Environment 85. Wageningen University.

Vidal-Abarca MR, Montes C, Suarez ML, Ramírez-Díaz L. 1987. Caracterización morfométrica de la cuenca del Río Segura: Estudio cuantitativo de las formas de las sub cuencas. Papeles de Geografía (FISICA). 12:19-31

Xiang WN, Clarke KC. 2003. The use of scenarios in land-use planning. Environment and Planning. 30:885-909

Anexos.

Anexo 1. Entrevista/Encuesta aplicada a pescadores de "Cooperativa Río Arriba"

Nombre. _____

Edad _____ Sexo _____ Ocupación _____

1. ¿Aproximadamente, cuántos años ha vivido en esta comunidad? _____
2. De las siguientes opciones, indique si ha notado cambios a través del tiempo en el curso del río Vado Ancho.

En la ubicación		En la forma del canal		En la vegetación cercana		La cantidad de agua que trae		El tipo de sedimento		Color del agua.		Cantidad de azolve	
SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO

Otros _____

3. ¿Usted considera que los cambios en el rio han sido provocados en mayor medida por?

1. La naturaleza (Huracanes, Comportamiento normal del río, clima)

2. El ser humano (La rectificación y canalización del curso del río posterior al paso del huracán "Stan")

4. Mencione algunos cambios que recuerde ocurrieron en el área de la comunidad y las zonas de manglares y tulares posterior al huracán "Stan"

_____

5. ¿Considera que los cambios en el rio han influido sobre laguna Panzacola-La Paluda?

SI **NO**

6. De las siguientes opciones, indique si ha notado cambios a través del tiempo en el sistema lagunar de Panzacola.

En su tamaño		En su profundidad		En la vegetación cercana		En la cantidad de pesca.		El tipo de suelo		Color de la Laguna		Mortandad de los peces.	
SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO

Otros _____

7. ¿Usted considera que los cambios en la Laguna Panzacola son provocados en mayor medida por?

La naturaleza (Huracanes, Comportamiento normal del río, clima)

El ser humano (La rectificación y canalización del curso del río posterior al paso del huracán "Stan")

8. ¿Según su apreciación; consideran que la pesca en la zona ha?

1. Disminuido **2.Aumentado** **3. Esta igual**

9. Usted considera que de **NO** haberse realizado en el pasado, obras de canalización y rectificación sobre el rio Vado Ancho, la pesca fuera mejor en la actualidad.

1. Sí. **2. No.**

10. Usted considera que:

La canalización del rio trae beneficios para la pesca que duran poco tiempo.	SI	No
La pesca en Panzacola disminuye a causa de las obras sobre el Vado Ancho	SI	No
La canalización del río Vado Ancho genera azolvamiento en la laguna Panzacola.	SI	No
Las obras sobre el rio provocan que llegue mayor cantidad de arena hacia las partes bajas.	SI	No

La pesca en Panzacola es mayor si el rio Vado Ancho esta derecho. (Sin curvas)	SI	No
Las obras sobre el rio Vado Ancho están acabando con los sitios para reproducción los peces.	SI	No
Las obras sobre el rio Vado Ancho están acabando con el manglar.	SI	No
Las obras sobre el rio Vado Ancho afectan mis ingresos económicos por pesca.	SI	No
Es buena idea canalizar nuevamente el rio Vado Ancho para mejorar la pesca.	SI	No
La pesca es una actividad mis generaciones futuras podrán continuar realizando.	SI	No

11. ¿Considera que la agricultura y la ganadería afectan a la pesca en la Laguna Panzacola?

1. SI **2. NO**

12. ¿Considera que la perdida de manglares afecta a la pesca en la Laguna Panzacola?

1. SI **2. NO**

13. ¿Qué otras actividades se realizan en esta zona además de la pesca? _____

14. Selecciona que uso le da generalmente usted a lo que pesca.

Consumo	Venta	Artesanía/Decorativo	Medicinal	Otro
Cual:				

15. ¿Usted vivió los huracanes Mitch en el año 1998 y Stan en el 2005?

Ambos (Siga) **Solo uno** (Siga) **Ninguno** (Pase a p. 17)

16. ¿Indique qué problemas provocaron los huracanes en esta región?

Interrupción del camino		Inundaciones		Azolve del rio		Azolve de laguna		Perdida de manglar		Perdida de cultivos		Perdida de vivienda		Otros
Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	

17. ¿Existen peces y otros animales que hayan desaparecido después de las canalizaciones del rio y cambios en la laguna? Cuales: _____

18. ¿Aproximadamente, qué cantidad de peces y camarón pesca por día?

Tipo de pez	Camarón	Mojarra	Bagre	Lisa	Robalo	Jaiba	Liseta	Pargo
Cantidad								

19. ¿Aproximadamente qué cantidad de peces y camarón pescaba por día, antes de la canalización del rio Vado Ancho y los cambios en la Laguna?

Tipo de pez	Camarón	Mojarra	Bagre	Lisa	Robalo	Jaiba	Liseta	Pargo
Cantidad								

20. ¿En dónde vende el pescado?

1. En la localidad
2. En la cabecera municipal
3. En otro municipio/Ciudad (especifique) _____

21. ¿A quién le vende su producción?

1. Consumidor
2. Pequeño comerciante (al menudeo)
3. Comerciante mayorista

4. Cooperativa (especifique) _____
5. Asociación (especifique) _____
6. Otro (especifique) _____

22. ¿Tiene dificultades para vender sus productos?
    1. SI **2. NO**
    Especifique la dificultad: _____
23. ¿Usted considera que sus ingresos económicos por pesca han?
    1. **Disminuido** **2.Incrementado** **3.Están igual**
24. ¿Le gustaría continuar dedicándose a la pesca? **SI** **NO**

¿Por qué?_____

25. Los cambios en el Rio Vado ancho y Laguna Panzacola le:
    1. Perjudican **2. Benefician** **3.Ninguno**

¿Por qué? _____

26. Además de las obras de canalización del río ¿qué otras obras se realizaron en el área después del huracán?

    _____

    _____

27. Cuando sale usted a pescar ¿a qué hora lo hace y cuantos kilómetros navega para llegar al sitio de pesca?

    _____

    _____

28. ¿Para su actividad pesquera, requiere de mano de obra adicional?
    1. Sí (siga) **2. No** (pase a p. 28.)
29. Para su actividad pesquera.
    1. **Paga a uno o varios ayudantes. (Trabajador, Chalan, Auxiliar)**
    2. **Le ayuda un familiares**
    3. **Otro (especifique)** _____

    Especifique el número de personas que le ayudan. _____
30. ¿Con que frecuencia sale usted a Acapetahua - Escuintla y cuál es el motivo de su salida?

