

## Impacto histórico de la deforestación y la modificación de los ríos en la morfología de la costa del sur del Golfo de México\*

*Historical impact of deforestation and river modification on the morphology of the southern gulf coast of Mexico*

Jose Pablo Sandoval-Rivera \*\*

Andrea Sáenz-Arroyo \*\*\*

Juan Carlos Alcérreca-Huerta \*\*\*\*

Rocío Rodiles-Hernández \*\*\*\*\*

---

\* Este trabajo fue posible gracias a la beca otorgada por CONACYT-México a J. Pablo Sandoval Rivera para realizar sus estudios y tesis de Maestría, además de contar con apoyos de fondos fiscales y de investigación para estudiantes de posgrado de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y al proyecto “Conectividad y diversidad funcional de la cuenca del río Usumacinta” (Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de El Colegio de la Frontera Sur, FID-784-1004). Especial agradecimiento al Centro Cultural ProHispen en Mérida, a la Fundación ICA y a la Mapoteca Manuel Orozco y Berra de la Ciudad de México.

\*\* Asistente de investigación en el Centro de Ciencias de la Complejidad, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México. Maestro en Ciencias. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6881-3492>, correo electrónico: [kras.ikna52@gmail.com](mailto:kras.ikna52@gmail.com).

\*\*\* Profesora e Investigadora del Departamento de Conservación de la Biodiversidad. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Investigadora invitada Centro de Ciencias de las Complejidad, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México. Doctora en Ecología marina y Economía ambiental. Autor de correspondencia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5659-4608>, correo electrónico: [msaenz@ecosur.mx](mailto:msaenz@ecosur.mx).

\*\*\*\* Investigador Cátedra CONACYT-México comisionado a El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Departamento de Sistemática y Ecología Acuática, Unidad Chetumal, Q. Roo, México. Doctor por parte del Technische Universität Braunschweig. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6325-3118>, correo electrónico: [jcalcerreca@conacyt.mx](mailto:jcalcerreca@conacyt.mx).

\*\*\*\*\* Profesora e Investigadora del Departamento de Conservación de la Biodiversidad. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. Doctor en Ciencias. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0355-5477>, correo electrónico: [rrodiles@ecosur.mx](mailto:rrodiles@ecosur.mx).

## RESUMEN

El sistema hidrológico Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta ha sufrido modificaciones continuas en sus redes fluviales desde el siglo XVII. La alteración del balance hidro-sedimentario ha incidido en la morfodinámica del delta con impactos evidentes en la evolución de la línea de costa. Los archivos y la cartografía histórica permiten evaluar dichas alteraciones del medio a distintas resoluciones espaciales y temporales. Los resultados muestran que documentos, archivos, mapas históricos y fotografías aéreas son herramientas valiosas en apoyo a la comprensión de procesos ecológicos alterados en grandes cuencas.

**Palabras clave:** Morfodinámica costera, Ecología Histórica, Cuencas, Deltas, Shifting baseline, Cartografía Histórica

## ABSTRACT

The Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta watershed systems have experienced continuous human - made alterations since the 17th century. The alteration of the hydro-sediment balance has affected the morphodynamics of the delta with conspicuous impacts on the evolution of the shoreline. Historical maps and narratives are helpful to assess these changes at different spatial and temporal scales. The results emphasize the role of historical archives, maps, and aerial photographs as valuable tools for understanding altered ecological processes in large watersheds.

**Key words:** coastal morphodynamic, historical ecology, watershed, deltas, shifting baseline, Historical cartography

**Recibido:** agosto 2021

**Aceptado:** marzo 2022

## 1. Introducción

La inadecuada incorporación de la perspectiva histórica para comprender procesos dinámicos a través del tiempo ha sido denominada por algunos autores como “síndrome de la línea base desplazante” (*Shifting Baseline Syndrome - SBS*)<sup>1 2</sup>. Este fenómeno, describe una percepción “natural” del paisaje o de la abundancia poblacional de una especie de acuerdo con lo que la experiencia generacional de vida les revela a los individuos. Así, las sociedades desmantelan los ecosistemas sin entender los procesos históricos que los modifican, lo que disminuye las expectativas para la restauración ecológica y la comprensión evolutiva de su funcionalidad<sup>3</sup>. En las últimas dos décadas, este marco teórico ha sido empleado principalmente para explicar

---

<sup>1</sup> Pauly, Daniel. 1995. “Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries”, *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 10, Nº 10, p. 430.

<sup>2</sup> Soga, Masashi; Gaston, Kevin. 2018. “Shifting baseline syndrome: causes, consequences, and implications”, *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 16, Nº4, Washington, D.C., pp. 222-230.

<sup>3</sup> Papworth, Sarah; Rist, J.; Coad, Lauren; Milner, Eleanor. 2009. “Evidence for shifting baseline syndrome in conservation”, *Conservation Letters*, Vol. 2, pp. 93-100. Disponible en: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1755-263X.2009.00049.x> (Consultado el 14 de junio del 2022).

cambios en los paisajes<sup>4</sup> o abundancia de especies marinas<sup>5</sup> pero también puede aplicarse a fenómenos dinámicos tales como la formación de costas. La morfodinámica de la línea de costa se ve envuelta en procesos complejos de acreción-erosión definidos por factores hidrodinámicos y aerodinámicos<sup>6</sup>. En la desembocadura de los ríos sucede la progradación del frente deltaico, lo que implica que la tierra gana terreno al mar. Así, los deltas representan dominios morfodinámicos resultado de la naturaleza sedimentaria generada por aportes fluviales a un área subacuática, donde la velocidad de la sedimentación supera a la de erosión<sup>7</sup>. No obstante, los deltas son también susceptibles a la disminución en el aporte de sedimentos, su compactación, subsidencia y erosión, lo que da pie al retroceso de la línea de costa. De esta manera, la dinámica de la planicie deltaica, el frente deltaico y el equilibrio de fuerzas que lo modelan son esenciales para su mantenimiento, acumulación y sedimentación<sup>8</sup>.

Actualmente, los frentes costeros y los deltas de todo el mundo son áreas densamente pobladas y transformadas por diversos fenómenos naturales e intereses económicos<sup>9</sup>. Las actividades humanas como el desvío, rectificación y represamiento de ríos o la deforestación alteran significativamente el equilibrio dinámico natural de los deltas<sup>10</sup>, afectando con ello las sociedades humanas que se asientan en la costa.

La planicie aluvial y deltaica tabasqueña al sur del Golfo de México es un sistema formado originalmente por la sedimentación de tres grandes ríos: el Mezcalapa, el Grijalva (o río de la Sierra) y el Usumacinta<sup>11</sup>. Los cambios naturales entre sus ríos y cauces han favorecido el

---

<sup>4</sup> Mc Clenachan, Loren; O'Connor, Grace; Neal, Benjamin; Pandolfi, J.; Jackson, Jeremy. 2017. "Ghost reefs: Nautical charts document large spatial scale of coral reef loss over 240 years", *Science Advances*, Vol. 3, Nº 9, pp. 1-7. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1603155> (Consultado el 14 de junio del 2022).

<sup>5</sup> Sáenz-Arroyo, Andrea; Roberts, Callum; Torre, Jorge; Cariño Olvera, Micheline. 2005. "Using fisher's anecdotes, naturalists' observations and grey literature to reassess marine species at risk: the case of the Gulf grouper in the Gulf of California, Mexico", *Fish and Fisheries*, Vol. 6, pp. 121-133. Disponible en: [https://www.cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/cobi06\\_gulf\\_grouper.pdf](https://www.cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/cobi06_gulf_grouper.pdf) (Consultado el 14 de junio del 2022).

<sup>6</sup> Brommer, Marit y Bochev-van der Burgh, Lissette. 2009. "Sustainable Coastal Zone Management: A Concept for Forecasting Long-Term and Large-Scale Coastal Evolution", *Journal of Coastal Research*, Vol. 25, Nº 1, pp. 181-188. Disponible en: <https://bioone.org/journals/journal-of-coastal-research/volume-2009/issue-251/07-0909.1/Sustainable-Coastal-Zone-Management--A-Concept-for-Forecasting-Long/10.2112/07-0909.1.full> (Consultado el 14 de junio del 2022).