    _____

    _____

Anexo 2. Articulo enviado para publicación.

EVALUACIÓN DE CAMBIO DE USOS DE SUELO EN LA CUENCA DEL VADO ANCHO Y SUS EFECTOS SOBRE LA CUENCA BAJA.

Resumen

La zona costera del estado de Chiapas, ha sido degradada paulatinamente debido a diferentes actividades antrópicas y naturales, entre las más notables están: la deforestación, la erosión y los fenómenos meteorológicos como huracanes. La cuenca del Río Vado Ancho, ha sufrido cambios debido a la intensificación del uso de suelo, que se reflejan en el azolvamiento de la desembocadura del río, manglares, humedales y la Laguna Panzacola. El objetivo de este trabajo fue evaluar mediante sistemas de información geográfica los cambios de uso de suelo en la cuenca del Río Vado Ancho durante los años 1996, 2003 y 2015, y sus posibles efectos sobre la cuenca baja. Se encontró que la cuenca del Río Vado Ancho ha sufrido un proceso de intensificación, principalmente la conversión de grandes áreas para el cultivo de palma africana, así como la conversión de áreas naturales en zonas de cultivo, ganadería y asentamientos humanos. Esto puede haber favorecido el arrastre de sedimentos a través de la cuenca, para ser depositados en la cuenca baja donde ha generado azolvamiento del Río Vado Ancho y la Laguna Panzacola, pérdida de vegetación, y disminución de la pesca en la comunidad de Río Arriba. Esta pone en situación de riesgo a las comunidades de la cuenca baja como son Río Arriba, Salvación y El Arenal.

Introducción

La dinámica de explotación incentivada por el modelo de desarrollo actual promueve la conversión de los paisajes naturales a sitios dedicados a la producción, sin considerar aspectos ecológicos (Toledo, 2006). Los cambios de uso de suelo tienen una

función importante respecto a los procesos hidrológicos y biológicos de la cuenca en su conjunto (Pérez-Nieto et al., 2012). En ese sentido Junk et al., (2007) afirma que la deforestación de bosques de tierra firme y ribereños se asocia con el aumento en la erosión, escorrentía y con cambios de caudal, de transporte de sedimentos suspendidos y de sedimentación, los cuales pueden afectar a la fauna acuática en los sistemas fluviales. Así mismo los efectos de la intensificación de la cuenca pueden reflejarse en la degradación de los servicios ambientales que provee la zona costera a través de humedales, manglares, tulares, pantanos y lagunas costeras. Dentro de estos servicios se consideran la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma, regulación del clima, conservación de ciclos biológicos, captura de agua, suministro de refugio y crianza para una gran diversidad de especies, muchas de ellas de interés económico para el ser humano aunado a su valor por belleza y significado cultural (Sanjurjo-Rivera, 2001).

Según Roder et al., (2006) la pérdida de cobertura vegetal favorece la erosión de suelo en las cuencas debido a que las plantas funcionan como una capa protectora que disminuye la capacidad erosiva de la lluvia y por lo tanto la perdida de vegetación representa un problema grave para las cuencas. Actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería favorecen la erosión hídrica de los suelos, que afecta gran parte del territorio nacional y constituye un serio problema ambiental en México (Colín-García et al., 2013).

La zona costera de Chiapas, México ha sido degradada paulatinamente debido a diferentes actividades antrópicas y naturales, entre las más notables están: la deforestación, erosión y los fenómenos meteorológicos como huracanes (Tovilla, 2010). Esta problemática es producto de una sumatoria de impactos a lo largo de la cuenca, que

se reflejan con mayor intensidad en la cuenca baja (Pringle, 2001; Granados-Sanchez 2006) debido a que la erosión ha provoca la pérdida acelerada de suelos, aumentando la carga de sedimentos sobre todos los ríos y arroyos de la costa de Chiapas, que son arrastrados hasta los sistemas de humedales y manglares.

Ejemplo de estos cambios radicales en la cobertura de la cuenca son el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), que ha estado presente en Chiapas desde 1948, se ha expandido a partir 1996 (Palacios-Pérez, 2003) y para el 2001 la superficie cultivada aumentó en más de 1,000% a nivel nacional (SAGARPA, 2004). En 2009 el Gobierno del Estado de Chiapas, asignó 83 millones de pesos para ampliar 11 mil hectáreas de cultivo de palma africana, aunado a eso el Gobierno Federal anunció que el campo de Chiapas recibiría 300 millones de pesos para los cultivos más rentables que el maíz como es el caso de la palma africana (Castro-Soto, 2010).

El estado de Chiapas y en específico la cuenca del río Vado Ancho ha sido transformada drásticamente convirtiendo áreas naturales en zonas de cultivo, ganadería y asentamientos urbanos, y esto probablemente ha potencializado el efecto de erosión hídrica provocando azolvamiento en la cuenca baja y laguna Panzacola.

Una manera de evaluar como este tipo de cambios de uso de suelo se relacionan con el azolvamiento en la cuenca baja son los análisis y modelados de cambios de uso de suelo sustentados en sistemas de información geográfica (SIG), debido a que son herramientas muy útiles para identificar las áreas con mayor probabilidad de cambiar, evaluar, predecir y simular procesos como cambios de uso de suelo y erosión así como para entender los procesos que provocan esos cambios e incluso de inferir situaciones futuras basadas en diferentes escenarios (Veldkamp y Lambin, 2001; Xiang y Clarke, 2003).

El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios de uso de suelo en la cuenca del Río Vado Ancho durante los años 1996, 2003 y 2015, y cómo se han reflejado en la cuenca baja. Esto resulta trascendental debido a la importancia ecológica del sistema estuarino Chantuto-Panzacola en la desembocadura de la cuenca del río Vado Ancho, considerando que todos los procesos que ocurren dentro de la cuenca hidrográfica se reflejan en la parte baja de la misma (Batista, 2003). Por otra parte, los resultados de este estudio pueden servir de base para la planeación de un manejo integrado de la cuenca media y alta así como de la zona costera.

Área de estudio.

La subcuenca Vado Ancho se ubica en la región sur de México, correspondiente a litoral del Pacifíco, y se denomina así, por ser este el último nombre que recibe hasta desembocar en la planicie costera (Figura 1). Su escurrimiento principal es el Río Vado Ancho está ubicado en el sureste de la Costa de Chiapas, dicho sistema cuenta con una superficie de 18,000 ha y una longitud de 33.5 km. Nace en la sierra madre de Chiapas donde es conocido como Río Negro, agua abajo se une con dos corrientes de importancia como son el Río Los Cimientos y El Río Jordán (JICA, 1999).

A la altura de los 120 M.S.N.M, antes de pasar por el Ejido San Felipe Tizápa, Municipio de Escuintla, cambia de nombre, denominándose ahora Vado Ancho (JICA, 1999). Cruza la parte sureste de Acapetahua y desemboca cerca de la laguna Panzacola, que forma parte del sistema estuarino Chantuto-Panzacola y el cordón estuárico El Hueyate (Contreras, 1993), en el municipio de Villa Comaltitlán. La importancia de este río radica en que abastece de agua dulce al sistema estuarino Chantuto-Panzacola en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (REBIEN), esta área está catalogada como sitio RAMSAR (815), alberga una gran variedad de vida silvestre

amenazada, endémica, rara o en peligro de extinción, 183 especies de aves y amplias zonas de manglares, humedales, pantanos, lagunas costeras (PMREBIEN, 1999; Ramsar, 2017)

El clima de la subcuenca Vado Ancho oscila entre 16 y 23 °C en la zona alta de la cuenca (sierra) y desde 22 – 30 °C, en la cuenca media y baja. El rango de precipitación se encuentra entre 1,500 mm – 4,000 mm y presenta climas cálido subhúmedo con lluvias en verano y Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano principalmente en la mayoría de su territorio (INEGI, 2008).

Metodología

El Laboratorio de Información Geográfica de Ecosur Unidad Tapachula, proporcionó el polígono de la subcueca del Río Vado Ancho para los fines de este estudio. Este polígono fue generado como parte del "El estudio de desarrollo integral de agricultura, ganadería y desarrollo rural de la Región del Soconusco" (JICA, 1999). Sin embargo debido a las características de esta tesis, fue necesario redefinir el polígono con la finalidad que incluyera la laguna Panzacola en su totalidad, así como corregir variaciones y desajustes que tenía el polígono original, principalmente en la región del parte aguas del extremo norte de la subcuenca.

En colaboración con el Laboratorio de Geoinformación y Análisis Geoespacial de la UNICACH (Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas) sede Tonalá, se obtuvieron imágenes, bases de datos y se generaron los mapas y tablas para los fines de esta investigación. Se redefinió el nuevo polígono de la subcuenca del Río Vado Ancho, digitalizando puntos y recorridos sobre Google Earth, basándose en el continuo nacional de elevaciones del INEGI y transformando dichos puntos y recorridos (en formato .kml)

en capas en ArcMap 10.3. De la misma manera se dibujó la red hidrográfica de la cuenca, delimitando el cauce principal, corrientes primarias, secundarias y terciarias.

Respecto al análisis de cambio de uso de suelo, se evaluaron los años 1996, 2003 y 2015 utilizando ortofotos, imágenes landsat y spot.

Con base en el estudio sobre la subcuenca del Río Cintalapa, realizado por Carbajal-Evaristo (2014), se retomaron las clases para la clasificación de uso de suelo de dicho estudio y se aplicaron a la clasificación de la micro cuenca del Vado Ancho, considerando el hecho de que estas cuencas son vecinas entre sí y por lo tanto contienen tipos de vegetación y usos de suelo similares (Tabla I).

Utilizando el método de clasificación supervisada en el software ERDAS IMAGINE 2013, se determinó la primer clasificación para el año 2015 y se le aplicó un filtro con ventanas de 3x3 pixeles (Efecto sal y pimienta). Posteriormente se modificó dicha clasificación ajustando las clases en retrospectiva para los años 1996 y 2003, para evitar errores de índole geométrica según el método interdependiente de la FAO (1996) y como propuesta de Díaz-Gallegos y Acosta-Velázquez (2009). Los rasters obtenidos se procesaron en ArcMap 10.3 para obtener los polígonos que permitieran conocer la superficie por clase y para cada año en estudio.

Posteriormente se realizó la validación de mapa, mediante verificación mixta (campo, imágenes satelitales o Google Earth) de puntos de muestreo, seleccionados mediante el método aleatorio estratificado. Dicho muestreo permite tener sitios relativamente menos dispersos en todo el territorio, lo que implica reducir costos de traslado y esfuerzo de muestreo (Congalton, 1988; Fitzpatrick-Lins, 1981). Se seleccionaron aleatoriamente 5 sitios por clase en el mapa, tomando como variable de apoyo para la estratificación los sitios que estuvieran con mayor facilidad de acceso. Se

verificó que lo descrito en el mapa coincidiera en campo, y se registró en una libreta de campo las confusiones así como las observaciones sobre la vegetación, especies dominantes, nombres de poblaciones y toda información de utilidad para el análisis en gabinete (Mas et al., 2003).

Para analizar los datos se generó una matriz de confusión, que permitió confrontar la información de los sitios en campo con la clasificación cartográfica que se pretende evaluar. En la matriz de confusión, las filas representan generalmente las clases de referencia y las columnas las clases del mapa. La diagonal de la matriz expresa el número de sitios de verificación para los cuales hay concordancia entre el mapa y los datos de referencia, mientras los marginales indican errores de asignación (Mas et al., 2003).