<sup>7</sup> Lugo-Hubp, José. 2011. *Diccionario geomorfológico*, México, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, p. 115.

<sup>8</sup> Giosan, Liviu; Freeman, Angelina. 2014. "How Deltas Work: A Brief Look at the Mississippi River Delta in a Global Context", en Day, John; Kemp, Paul; Freeman, Angelina y Muth, David (eds.), *Perspectives on the Restoration of the Mississippi Delta: The Once and Future Delta*, Dordrecht, Springer Netherlands, pp. 29-32.

<sup>9</sup> Wolters, Michel; Kuenzer, Claudia. 2015. "Vulnerability assessments of coastal river deltas-categorization and review", *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 19, Nº3, pp. 345 - 368.

<sup>10</sup> Syvitski, James; Kettner, Albert; Overeem, Irina; Hutton, Eric; Hannon, Mark; Brakenridge, Robert; Day, John; Vorosmarty, Charles; Saito, Yoshiki; Giosan, Liviu; Nicholls, Robert. 2009. "Sinking deltas due to human activities", *Nature Geoscience*, Vol. 2, pp. 681 - 686.

<sup>11</sup> Salazar, Flora. 2008. "De señor a tributario: Historia breve del gran Mazapa", *Península*, Vol. 3, Nº 1, pp. 11 - 34.

mantenimiento de la planicie con su aporte de sedimentos y la construcción de geoformas<sup>12</sup>. Sin embargo, a partir del siglo XVII, cambios en los procesos de sedimentación de estos ríos han sido alterados por actividades humanas, entre las que destacan la desviación de los cauces fluviales y la intensa deforestación en distintas zonas de sus cuencas<sup>13 14</sup>. En particular la cuenca del río Mezcalapa ha sido intervenida desde el siglo XVII con rompidos<sup>15</sup> y cambios de las redes fluviales y, a partir de la segunda mitad del siglo XX, con la construcción de cuatro grandes presas en su cauce principal<sup>16</sup>, en contraste con los cauces de los ríos Usumacinta, que tiene una presa, y el río de la Sierra, que no ha sido represado, y en ambos casos no han sido desviados en su curso principal. La historia de la ocupación humana en estos tres grandes ríos es tan larga y disímil que incluso la cuenca de uno de ellos, el Mezcalapa, ya no se menciona en algunos documentos modernos<sup>17 18</sup>. Si bien hoy día este sistema hidrológico se conoce como Grijalva-Usumacinta, el río Mezcalapa se distinguió hasta entrado el siglo XX del río Grijalva, pero su cauce fue desviado hacia el oriente dejando en el olvido su relevancia<sup>19</sup>. Aunque algunos estudios recientes han demostrado procesos de acreción y erosión en las costas del sur del Golfo de México<sup>20</sup> y la zona costera de Tabasco<sup>21</sup>, este artículo analiza si los procesos cuenca arriba, así como la modificación de los ríos, han influido de manera diferenciada en la morfología costera, incorporando una mirada histórica. Se trata de evaluar los impactos provocados por las desviaciones del flujo de

---

<sup>12</sup> Psuty, Norbert. 1967. The Geomorphology of Beach Ridges in Tabasco, México. *Louisiana State University Press*.

<sup>13</sup> Mendoza, Eduardo; Dirzo, Rodolfo. 1999. "Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot", *Biodiversity and Conservation*, Vol. 8, pp. 1621-1641.

<sup>14</sup> Ortiz-Espejel, Benjamín; Toledo, Víctor. 1998. "Tendencias en la deforestación de la Selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de las Cañadas", *Interciencia*, Vol. 23, Nº 6, pp. 318-327.

<sup>15</sup> Proceso mediante el cual debido a causas naturales o antrópicas se realiza una obra de desvío de cauces y el río erosiona una de sus márgenes redireccionando su cauce hacia otras áreas.

<sup>16</sup> Tudela, Fernando. 1989. *La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco*, México, D.F., El Colegio de México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados, Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social. 475 p.

<sup>17</sup> Plascencia-Vargas, Héctor; González-Espinosa, Mario; Ramírez-Marcial, Neptalí; Álvarez-Solís, David; Musálem-Castillejos, Karim. 2014. "Características físico-bióticas de la cuenca del río Grijalva", en González-Espinosa, Mario; Brunel-Manse, Marie (eds.), *Montañas, Pueblos y Agua. Dimensiones y realidades de la cuenca Grijalva*, El Colegio de la Frontera Sur.

<sup>18</sup> Garrido, Arturo; Pérez-Damián, José Luis; Enríquez-Guadarrama, Carlos. 2010. "Delimitación de las zonas funcionales de las cuencas hidrográficas de México", en Cotler-Ávalos, Helena (ed.), *Las Cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*, México, INE, SEMARNAT, pp. 14-17.

<sup>19</sup> Salazar. 2008. "De señor a tributario", p. 22.

<sup>20</sup> Carranza-Edwards, Arturo; Márquez-García, Antonio; Tapia-Gonzalez, Citlalli; Rosales-Hoz, Leticia; Alatorre-Mendieta, Miguel. 2015. "Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 67, Nº 1, pp. 21-43.

<sup>21</sup> Hernández-Santana, José; Ortiz-Pérez, Mario; Méndez-Linares, Ana; Gama-Campillo, Lilia. 2008. "Morfoodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente" *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, Nº 65, pp. 7-21.

los ríos y la deforestación en la dinámica costera de planicies deltaicas y de inundación del sistema deltaico Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta.

## 2. Método

### 2.1. Área de estudio

Las cuencas Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta<sup>22</sup> comprenden una región hidrológica fronteriza con una superficie aproximada de 130 700 km<sup>2</sup> que comparte los territorios de México y Guatemala<sup>23</sup>. Debido a su importante diversidad biológica destacan en ella áreas naturales protegidas, algunas como Pantanos de Centla, Laguna de Términos y Montes Azules en México; y los parques nacionales Sierra del Lacandón y Laguna del Tigre en Guatemala<sup>24</sup>. Las altas tasas de precipitación<sup>25</sup> son drenadas a través de caudalosos ríos que nacen en la sierra de los Cuchumatanes y los Altos de Chiapas que desembocan en el Golfo de México<sup>26</sup> (Figura 1).

### 2.2. Recopilación y análisis preliminar de información

El análisis se fundamenta en la identificación de las modificaciones, a distintas resoluciones espaciales y temporales, de las redes fluviales del sistema hídrico Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta a través de archivos y mapas históricos, así como fotografías aéreas disponibles para los seis sitios de análisis en las cuencas de estudio; i.e., Tupilco, Dos Bocas, Chiltepec, Grijalva, Atastillo y Palizada (Figura 1).

Alrededor de 270 mapas del siglo XV al XX, incluidas imágenes aéreas de diferentes bibliotecas y mapotecas (i.e. Manuel Orozco y Berra; Fundación ICA; Fundación PROHISPEN), fueron revisados, seleccionadas y clasificados por su escala y temática representada. Asimismo, se definieron dos categorías como análisis preliminar de la información: Categoría A. Mapas, imágenes y fotografías aéreas que identifican elementos geográficos con precisión para su

---

<sup>22</sup> Debido a la compatibilidad de los datos de vegetación para las cuencas Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta, en este trabajo solo se consideró la parte mexicana que comprende un 67.1 % del total. Cabe mencionar que numerosos documentos la denominan región hidrológica Grijalva-Usumacinta.

<sup>23</sup> García-García, Antonino. 2010. Instituciones y pluralismo legal: La hidropolítica en la cuenca transfronteriza Grijalva (1950-2010), 383, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, p. 16.