Según esta misma metodología se distinguen dos tipos de error. El error de comisión representa la proporción de sitios de verificación que fueron cartografiados en una cierta clase, pero que en realidad pertenece a otra categoría. El error de omisión se refiere a la proporción de sitios de verificación correspondiente a una categoría que fue cartografiada en otra (Aronoff, 1982; Chuvieco, 1996).

Se elaboraron mapas temáticos basados en las clasificaciones anteriores y se evaluaron los cambios de uso de suelo por medio de matrices de detección de cambio, que permiten comparar independientemente dos mapas, en este caso se realizaron las combinaciones 1996-2003 y 2003-2015.

Resultados

Se realizó la validación del mapa correspondiente al año de 2015, obteniendo índices de confiabilidad en función a los errores de comisión y omisión. Se obtuvo una confiablidad global del mapa del 80%.

La cuenca del Río Vado Ancho, cuenta con una superficie de 3,672.10 ha. De los mapas temáticos de uso de suelo, para los años 1996, 2003 y 2015 se encontraron 12 clases de cobertura para los años 1996 y 2003 y 13 clases en 2015, siendo dicha cobertura adicional la denominada Tarquina (TA).

Para el año 1996 las cobertura predominantes correspondían a Pastizal (29.1%) y Selva (23.6%) y las categorías con menos superficie fueron Suelo desnudo (0.1%) e Infraestructura urbana (1.4%) (Tabla II). De igual manera para el año 2003 fueron las coberturas más extensas Pastizal (27.3%) y Selva (21.2%), siendo las menos extensas Suelo desnudo (0.2%) y Manglar perturbado (1.1%). Para el año 2015 se encontró un total de 13 categorías de uso de suelo. Las coberturas con mayor extensión fueron Pastizal (22.6%), Selva (20.3%), Cultivo Perenne (14.6%) y las categorías con menos superficie fueron Tarquina (0.1%) y Suelo desnudo (0.3%) (Tabla III).

Periodo de cambio 1996-2003:

Los cambios más notables en este periodo fueron incremento de 1193.39 ha de vegetación secundaria que en 1996 fueron en su mayoría áreas de pastizales y en menor medida Bosque, Cultivo Perenne, Cultivo Temporal, Manglar Perturbado, Selva y Suelo desnudo. Obteniendo para el 2003 un 17.5% de la superficie total comparado con el 14.2% en 1996.

Por otra parte la categoría que presentó mayor pérdida de área fue la Selva con una transformación de 860.01 ha, que para el 2003 se convirtieron principalmente en Pastizales y Vegetación secundaria y en menor medida Infraestructura Urbana y Cuerpo de Agua. De esta manera la Selva pasó de contar con el 23.6% al 21.2% del área total de la cuenca del Río Vado Ancho.

Otros cambios importantes en este periodo, fue la ganancia de 228.65 ha de manglar recuperados de áreas que en su mayoría 1996 fueron Manglar Perturbado, ganando así un 0.7% de la extensión de la cuenca. Así mismo la Infraestructura Urbana se extendió sobre 214.50 ha, derivadas de sitios donde en 1996 existían bosques, Cuerpos de agua, Cultivos perennes y temporales, Pastizal, Selva y Vegetación Secundaria. Obteniendo un 0.6% adicional de superficie en la cuenca del Vado Ancho.

Periodo de cambio 2003-2015:

La ganancia de superficie más importante en este periodo corresponde a 2877.98 ha de cultivo perenne, representado principalmente por cultivos de palma africana y mango, pasando de contar con el 6.7% al 14.6% de la superficie total de la cuenca, transformando áreas que en 2003 fueron en su mayoría Cultivo temporal o Pastizales y pequeñas porciones de Selva, Suelo desnudo y Vegetación secundaria. La mayor pérdida de área la registro el Pastizal (1705.56 ha), que en 2003 contaba con 27.3% y se redujo a 22.6% de la superficie total. Estas áreas cambiaron de sitios que estaban ocupadas por Cultivos Perenne y Vegetación Secundaria principalmente, así como algunas hectáreas de Bosque, Cuerpos de agua, Cultivos de temporal e Infraestructura urbana (Tabla IV).

Otros cambios importantes en el periodo, es la aparición de una categoría adicional denominada Tarquina. Estas tarquinas son derivadas de la deforestación de áreas de manglar y vegetación de pantanos aledaños a las lagunas costeras y posteriormente el depósito de los sedimentos extraídos de la laguna por medio del dragado.

Estos depósitos suelen ser de diferentes tamaños y fueron la causa de la desecación de zonas de manglar, manglar perturbado y humedales en la periferia de la Laguna Panzacola como consecuencia del dragado y deposición de los sedimentos

extraídos del cuerpo de agua. Debido al dragado realizado entre 2005 y 2006 se construyeron 8 tarquinas, las cuales cubrían una superficie aproximada de 52.5 ha.

Para el 2015, la categoría Tarquina cubre solo el 0.1% del territorio de la cuenca con 34.07 ha. Esta disminución en la superficie, es debido a la aparición de áreas de vegetación sobre las tarquinas e inundaciones en otros sitios debido a desborde del río. Por lo tanto, la clasificación asignó estos fragmentos dentro de otras categorías, cambiando la clase; de tarquina a vegetación secundaria y/o humedales.

Por otra parte la vegetación de Manglar gano 129.51 ha adicionales como consecuencia de la recuperación de zonas de manglar perturbado y cuerpos de agua. La Infraestructura urbana también incrementa la extensión con 302.23 ha para alcanzar el 2.8% de la superficie total de la cuenca, obteniendo estas hectáreas de zonas que en 2003 eran Cuerpos de agua, Cultivos, Pastizales, Selvas y Vegetación secundaria.

Así mismo se perdieron 316.71 ha de Selvas, continuando con la tendencia del primer periodo de estudio (1996-2003). Estas selvas fueron transformadas a Vegetación secundaria, Pastizales, Infraestructura urbana, Cultivos y en menor medida Cuerpo de agua. Dentro de estos cambios se consideran selvas inundables que cambiaron a Humedal por deforestación.

En general se observa la dominancia de actividades productivas, grandes extensiones de cultivos permanentes como palma africana y mango, así como grandes pastizales, y el incremente de infraestructura urbana (Figura 2, 3 y 4).

Discusión

La cuenca del Río Vado Ancho ha sido objeto de intensificación de uso de suelo, principalmente por la conversión de grandes zonas de cultivo temporal a cultivo perenne a tal grado que, de 1996 a 2015 se transformaron 3009.21 ha, representados en su

mayoría por cultivo de palma africana. Esto se debe a la implementación de este cultivo como estrategia agraria productiva a nivel nacional y en el estado de Chiapas. El Gobierno Federal y el Gobierno de Chiapas afirman que las plantaciones de palma se están instalando en hectáreas previamente deforestadas por la ganadería y otras actividades que ya no son rentables (Castro Soto, 2009). Sin embargo, los resultados de este estudio, demuestran que grandes extensiones de palma africana se han establecido sobre áreas que anteriormente eran selvas, pastizales y otros cultivos temporales (maíz, caña) e incluso permanentes (mango), similar a lo que describe Hernández-Hernández (2014) sobre la cuenca del Río Cacaluta. Asi mismo la cuenca del Río Vado Ancho, al igual que la cuenca del Río Cintalapa, cuenta con al menos el 40% de área destinada a la agricultura y ganadería desde el año 1996 hasta la actualidad (Carbajal-Evaristo, 2014).

Por otra parte, el aumento de áreas de infraestructura urbana en la cuenca del Vado Ancho fue de 517.72 ha en un periodo de 19 años a partir 1996. Las principales comunidades en crecimiento a lo largo de la cuenca son: El Triunfo, Jamaica y San Felipe en la cuenca alta y media, y La Zacualpa, El Arenal, Río Arriba y Salvación en la cuenca baja. Estos cambios son motivados por el crecimiento demográfico del estado de Chiapas, que incrementó 1.3 millones de habitantes del 2000 al 2015 (INEGI, 2017). García-Orozco et al., (2012) coincide al decir que la población define la magnitud del territorio que es utilizado para actividades agropecuarias. Así mismo la construcción del CEFERESO (Centro Federal de Readaptación Social) 15 en el municipio de Villa Comaltitlán, implicó la conversión de más de 80 ha cultivos y pastizales.

Como respuesta en la cuenca baja la presencia de tarquinas no son más que el resultado de dragados ejecutados con un enfoque práctico y cerrado en el sentido de no

considerar a la laguna como parte de un sistema que tiene interacciones con el río y la vegetación aledaña. Y terminan siendo un simple homenaje al manejo inadecuado de la cuenca a través de los años, y de la falta de criterios ecológicos, sociales y económicos en la toma de decisiones. Esta misma situación se repite en la Laguna Cerritos que cuenta con 31.6 ha de tarquinas en la periferia a consecuencia de las obras de dragado (Carbajal-Evaristo, 2014).

De las 52.5 ha de Tarquinas registradas en la periferia de la Laguna Panzacola por Tovilla-Hernández en 2006, la existencia de 34.07 ha en 2015, obedece a la presencia de vegetación arbustiva, regeneración puntual de manglar sobre las tarquinas e incluso inundación de algunas áreas que se han convertido en humedales temporales. La recuperación de 358.16 ha de manglar desde 1996 al 2015, surge de sitios donde anteriormente hubo mangle perturbado. Esto probablemente se deba a un proceso de regeneración natural y al mantenimiento de las condiciones idóneas para su presencia, debido a que no se han documentado actividades de restauración en esos puntos, es decir se ha presentado un proceso de resiliencia ecológica que ha favorecido la regeneración de manglar, la continuidad de las funciones ecológicas de este ecosistema y de los servicios ambientales que constituyen un beneficio al ser humano (Capote-Fuentes et al., 2005).

Los resultados anteriores sugieren que la cuenca del Río Vado Ancho ha sido transformada drásticamente convirtiendo áreas naturales en zonas de cultivo, ganadería y asentamientos urbanos lo que ha potencializado el efecto de erosión hídrica, provocando azolvamiento en la cuenca baja y laguna Panzacola.

Conclusión

La cuenca del Río Vado Ancho ha sufrido un proceso de intensificación, principalmente la conversión de grandes áreas para el cultivo de palma africana. El incremento poblacional en el estado de Chiapas, trae consigo el incremento de zonas de infraestructura urbana y conversión de selvas y áreas naturales en zonas de cultivo, ganadería y asentamientos humanos. Esto puede producir un aumento en la erosión, que puede estar relacionado con el azolvamiento del Río Vado Ancho y la Laguna Panzacola y disminución de la pesca en la comunidad de Río Arriba.

Literatura citada

Aronoff S. (1982). Classification accuracy: a user approach, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 48(8):1299-1307.

Capote-Fuentes RTE, Roig H, Ferro G, Garcell RP, Capote-López S, y González. (2005). Resilience and restoration of mangroves in the Gulf of Mexico and the Caribbean: regional features of a global issue. 1st British-Cuban Workshop on Climate Change – a regional challenge with a global impact. Havana, Cuba. November 28 - 30, 2005.

Carbajal-Evaristo SS. (2014). Evaluación del impacto del azolvamiento de la laguna Cerritos, provocado por la canalización del Río Cintalapa, Chiapas. Tesis de maestría. Tapachula, El Colegio de la Frontera Sur.

Castro Soto G. (2009). La palma africana en México. Otros Mundos. 12 de junio de 2009; San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

Castro Soto G. (2010). Gloobal.net. Recuperado el 14 de 03 de 2017, de Gloobal.net: http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?entidad=Textos&id=11551&opcion=documento#s2

Chuvieco E. (1996). Fundamentos de teledetección espacial, 3ra. ed., Ediciones RIALP, Madrid, España.

Colín-García G, Ibáñez-Castillo L, Reyes-Sánchez J y Arteaga-Ramírez R. (2013). Diagnóstico de la erosión hídrica de la cuenca del río Pichucalco. Revista inagbi pp. 23-31

Congalton RG. (1988). A comparison of sampling scheme use in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotlely sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54(5):593-600.