<sup>24</sup> March-Mifsut, Ignacio; Castro, Marco. 2010. "La cuenca del río Usumacinta: Perfil y perspectivas para su conservación y desarrollo sustentable", en Cotler-Ávalos, Helena (ed.), *Las Cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*, México, INE, SEMARNAT, pp. 192-197.

<sup>25</sup> Vidal-Zepeda, Rosalía. 2005. "Región 7. Golfo de México", en Vidal-Zepeda, Rosalía (ed.), *Las regiones climáticas de México*, México, Instituto de Geografía, UNAM, pp. 121-134.

<sup>26</sup> Yáñez-Arancibia, Alejandro; Day, John; Currie Alder, Bruce. 2009. "Functioning of the Grijalva-Usumacinta River Delta, Mexico: Challenges for Coastal Management", *Ocean Yearbook*, 473-501. Disponible en: [https://brill.com/view/journals/ocyo/23/1/article-p473\\_19.xml?language=en&ebody=previewpdf-49929](https://brill.com/view/journals/ocyo/23/1/article-p473_19.xml?language=en&ebody=previewpdf-49929) (Consultado el 14 de junio del 2022).

georreferenciación y corroboración en campo. Categoría B. Mapas, imágenes y fotografías aéreas que sólo permiten el análisis de los cambios en la toponimia, en las formas y conectividad de los cuerpos de agua debido a la escala y veracidad en la precisión cartográfica.

Las dos categorías (A y B) se identifican en relación con las dos fases perfectamente definidas por la producción cartográfica del siglo XV al XIX (categoría A) y la correspondiente a la del siglo XX y XXI (categoría B). Particularmente, los mapas producidos entre 1579-1900 describen un análisis cualitativo de los cambios en la red hidrográfica del sistema Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta y la toponimia original de algunos cuerpos de agua. Los cambios de la red hidrográfica incluyen tanto cambios en los tributarios y afluentes de los ríos, como la localización aproximada de los rompidos (obras de desvío de cauces). En los cambios en las conexiones fluviales se georreferenciaron elementos de interés y se representaron en un SIG.

El trabajo de georreferenciación, tratamiento y análisis de los mapas, imágenes y fotografías aéreas de ambas categorías fue complemento del análisis de datos disponibles en publicaciones y bases de datos, diarios y recorridos en campo. Esto último fue fundamental para fortalecer la certidumbre en el proceso de digitalización, georreferenciación e interpretación de los resultados.

### **2.3. Análisis de la historia ambiental, regionalización, deforestación y línea de costa**

A partir de la información y datos provistos por el análisis preliminar se desarrolló una segunda fase dirigida hacia la construcción de la historia ambiental, la regionalización de cuencas, estimación de áreas deforestadas y la identificación de cambios de la línea de costa.

#### **2.3.1. Análisis y construcción de la historia ambiental**

La historia ambiental ocurrida en los últimos 500 años en los ríos Mezcalapa, Grijalva y Usumacinta fue reconstruida a partir de la consulta de documentos, libros, crónicas, mapas y fotografías (categorías A y B). Como resultado, un mapa general con la serie de cambios en la configuración de la red hidrológica y elementos de importancia geomorfológica fue recreado a través del análisis de la toponimia y las referencias de elementos y procesos geomorfológicos históricos (Figura 2). Cabe señalar que, debido a que los puntos y los asentamientos son lugares aproximados, particularmente para información de la categoría A, la precisión de la georreferenciación es aproximada; sin embargo, proporciona indicios fundamentales sobre los procesos históricos a escala regional que ocurrieron a lo largo de la historia. La metodología en torno a la construcción ambiental es similar a la descrita en McClenachan *et al*<sup>27</sup>, Antochiw<sup>28</sup> y

---

<sup>27</sup> McClenachan, op.cit., "Ghost reefs: Nautical charts", p. 5.

<sup>28</sup> Antochiw, Michel. 2012. "La Costa de Campeche en la Cartografía", en Cobos, Rafael (ed.), *Arqueología de la costa de Campeche: la época prehispánica*, Mérida, Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, UADY, pp. 15-28.

Sáenz-Arroyo *et al*<sup>29</sup> que involucra la observación discreta de elementos ambientales y su relación con hechos históricos como detonantes en la reconfiguración de la dinámica ambiental.

### 2.3.2. Estimación de áreas deforestadas y regionalización de cuencas.

La pérdida de la superficie de los ecosistemas forestales y los cambios en los usos del suelo en las cuencas Mezcalapa, Grijalva y Usumacinta fue cuantificada considerando primeramente la delimitación geográfica de las áreas de cada una de las tres cuencas (Figura 1) considerando tres fuentes de información: red hidrográfica escala 1:50 000<sup>30</sup>; modelo digital de elevación con batimetría y altimetría<sup>31</sup> para contrastar los parteaguas de las subcuencas que INEGI tiene regionalizadas y la toponimia, regionalizaciones y la configuración de la red hidrográfica resultado del análisis preliminar.

Asimismo, para el análisis de la deforestación y los cambios en el uso del suelo se realizó la regionalización de cada cuenca en zonas funcionales (i.e. cuenca alta, media y baja) descrita en Garrido<sup>32</sup>. Para ello, se tomó como referencia la regionalización aquí propuesta para las cuencas hidrológicas Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta. Con la delimitación de las cuencas y la regionalización de las zonas funcionales, se llevó a cabo el cálculo de áreas deforestadas considerando la información contenida en las Cartas de Uso de suelo y Vegetación, escala 1:250 000 del período 1983-2013<sup>33</sup>. Se agruparon distintos tipos de ecosistemas forestales en función de la estructura de la vegetación para su identificación: bosques de encino, pino, pino-encino, encino-pino y mesófilo de montaña; selva alta perennifolia y subperennifolia, baja perennifolia y subperennifolia, mediana perennifolia, subperennifolia y subcaducifolia; vegetación de galería y mangles.

### 2.3.3. Análisis de los cambios de la línea de costa en las planicies deltaicas.

Para comparar la evolución histórica en los deltas del río Mezcalapa, Grijalva y Usumacinta, fueron elegidos seis sitios de la costa (i.e. Tupilco, Dos Bocas, Chiltepec, Grijalva, Atastillo y Palizada) donde se analizó la variación de la línea de costa en distintos periodos a escala

---

<sup>29</sup> Sáenz-Arroyo, Andrea; Roberts, Callum; Torre, Jorge; Cariño-Olvera, Micheline; Hawkins, Julie. 2006. "The value of evidence about past abundance: marine fauna of the Golfo of California through the eyes of 16th to 19 th century travellers", *Fish and Fisheries*, Vol. 7, pp. 128 - 146.

<sup>30</sup> INEGI. 2010. Red Hidrográfica escala 1:50 000, en *Cuencas edición 2.0*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

<sup>31</sup> GEBCO. 2014. General Bathymetric Chart of the Oceans 2014 Grid version 20150318. ed. <http://www.gebco.net>. British Oceanographic Data Centre.

<sup>32</sup> Garrido, op.cit., "Delimitación de las zonas funcionales", p. 14.

<sup>33</sup> INEGI. 1983-2013. Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250 000. In *Serie I, II, III, IV y V*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

decadales (Figura 1). Se calcularon tasas de erosión-acreción anuales<sup>34 35</sup>, considerando las categorías A y B de la información recopilada:

### **2.3.4. Análisis de cambios en la línea de costa a partir de los mapas de los siglos XVI-XX.**

Los mapas seleccionados fueron georreferenciados en ArcMap 10.1, bajo el sistema de coordenadas basado en la proyección UTM Zona 15 WGS84 permitiendo así la digitalización de la línea de costa. Para digitalizar los elementos cartográficos de interés se ubicaron puntos de control en los mapas existentes hasta el presente. Dependiendo de la escala, se optó por elegir sitios cuya ubicación geográfica no ha variado en el tiempo (ej. elementos culturales o infraestructura como edificios, faros, calles, plazas). Los cuerpos de agua e islas fueron utilizados sólo como referencia.