Contreras EF y Castañeda LO. (1993). Contribución del nanofitoplancton en la cantidad de clorofila a de dos sistemas lagunares del estado de Chiapas, México. Inv. Mar. CICIMAR 7: 61-73.

Díaz-Gallegos JR y Acosta-Velázquez J. (2009). Tendencias en la transformación del uso del suelo y la vegetación aledaña. En: Espinoza, J. Islebe G. y Hernández H. (Eds). El Sistema Ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe, 226-237 p. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal Quintana Roo, México.

[FAO] (Food and Agricultura Organization) (1996). Forest resources assessment 1990, Survey of tropical forest cover and study oí change procasses, FAO Forestry Paper. pp 130.

Fitzpatrick-Lins K. (1981). Comparison of sampling procedures and data analysis for a land- use and land-cover map. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 47:343-351.

García-Orozco JA, Cedillo Gutiérrez J, Juan Pérez J, Balderas Plata M. (2012). Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano mexicano. El caso del Río San José en el estado de México. Papeles de Geografía. Universidad de Murcia. España p 63-73.

Granados-Sánchez D, Hernández-García MA y López-Ríos GF. (2006). *Ecología de zonas ribereña. Revista Chapingo*. 12(1), Serie ciencias forestales y ambiente, Chapingo, México. Universidad autónoma de Chapingo, pp. 55-69.

Hernández-Hernández JL. (2014). Caracterización de uso de suelo y evaluación de la calidad riparia del río Cacaluta, Acacoyagua, Chiapas, México. Tesis de maestría. Ecosur Tapachula

INEGI (2008). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Acapetahua, Chiapas y Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Villa Comaltitlán, Chiapas

INEGI (2017). http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/poblacion/default.aspx?tema=me&e=07

JICA. (1999). El estudio de desarrollo integral de agricultura, ganadería y desarrollo rural de la Región Del Soconusco en Chiapas, Los Estado Unidos Mexicanos. Nagai Engineering CO., LTD. Anexo D.

Mas JF, Díaz-Gallegos J, Pérez Vega A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 51, 2003, pp. 53-72.

Palacios-Pérez A, Ku-Naal R, Estrada-Vivas JD, Tucuch-Cauich M. (2003). Cadena agroalimentaria e industrial de palma de aceite. Cofupro-Inifap. Campeche.

Pérez-Nieto S, Arellano-Monterrosas JL, Ibáñez-Castillo LA y Hernández-Saucedo FR. (2012). Estimación de la erosión hídrica provocada por el huracán Stan en las cuencas costeras de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, vol. 30, núm. 2, abril-junio, 2012, pp. 103-110.

PMREBIEN. (1999). Programa Nacional de Manejo de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada. México, D.F. 1a edición: octubre de 1999 .Instituto Nacional de Ecología.

Pringle CM. (2001). Hydrologic Connectivity and the Management of Biological Reserves: A Global Perspective" *en Ecological Applications*, 11.981–998.

Ramsar. (2017). https://rsis.ramsar.org/ris/815

Roder JR, Villavicencio-García y Zarazúa-Villaseñor P. (2006). Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo «USLE» en SIG para estimar riesgo potencial de erosión en el área protegida «Sierra de Quila»" en *XVII Semana de la Investigación Científica. Universidad de Guadalajara.* Guadalajara, Jalisco, México. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias pp. 156-162.

Sanjurjo-Rivera E. (2001). Valoración Económica de Servicios Ambientales Prestados por Ecosistemas: Humedales en México. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental. p 46.

[SAGARPA] Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (2004). Plan rector del sistema producto palma de aceite de Veracruz 2004–2014.. Veracruz. México. Fomento económico de Chiapas.

Toledo A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. SEMARNAT. INE. México, 259 p.

Tovilla-Hernández C, Pérez J y Arce A. (2010). Gestión litoral y política pública en México: un diagnóstico. En: Barragán Muñoz, J.M. (coord.). Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio. Red IBERMAR (CYTED), Cádiz, pp.15-40.

Veldkamp A y Lambin EF. (2001). Predicting land-use change. Agriculture, Ecosystems and Environment 85. Wageningen University.

Xiang WN y Clarke KC. 2003. The use of scenarios in land-use planning. Environment and Planning 30: 885–909

Tablas y figuras.

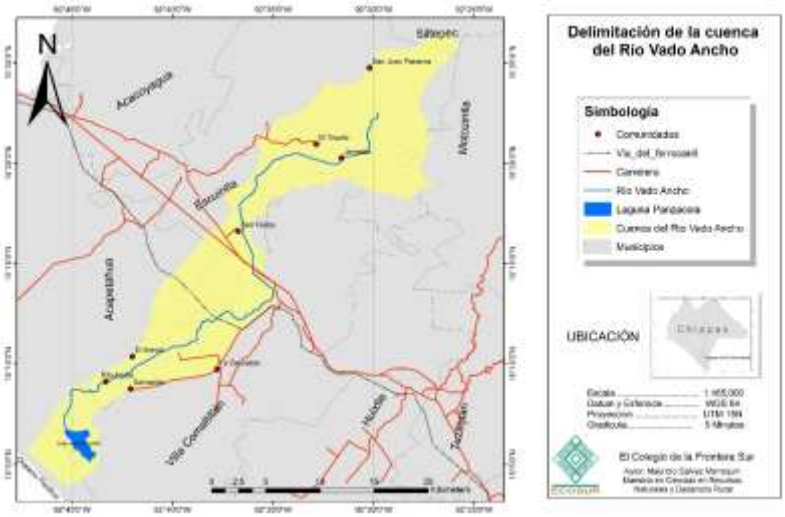

Figura 28. Mapa del área de estudio del Río Vado Ancho y Laguna Panzacola.

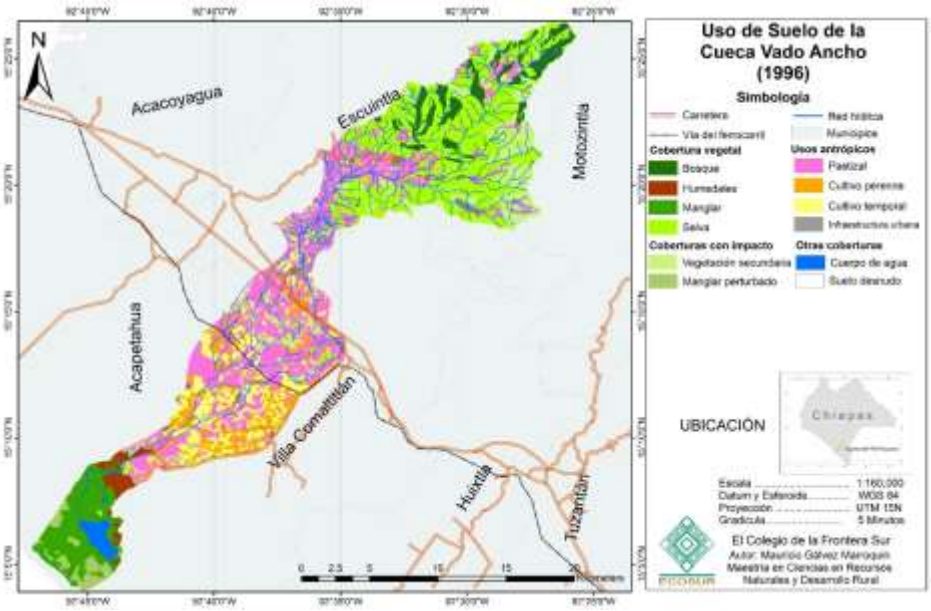

Figura 2. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 1996.

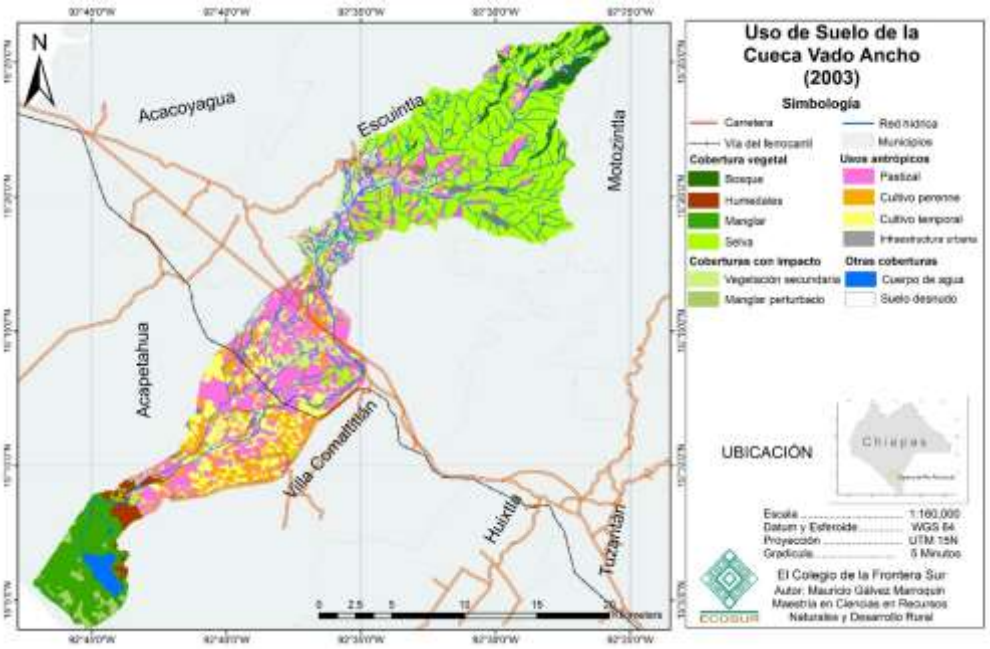

Figura 3. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 2003.

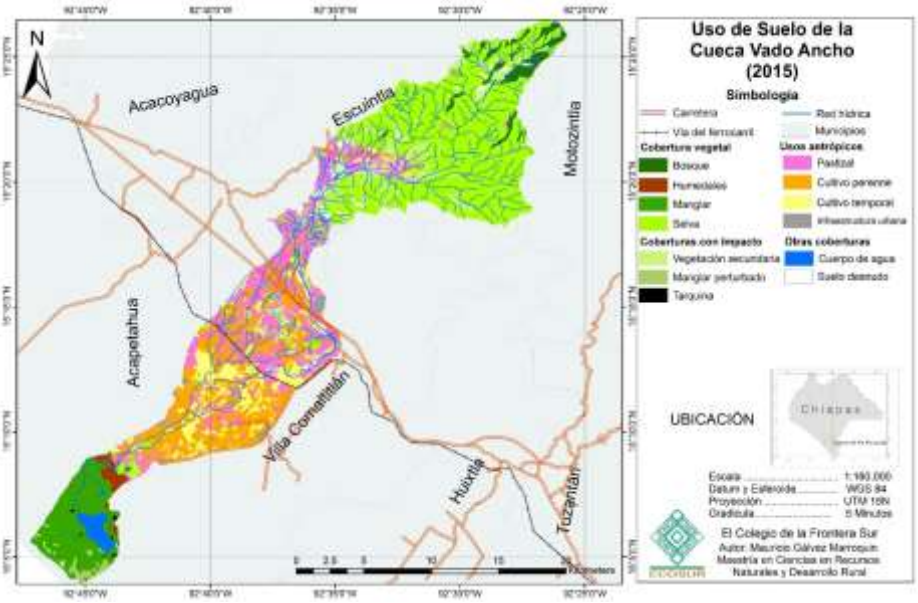

Figura 4. Clasificación de uso de suelo de la cuenca del Río Vado Ancho de 2015.

Tabla I. Descripción de las clases de coberturas y usos de suelo utilizados en la digitalización.