### **2.3.5. Análisis de cambios en la línea de costa a partir del contraste con fotografías aéreas.**

La comparación de fotografías aéreas<sup>36</sup> comprendió el período de 1936-2008. De igual forma se emplearon ortofotos escala 1:20 000<sup>37</sup>. Las fotografías aéreas se georreferenciaron en el software ArcMap 10.1 mientras que las ortofotos digitales se proyectaron en el sistema de coordenadas UTM Zona 15 WGS84. Una vez identificada la línea de costa, se procedió a la generación y delimitación de polígonos en los sitios de estudio para la obtención de las tasas de erosión y acreción.

Las visitas de campo se llevaron a cabo durante el 23 y 28 de junio de 2019 para georreferenciar puntos con un GPS Garmin64, a fin de localizar los lugares de control descritos en las fotografías aéreas y mapas históricos. De forma similar, se realizó un recorrido sobre el delta del río Palizada e identificación de procesos de azolvamiento reportados por habitantes locales en trabajos preliminares de campo sobre la Laguna del Este y la Laguna del Vapor<sup>38</sup>.

---

<sup>34</sup> National Research Council. 1990. *Managing Coastal Erosion*. Washington, D.C.: National Academies Press. (Consultado el 07 de junio del 2022). URL: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/1446/managing-coastal-erosion>

<sup>35</sup> Ojeda-Zújar, José. (2000) Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, N°30, 103 - 118.

<sup>36</sup> ICA. 2019. Fondo Aerofotográfico Acervo Histórico, en *Aerofotográfico Verticales (FAV)*, ed. A. C. Fundación ICA, México, Fundación ICA, A.C.

<sup>37</sup> INEGI. 2019. Ortofoto digital, en *Fotografías aéreas escalas 1:10 000, 1:20 000, 1:40 000 y 1:75 000*, ed. INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

<sup>38</sup> Camacho-Valdez, Vera; Sáenz-Arroyo, Andrea; Ghermandi, Andrea; Navarrete-Gutierrez, Dario; Rodiles-Hernández, Rocío. 2020. "Spatial analysis, local people's perception and economic valuation of wetland ecosystem services in the Usumacinta floodplain, Southern Mexico", *Peerj*, Vol. 8, p. 26.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Historia ambiental de la planicie deltaica Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta

##### 3.1.1. Sistema hidrológico principal

La planicie deltaica conformada por los ríos Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta se encuentra dividida en tres sistemas morfoгенéticos: terrazas fluviales del pleistoceno, planicies fluviales recientes y la planicie costera reciente<sup>39</sup>. El río Mezcalapa nace en la Sierra de los Cuchumatanes en Guatemala con elevaciones superiores a los 3.800 m.s.n.m., cuyo cauce principal recorre una dirección sureste-noroeste<sup>40 41</sup> (Figuras 1 y 2). Al entrar a territorio mexicano se encauza en una planicie llamada “Depresión central de Chiapas”<sup>42 43</sup>. En esta zona el río recibe aportes de las corrientes que nacen del lado oriental de la sierra madre del sur de Chiapas, con una orientación noroeste-sureste (NO - SE) y marca el límite entre la divisoria de aguas del río Mezcalapa y los ríos que desembocan en la vertiente del Océano Pacífico; los escurrimientos nacientes en una franja localizada al sur de los Altos de Chiapas son incorporados por la margen derecha del río<sup>44</sup> (Figura 1).

En épocas prehispánicas el río Mezcalapa distribuía sus escurrimientos hacia dos zonas: la primera en dirección norte de la actual ciudad de Cárdenas. Su antiguo cauce recorría por lo que hoy se denomina el río Seco hasta desembocar en el Golfo de México a través de la barra Dos Bocas (Figura 2), la segunda hacia el este, donde confluía con el río Teapa y de la Sierra<sup>45</sup>. La evidencia cartográfica y la narrativa histórica<sup>46 47</sup> indican que el río Mezcalapa fue un importante afluente de los ríos que desembocan en el extremo occidental de la Chontalpa<sup>48</sup>, en la barra de

---

<sup>39</sup> West, Robert; Psuty, Norbert; Thom, Bruce. 1987. *Las Tierras bajas de Tabasco en el sureste de México*, Villahermosa, Tabasco, Gobierno del estado de Tabasco, p. 75.

<sup>40</sup> Helbig, Karl. 1964. *La cuenca superior del Río Grijalva. Un estudio regional de Chiapas, sureste de México*, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, p. 19.

<sup>41</sup> Plascencia, op.cit., “Características físico-bióticas de la cuenca”, p. 30

<sup>42</sup> En esta zona se conoce como Río Grande de Chiapa.

<sup>43</sup> Helbig. 1964, “La cuenca superior del Río Grijalva”, pp. 14 - 60.

<sup>44</sup> SGM. 2015. Monografía Geológico Minera del Estado de Chiapas, ed. S. d. Economía. Pachuca, Hidalgo, Servicio Geológico Mexicano.

<sup>45</sup> Salazar, op.cit., “De señor a tributario”, p. 25

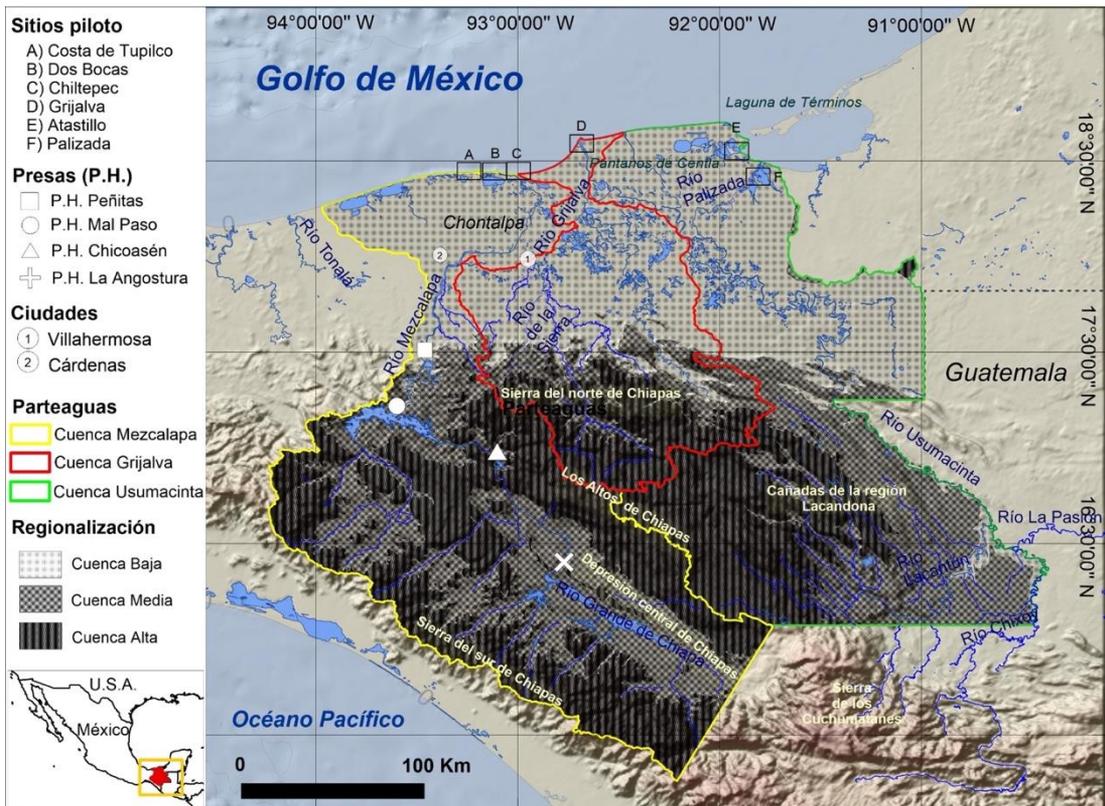
<sup>46</sup> Cortés describe un caudaloso río: el Agualulco, localizado nueve leguas después de cruzar el río Tumulán (hoy Tonalá), en el cual construyeron un puente para poder cruzarlo. Actualmente la identidad de este río se debate en sí se trata del río Santa Ana o el río Tortuguero, ambos vinculados al sistema hidrológico de la laguna Machona y la laguna Tupilco, respectivamente.