Clase	ID	Código	Descripción
Bosque	1	BQ	Bosque mesófilo de montaña, bosque de pino.
Cuerpos de agua	2	CA	Agua de lagunas costeras, ríos y cuerpos de agua
Cultivos permanente	3	CP	Cultivos de palma, plátano, caña, papaya y mango
Cultivos temporal	4	CT	Cultivos de granos básicos, hortalizas, pastos para el desarrollo de actividades pecuarias.
Humedales	5	HU	Vegetación hidrófila o halófila, escurrimientos superficiales de arroyos estacionales, áreas con acumulación estacional del agua, canales.
Infraestructura urbana	6	IU	Asentamientos urbanos, carreteras y caminos
Manglar	7	MA	Vegetación de manglar. *Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans y Conocarpus erectus.*
Manglar perturbado	8	MP	Vegetación de manglar impactado por alguna actividad antrópica o fenómeno natural.
Potreros	9	PO	Áreas de pastoreo de ganado y pastizales
Selva	10	SL	Selva baja caducifolia, Selva mediana subcaducifolia, Selva alta perennifolia y Selva inundable.
Suelo desnudo	11	SD	Área sin vegetación, playa de ríos, Suelos desnudos, dunas y playas
Tarquinas	12	TA	Zonas de tiro de los dragados de la laguna, áreas perturbadas.
Vegetación secundaria	13	VS	Vegetación arbórea y arbustiva, acahuales, vegetación ribereña.

Tabla II. Matriz de detección de cambio de uso de suelo correspondiente a los años 1996 a 2003. Superficies estimadas en hectáreas (ha).

1996						**2003**							
	BQ	CA	CP	CT	HU	IU	MA	MP	PA	SE	SD	VS	TOTAL
BQ	1628.56					11.24			44.50			25.78	1710.09
CA		724.99				0.18	0.01		25.39		20.37		770.93
CP			2116.96	9.16		14.44			87.37			43.79	2271.73
CT			76.42	2868.92		2.35			92.83			111.06	3151.59
HU					517.97		20.91	16.31					555.18
IA						508.55							508.55
MA							2337.35	17.61					2354.97
MP					0.01		225.35	363.93				2.54	591.84
PA	23.99		151.16	166.65		104.68			8029.82			2036.57	10512.86
SE			10.00			28.74			705.54	7630.10		124.44	8498.81
SD		5.17							5.57		14.04	10.10	34.87
VS	88.67		48.42	41.42		52.87			872.24	8.71	48.57	3949.79	5110.69
TOTAL	1741.22	730.15	2402.96	3086.14	517.98	723.05	2583.61	397.86	9863.26	7638.81	82.99	6304.08	36072.10

BQ = Bosque, CA= Cuerpo de Agua, CP= Cultivo Perenne, CT= Cultivo Temporal, HU= Humedales, IU= Infraestructura urbana, MA= Manglar, MP= Manglar Perturbado, SE=Selva, SD= Suelo desnudo, VS= Vegetación Secundaria.

Tabla III. Pérdidas y ganancias en las coberturas de la cuenca del Río Vado Ancho.

Cobertura	Código	1996		2003		Pérdida(-)/ ganancia(+)	2015		Pérdida(-)/ ganancia(+)
		ha	%	Ha	%		Ha	%	
Bosque	BQ	1710.09	4.7%	1741.22	4.8%	31.13	1736.68	4.8%	-4.54
Cuerpo de agua	CA	770.93	2.1%	730.15	2.0%	-40.78	812.52	2.3%	82.37
Cultivo perenne	CP	2271.73	6.3%	2402.96	6.7%	131.23	5280.93	14.6%	2877.98
Cultivo temporal	CT	3151.59	8.7%	3086.14	8.6%	-65.44	2373.07	6.6%	-713.07
Humedales	HU	555.18	1.5%	517.98	1.4%	-37.20	424.92	1.2%	-93.05
Infraestructura urbana	IU	508.55	1.4%	723.05	2.0%	214.50	1025.28	2.8%	302.23
Manglar	MA	2354.97	6.5%	2583.61	7.2%	228.65	2713.12	7.5%	129.51
Manglar perturbado	MP	591.84	1.6%	397.86	1.1%	-193.98	201.70	0.6%	-196.16
Pastizal	PA	10512.86	29.1%	9863.26	27.3%	-649.61	8157.70	22.6%	-1705.56
Selva	SE	8498.81	23.6%	7638.81	21.2%	-860.01	7322.10	20.3%	-316.71
Suelo desnudo	SD	34.87	0.1%	82.99	0.2%	48.11	95.64	0.3%	12.65
Vegetación secundaria	VS	5110.69	14.2%	6304.08	17.5%	1193.39	5894.38	16.3%	-409.71
Tarquina	TA	0	0	0	0	0.00	34.07	0.1%	34.07
	Total	36072.10	100%	36072.10	100%		36072.10	100.00%	

Tabla IV. Matriz de detección de cambio de uso de suelo correspondiente al año 2003 a 2015. Superficies estimadas en hectáreas

2003	**2015**													
	BQ	CA	CP	CT	HU	IU	MA	MP	PA	SE	SD	TA	VS	TOTAL
BQ	1722.46								0.36		1.51		16.89	1741.22
CA		627.36			0.63	0.46	13.07		33.11		32.99		22.54	730.15
CP			1852.08	289.58		35.55			170.15				55.60	2402.96
CT			1327.34	983.23		90.31			630.08				55.18	3086.14
HU		14.93			381.99		20.09		52.88			16.52	31.56	517.98
IU						723.05								723.05
MA		10.27			30.09		2454.15	51.49				8.93	28.68	2583.61
MP		4.35			0.01		225.81	150.20				8.61	8.87	397.86
PA	11.79	144.94	1629.39	880.49		148.03			4891.20				2157.43	9863.26
SE		0.06	31.56	5.90	9.79	6.03			88.02	7284.02			213.44	7638.81
SD		10.63	0.42	1.63					2.08		61.14		7.08	82.99
VS	2.43		440.15	212.25	2.41	21.86			2289.81	38.08			3297.11	6304.08
TOTAL	1736.68	812.52	5280.93	2373.07	424.92	1025.28	2713.12	201.70	8157.70	7322.10	95.64	34.07	5894.38	36072.10

BQ = Bosque, CA= Cuerpo de Agua, CP= Cultivo Perenne, CT= Cultivo Temporal, HU= Humedales, IU= Infraestructura urbana, MA= Manglar, MP= Manglar Perturbado, SE=Selva, SD= Suelo desnudo, VS= Vegetación Secundaria.