<sup>47</sup> Cortés, Hernán. 1526. “Hernán Cortés (1485-1547)” en Cabrera-Bernat, Ciprián (ed.), *Viajeros en Tabasco: Textos*, Villahermosa, Instituto de Cultura de Tabasco, pp. 103 - 155.

<sup>48</sup> En 1526 Hernán Cortés, recogió la toponimia prehispánica, por lo que denominó a esta región “Cupilcon”, en lengua Chontal. La Chontalpa fue una región localizada entre los ríos Cupilco y Sucalapa, posteriormente se amplió hasta el río Grijalva. La denominaron así los españoles debido al grupo cultural que habitaba esa región: los Chontales.

Tupilco<sup>49</sup> (Figura 2). En el mapa de 1803<sup>50</sup> (Figura 2), elaborado por Miguel de Castro y Araoz, entonces gobernador de la provincia de Tabasco (periodo 1793-1810), se observan cuerpos de agua de considerable tamaño representados paralelos al cauce del río seco. El interés de esta representación cartográfica consistió en ubicar las haciendas de cacao y vías de comunicación fluviales útiles para su comercialización.

Figura 1. Regionalización considerando las cuencas antes de la historia de las modificaciones antrópicas.



Elaboración propia con datos de GEBCO. 2014, INEGI. 2010, Helbig, Karl. 1964, Helbig, Karl y Tischner, G. 1972.

El río de la Sierra o Grijalva, poco conocido en la literatura contemporánea, nace en los Altos de Chiapas, en las laderas del volcán de Zontehuitz y la sierra que bordea el Valle de San Cristóbal de las Casas en su ladera norte marcando el parteaguas entre las cuencas Grijalva (o río de la Sierra) y el Usumacinta<sup>51</sup>. El río Grijalva recibe escurrimientos de principales afluentes como el

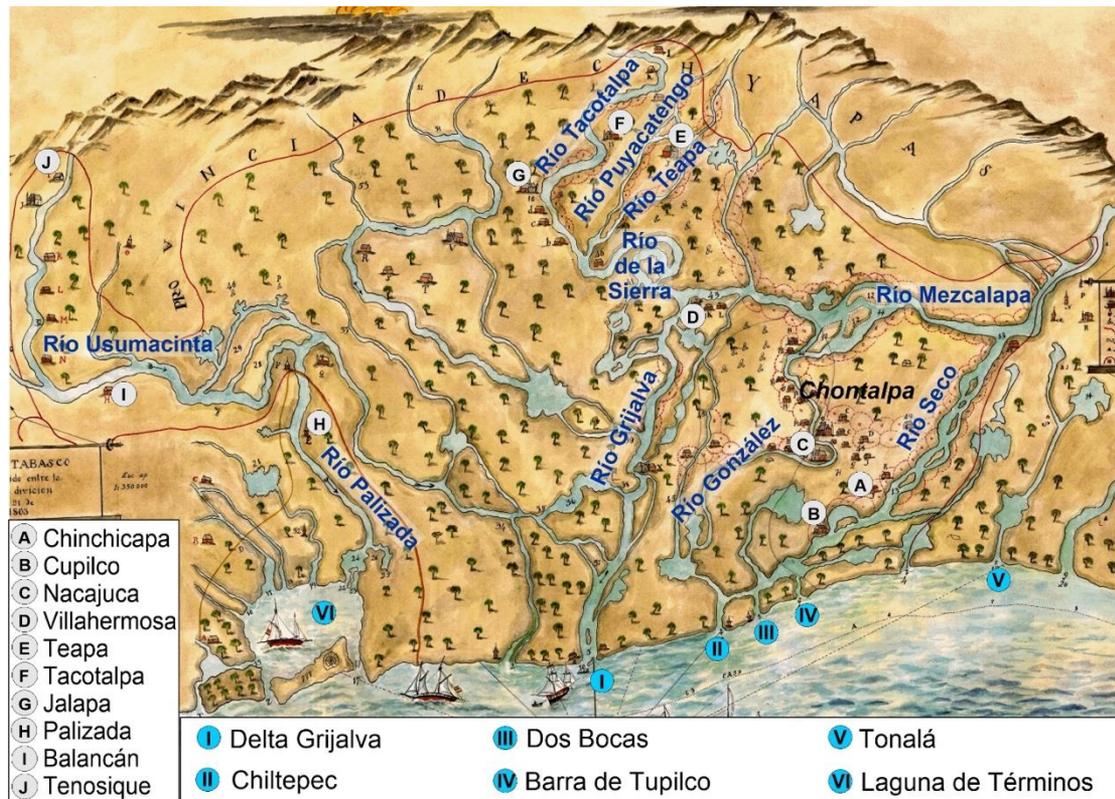
<sup>49</sup> Salazar, op.cit., "De señor a tributario", p. 18 y 20

<sup>50</sup> De Castro y Araoz, Miguel. 1803. Plan de Tabasco comprendido entre la línea de división-COYB.TAB.M47.V1.0011. Biblioteca Digital Mexicana A.C., Mapoteca Manuel Orozco y Berra

<sup>51</sup> Rovirosa, José. 1897. "Hidrografía del sudeste de México y sus relaciones con los vientos y las lluvias", en Priego, Martínez (ed.), *Estudios Científicos*, Villahermosa, Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco, pp. 154.

río Ixtacomitán, el río Tecpate, el río Puyacatengo, el río Teapa, el río Tacotalpa que se llama también de la Sierra en tiempos modernos y el río Tulijá<sup>52</sup> (Figura 2). Es, junto con el río Usumacinta, de los grandes ríos que menos modificación presentan en su cauce en comparación con el río Mezcalapa y otros ríos de México.

Figura 2. Mapa donde se representa el sistema hidrológico de Tabasco.



Edición propia de Castro y Araoz 1803.

El nacimiento de esta cuenca está descrito en los informes que los españoles escribían en la época de la Conquista, donde afirmaban que los habitantes nativos identificaban claramente que este río nacía en la sierra norte del estado de Chiapas<sup>53</sup>. En un mapa del estado de Tabasco de

<sup>52</sup> González, Pedro. 1946. *Los Ríos de Tabasco*, Tabasco, Gobierno Constitucional de Tabasco, pp. 66-71.

<sup>53</sup> "La corriente se precipitaba al mar con tal fuerza que sacamos agua dulce casi a seis millas dentro del mar. A causa de la fuerza del río no pudimos anclar en la boca. Dimos al río el nombre de Grijalva [...] la región es muy atractiva y la más fértil de todas las encontradas antes. La recorre un río 'que antes mencionamos' que nace en las montañas cercanas [...]"Mártir-de-Anglería. 1981. "Décadas de Nuevo Mundo", en González-Calzada, Manuel (ed.), *De cómo vieron y contaron los cronistas de Indias el descubrimiento y conquista de Tabasco*, Consejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco, México, pp. 11-19; citado en Martínez-Assad, Carlos. 2005. "El Grijalva, un río que fluye en la historia", en *Signos Históricos*, N° 14, pp. 140-161.

1855 se indica que el río Grijalva<sup>54</sup> conserva este nombre aproximadamente 6 kilómetros río arriba de San Juan Bautista (hoy Villahermosa)<sup>55</sup>.

Por su parte el río Usumacinta nace en dos zonas distintas: los Altos de Chiapas y la sierra de los Cuchumatanes. El río Usumacinta recibe su nombre en la confluencia de los ríos Chixoy (o Salinas) y Pasión. Ambos ríos nacen en Guatemala, en la montaña de los Cuchumatanes y Alta Verapaz<sup>56</sup>. Por otro lado, el río Lacantún nace en la parte oriental de los Altos de Chiapas, concentra los aportes de los ríos que escurren a lo largo de las cañadas en la región lacandona y se incorpora al río Usumacinta 24 km río abajo de la confluencia de los ríos Chixoy y la Pasión<sup>57</sup>. Al llegar a la planicie de inundación el río Usumacinta, se bifurca en tres grandes efluentes: su cauce principal que termina por juntarse con las aguas del río Grijalva y Mezcalapa en la región de tres brazos y desembocan en el puerto de Frontera, el río San Pedro y San Pablo<sup>58</sup>, y el río Palizada, que se bifurca cerca de la ciudad de Jonuta para desembocar en la Laguna del Vapor; un sistema lagunar localizado al suroeste de la Laguna de Términos<sup>59</sup>.

### 3.1.2. Historia de la ocupación humana

La ocupación de esta planicie deltaica data del Preclásico Temprano hace 3.800 años con la presencia de la Cultura Olmeca<sup>60</sup>, que se desarrolló durante el periodo 1.800 al 1.000 A.C y alcanzó su máximo esplendor entre el 1.400 y 1.000 A.C. Posterior al auge de San Lorenzo surgieron los centros de la Venta en Tabasco, Laguna de los Cerros y Tres Zapotes en Veracruz. Los hallazgos arqueológicos evidencian una vida adaptada a los ciclos estacionales ambientales como las inundaciones y las sequías, ya que lejos de vulnerar a sus poblaciones, estas utilizaban

---

<sup>54</sup> La diferencia toponímica estaba relacionada con la posibilidad de navegación en ciertos tramos del río. El tramo del Mezcalapa es navegable para embarcaciones menores, y el tramo donde se denomina Grijalva es navegable para embarcaciones mayores. Así el río Grijalva obtenía su denominación a partir de un punto localizado a poca distancia río arriba de San Juan Bautista (la capital tabasqueña) hasta su desembocadura en la barra de Tabasco.

<sup>55</sup> García-Cubas, Antonio. 1855. Carta del Estado de Tabasco-CGF.ATLRM.M31.V1.0001-20.26, en 5614-CGE-7262-A, Mapoteca Manuel Orozco y Berra.

<sup>56</sup> Obregón-Rodríguez, María; Liendo-Stuardo, Rodrigo. 2016. *Los antiguos reinos mayas del Usumacinta. Yaxchilán, Bonampak y Piedras Negras*, México, Fondo de Cultura Económica, El Colegio de México, Fideicomiso Historia de las Américas, pp. 20-40.

<sup>57</sup> De-Vos, Jan. 1996. *Oro Verde. La conquista de la Selva Lacandona por los madereros tabasqueños 1822-1949*, México, Gobierno del estado de Tabasco-Fondo de Cultura Económica, p. 23.

<sup>58</sup> Ruiz-Abreu, Carlos. 2001. *Tabasco en la época de los Borbones: Comercio y Mercados 1777-1811*, Villahermosa, Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<sup>59</sup> Rojas, J.; Benítez, J.; Vera, F.; Zarate, D. 1992. "Procesos de azolvamiento en el sistema fluvio-deltaico del río Palizada y el riesgo de su alteración ecológica", *Jaina*, Vol. 2, Nº 4, p. 4. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yglxu0WwD3gJ:investigacion.izt.uam.mx/ocl/CAMPECHE/Terminos1.doc+&cd=5&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d> (Consultado el 14 de junio del 2022).

<sup>60</sup> Cyphers, Ann; Zurita-Noriega, Judith; Lane-Rodríguez, Marci. 2013. *Retos y riesgos en la vida olmeca*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, p. 10.

tales fenómenos para la subsistencia<sup>61</sup>. La planicie de inundación formada por el río Mezcalapa fue utilizada por los Olmecas del periodo 800 al 400 A.C., en el sitio de la Venta, en las márgenes del río Tonalá y desarrollaron una importante cultura adaptada al agua<sup>62</sup>. El colapso de esta cultura ocurrió entre el 400 y 100 A.C., fue un proceso lento y gradual que permitió que otras culturas asimilaran el conocimiento que los Olmecas acumularon durante su auge y que prevalecen en algunos sitios hasta el día de hoy<sup>63</sup>. Una de estas culturas fueron los Mayas Chontales, los cuales al igual que los Olmecas, usaron los cursos de los ríos como vías de comunicación con otras regiones. Su principal actividad económica consistió en el comercio fluvial con otras culturas mesoamericanas y la explotación del cacao durante el periodo 900 - 200 A.C.<sup>64</sup>. Hacia finales del siglo XVI la región de la Chontalpa era la más poblada en Tabasco, sin embargo, constantes ataques piratas provocaron migraciones poblacionales en la región. Los frecuentes ataques e invasiones de piratas en las costas tabasqueñas se dieron a través de la navegación de los ríos, estas incursiones provocaron el retroceso de los asentamientos costeros tierra adentro, lo que terminó por despoblar la costa<sup>65</sup>.

### 3.1.3. Modificaciones del curso y caudal original de los ríos

Un ataque pirata ocurrido en las haciendas cacaoteras de la Chontalpa en 1667, ocasionó que los habitantes tomaran la decisión de desviar el caudal del río Mezcalapa hacia el oriente en el poblado de Nueva Zelandia (localizado 3 km al sureste de Cárdenas), con la finalidad de cerrar el paso desde el puerto de dos bocas. De esta manera se comenzaron a incorporar las aguas del río Mezcalapa al río Grijalva y comenzó la modificación del cauce natural del río Mezcalapa, que terminará a mediados del siglo XX con la conformación del distrito de riego de la Chontalpa<sup>66</sup> (Tabla 1). Estos desvíos desencadenaron, décadas más adelante, fenómenos como inundaciones en la capital de Villahermosa<sup>67</sup>; y avulsiones o rompidos cuando el río Mezcalapa intentaba recuperar su antiguo cauce (Tabla 1). Estas alteraciones aunadas a la construcción de presas

---

<sup>61</sup> *Ibíd.*

<sup>62</sup> Velázquez-Villegas, Germán. 1994. *Los recursos hidráulicos del estado de Tabasco*, México, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, pp. 17-60

<sup>63</sup> Cyphers, Ann. 1997. Descifrando los misterios de la cultura Olmeca, en *Proyecto Arqueológico San Lorenzo Tenochtitlán 1990 - 1994*, ed. I. d. I. Antropológicas, UNAM.

<sup>64</sup> Martínez-Assad, Carlos. 2015. *Tabasco: Historia breve*, México, Fondo de Cultura Económica - El Colegio de México.

<sup>65</sup> Ruiz. 2001, Tabasco en la época de los Borbones, pp. 13 - 22.

<sup>66</sup> Tudela. 1989, La modernización forzada del trópico, pp. 90 - 119

<sup>67</sup> Zamacona, J. 1935. Estado de Tabasco-CGF.TAB.M20.V3.0286, en *CGF-TAB-M20-V3-0286*, ed. Tabasco, Mapoteca Manuel Orozco y Berra del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

traerían un cambio radical en el sistema hidrológico y por consiguiente en el funcionamiento del sistema deltaico hasta hoy día debido principalmente a las acciones antrópicas<sup>68</sup>.

Tabla 1. Historia de los rompidos y desviaciones en el Río Mezcalapa y Río Grijalva

	Alteraciones antrópicas de cauces	Año	Descripción
Rompidos	Nueva Zelandia	1675	Desvío de las aguas del antiguo cauce del Mezcalapa (hoy río Seco) hacia el este, en un brazo que pasa por San Juan Bautista.
	Manga de Clavo	1881	Conducción de las aguas del río Mezcalapa por el río Carrizal o González afectando el río viejo.
	De la Pigua	1904	Excavación de un canal de navegación de 5 m de ancho. El río Medellín condujo las aguas hacia el Río Grijalva en perjuicio del río González.
	De Samaria	1932	Las aguas del río Mezcalapa se desviaron provocando inundaciones en los municipios de Jalpa, Nacajuca y Cunduacán en perjuicio del río Carrizal.
	Del Cañas	1940	Las aguas regresan a ser parte del río Medellín.
	El veladero	1952	El río Mezcalapa erosionó su margen izquierda en dirección norte, río arriba de la bifurcación Carrizal - Samaria.
	Control y desvío de Mezcalapa a río Samaria	2003	Aprobación de proyecto para la construcción de la Estructura de Control sobre el río Carrizal, que desvía buena parte del caudal del río Mezcalapa hacia el río Samaria
	Estructura de control «el macayo»	2007- 2012	Control del flujo de agua proveniente del río Mezcalapa hacia la ciudad de Villahermosa y poblaciones aledañas al río carrizal.

Tomado de Tudela 1989 & González Villarreal 2014.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, la región de las tierras bajas de Tabasco estuvo condicionada por un discurso a nivel nacional sobre el desarrollo del sureste mexicano y la integración del territorio a la producción económica nacional, en especial a la producción de alimentos<sup>69</sup>. Los avances tecnológicos permitieron concebir dos elementos fundamentales que se plantearon en la visión de mundo construida a partir de la Guerra Fría<sup>70</sup>: convertir las selvas tabasqueñas en zonas de producción agrícola a través del riego controlado y gobernar las inundaciones que amenazaban a la ciudad de Villahermosa, después de que el Mezcalapa había sido desviado. Todo esto fue concebido como una oportunidad para desarrollar la región<sup>71</sup>. Para

<sup>68</sup> Mendoza, Alejandro; Soto-Cortés, Gabriel; Priego-Hernandez, Gaston; Rivera-Trejo, Fabian. 2019. "Historical description of the morphology and hydraulic behavior of a bifurcation in the lowlands of the Grijalva River Basin, Mexico", *CATENA*, Vol. 176, pp. 343-351.

<sup>69</sup> Flores-Santiago, Arturo. 1987. "La modernización de la agricultura en el trópico húmedo mexicano: veinte años de experiencia en la Chontalpa, Tabasco", *Revista de Geografía Agrícola*, Vol. 13-14, N° (julio 1986-enero 1987), pp. 105-115.

<sup>70</sup> Rudel, Thomas; Defries, Ruth; Asner, Gregory; Laurance, William. 2009. "Changing Drivers of Deforestation and New Opportunities for Conservation", *Conservation Biology*, Vol. 23, N°6, pp. 1396-1405.

<sup>71</sup> Arrieta-Fernández, Pedro. 1992. "Desarrollo social planificado en la Chontalpa, Tabasco", en *La Palabra y el Hombre*, Universidad Veracruzana, pp. 159-176.

llevar a cabo la tarea de controlar el cauce del río Mezcalapa se creó la comisión del Río Grijalva en el año de 1951, a cargo de la Secretaría de Recursos Hidráulicos<sup>72</sup>. A partir de ello, se planteó la construcción de infraestructura hidráulica en el cauce del río Mezcalapa, principalmente presas (Tabla 2) que por sus constantes y caudalosas avenidas era visto como una amenaza para las poblaciones, además de la necesidad de riego por parte de la industria agrícola (riego) y energética (producción de energía hidroeléctrica)<sup>73</sup>.

Tabla 2. Historia de la construcción de las presas en la cuenca del río Mezcalapa

Nombre	Nombre oficial	Año de conclusión de la obra	Altura de la cortina (m)	Capacidad de almacenamiento (hm <sup>3</sup> )	Capacidad efectiva (MW)	Municipio/Estado
La Angostura	Belisario Domínguez	1974	143	12 762	900	Venustiano Carranza, Chiapas
Mal Paso	Netzahualcóyotl	1964	138	10 596	1080	Tecpatán, Chiapas
Chicoasén	Manuel Moreno Torres	1980	261	1 632	2400	Chicoasén, Chiapas
Peñitas	Ángel Albino Corzo	1986	58	1 091	420	Ostuacán, Chiapas
El Portillo II	Juan Sabines	1982	---	100	Riego	La Concordia, Chiapas

Fuente: CONAGUA 2010, 2018.

### 3.1.4. Deforestación y transformación

No cabe duda de que la segunda mitad del siglo XX fue el tiempo en el que la vegetación primaria fue desplazada con mayor rapidez por plantaciones agrícolas en la región. No obstante, las selvas tropicales de esta región comenzaron su transformación desde mediados del siglo XVII con la reconfiguración económica a escala regional y global a través de actividades económicas como la agricultura (cacao), explotación de palo de tinte, ganadería y la explotación maderera<sup>74</sup>. Las partes bajas de las cuencas fueron deforestadas desde la etapa colonial para la explotación forestal de maderas preciosas y el desarrollo de una incipiente industria ganadera<sup>75</sup>. Cuando los recursos forestales fueron agotados en la planicie de inundación, se generó el interés en la apertura de nuevos frentes para la explotación maderera cuenca arriba. Por ejemplo, a partir de 1859 algunas compañías madereras tabasqueñas tomaron la iniciativa de explorar nuevos

<sup>72</sup> DOF. 20 de agosto de 1951. ACUERDO que crea la Comisión del Río Grijalva, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, ed. Secretaría de Recursos Hidráulicos, pp. 4 - 6. México, Diario Oficial de la Federación.

<sup>73</sup> *Ibíd.*

<sup>74</sup> Castellanos-Coll, Ramón. 2009. *Seis miradas al Tabasco del siglo XIX*, Villahermosa, Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<sup>75</sup> Tudela, op.cit., "La modernización forzada del trópico", pp. 20 - 80

horizontes y fronteras en las márgenes de los ríos Lacantún, Pasión y Usumacinta<sup>76</sup>, usando los cauces de los ríos para transportar las maderas preciosas hasta la costa. La deforestación causada por estas primeras incursiones a las selvas de Chiapas, fue pálida en contraste con la iniciada a mediados del siglo XX por las compañías madereras, los ganaderos y la ocupación de la región lacandona por la caída de los precios de café, la subsecuente liberación de peones acasillados de las fincas chiapanecas y la dotación de tierras a desplazados por las disputas de la tierra en los Altos de Chiapas, Guatemala y otras regiones del sur de México<sup>77</sup>. Estos actores formaron una alianza fortuita y de esta manera la selva en la región lacandona (zona media y alta Usumacinta) fue talada en un tiempo récord, cambiando de tener 1 200 000 ha en 1930 a poco más de 500 000 ha en 1990 (11 600 ha al año), con una importante disminución a partir de 1960<sup>78</sup>.

A finales del siglo XIX en la planicie de inundación del estado de Tabasco comenzó también la etapa de producción frutal a escala industrial gracias al auge del plátano de roatán. Así se inició un proceso lento y gradual de colonización antrópica sobre la superficie que en esa época ocupaban densas selvas tropicales, sobre todo en las márgenes del río Grijalva y en las inmediaciones de Villahermosa<sup>79</sup>, contribuyendo de manera profunda a la deforestación de la zona. En el análisis del periodo 1983-2013 (Figura 3) las tasas de pérdida forestal para cada cuenca son 17 684 ha al año en la de Mezcalapa; Grijalva 6 969 ha al año; y para la del Usumacinta 15 934 ha al año. En cuanto a la superficie deforestada el porcentaje que ocupa respecto a cada zona altitudinal corresponde a: Mezcalapa baja 4.1%, media 19.7%, alta 13.4%; Grijalva baja 9.2%, media 19.9%, alta 12.7%; Usumacinta baja 7.3%, media 22.9%, alta 15.3%.

---

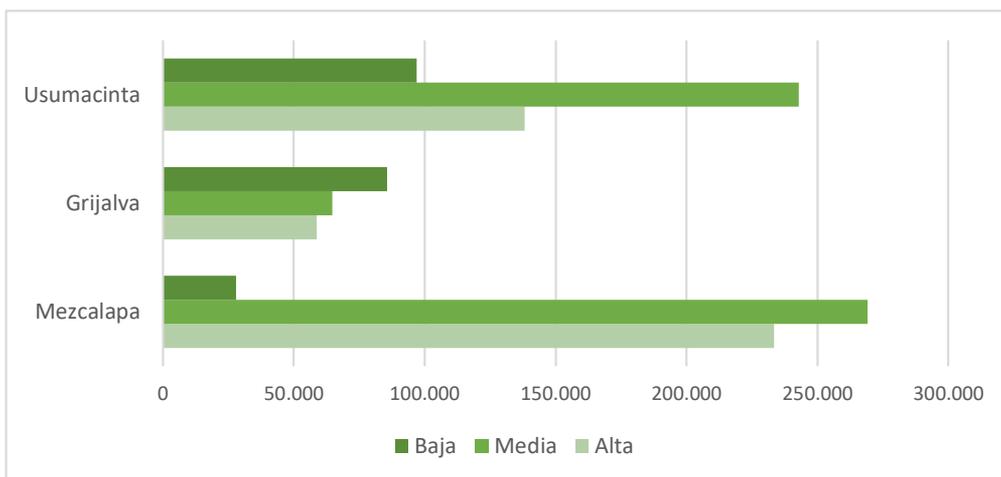
<sup>76</sup> De-Vos, Jan. 2002. "El Lacandón: una introducción histórica", en J. P. Viqueira & M. H. Ruz (eds.), *Chiapas. Los rumbos de otra historia*, UNAM-CIESAS, p. 338.

<sup>77</sup> De-Vos, Jan. 2002b. Una tierra para sembrar sueños. Historia reciente de la Selva Lacandona, 1950-2000, México, Fondo de Cultura Económica, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, CIESAS.

<sup>78</sup> *Ibidem*.

<sup>79</sup> López, Ramón. 2004. "Pioneros de la siembra de plátano roatán en Tabasco-La exportación del plátano roatán", en López, Ramón (ed.), *Historia del plátano roatán en Tabasco*, Villahermosa, Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco, pp. 27-73.

Figura 3. Deforestación en las distintas zonas de las cuencas analizadas (1983-2013)



Fuente: Elaboración propia con datos INEGI.

### 3.1.5. Cambios en la conformación de la línea de costa

Los análisis de las fotografías aéreas e imágenes satelitales muestran que la costa ha sufrido procesos de erosión y acreción que parecen responder a las modificaciones de los ríos y la deforestación de las cuencas. El balance morfodinámico de la línea de costa mostró una tendencia a la erosión de las costas expuestas directamente al oleaje en dirección NO - SE para los sitios A B C D (i.e. Tupilco, Dos Bocas, Chiltepec y Frontera). Los sitios E y F (i.e., Atastillo y Palizada) (Figura 5) que se encuentran dentro de embalses (regiones protegidas del oleaje) y con un aporte fluvial de sedimentos, no interrumpido por infraestructura como presas o alteraciones a sus cauces naturales, lo que les permite presentar procesos de azolvamiento. Así, los cambios observados en la línea de costa para cada uno de los sitios se describen entonces considerando el resultado del análisis y representación SIG de la información:

#### Sitio A: Costa de Tupilco

Los mapas y ortofotos analizadas muestran procesos de erosión y acreción distintos entre los períodos 1984-1995 y 1995-2008. La comparación de las tasas de erosión y acreción entre ambos periodos muestra que la magnitud de los procesos se incrementó, multiplicándose por un factor de 2.8 para la erosión y 2.0 para la acreción (Figura 4-A). El balance morfodinámico en la costa para los periodos analizados muestra que la tasa de erosión anual es en promedio 92% mayor que las tasas de acreción. Además, el comportamiento erosivo de la línea de costa se aprecia en la Figura 5-A, mayormente al oeste de los 93°24.00' W, y con ligeras acreciones hacia el este.

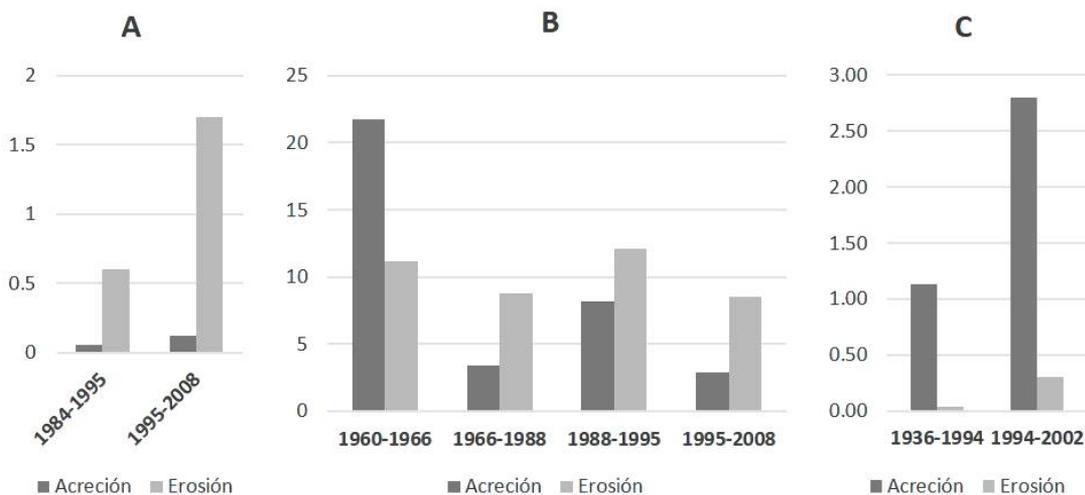
A partir de la estimación de las áreas de acreción y erosión, se decidió llevar a cabo una medición en campo (junio 2019) del ancho de playa de un transecto (Figura 5-A) para su

comparación con lo registrado en décadas previas. El resultado mostró un retroceso de 100 m dirección Norte - Sur respecto de lo registrado en 1984 (un retroceso de 2.8 m por año de la línea de costa) en una playa que generalmente no presenta cambios estacionales sustanciales. Ante este escenario, existen modificaciones importantes al balance y dinámica sedimentaria favoreciéndose la disminución de aportes de sedimento y la acción de agentes erosivos como tormentas y oleaje extremo en la línea de costa (Figura 4-A).

Las perturbaciones de la dinámica sedimentaria y el desarrollo de las tasas de erosión (0.60-1.70 ha al año) son probablemente resultado de una de las zonas costeras con mayor modificación en su sistema natural debido a las desviaciones y represamientos que ha sufrido el río Mezcalapa. Más aún, el proceso erosivo es actualmente latente tras la desaparición de un camino costero a causa del avance del mar y en perjuicio de la línea de costa, eventos que son reconocidos aún por los habitantes locales durante el trabajo de campo desarrollado.

Figura 4. Comparación erosión-acreción por periodo.

Tasas anuales en hectáreas. A) Costa Tupilco; B) Delta Grijalva; C) Río Atastillo



Fuente: elaboración propia.

### Sitio B: Barra de Dos Bocas

La Barra de Dos Bocas, presenta una tendencia evolutiva de erosión concentrada en la zona expuesta al mar, con retrocesos generales de la línea de costa en dirección norte-sur para el período 1966-1995 (Figura 5-B). De forma general, la tasa de erosión resultó 2.4 veces mayor que la de acreción. Las tasas del periodo 1966-1995 son 0.70 ha al año de acreción y 1.70 ha al año de erosión. Igualmente, cambios importantes se observaron al interior del sistema estuarino relacionados con la isla Hicacal y la isla Andrés García.

Mapas e imágenes aéreas de los años 1579, 1803, 1887, 1966, 2019 permitieron identificar notables cambios cualitativos en las geoformas costeras. Particularmente, el mapa del año de 1887<sup>80</sup> representa dos corrientes en la desembocadura de Dos Bocas lo que contrasta con imágenes de 1966 y 2020, que solo muestran rastros de una bocana extinta en la parte occidental del sitio piloto. Así, la otrora isla Hicacal que aparece representada en el mapa de 1887 ha sido incorporada a la zona continental en el periodo 1887-2020 y fusionándose con la isla Andrés García.

Igualmente, el desarrollo de la flecha litoral en la margen derecha de la desembocadura evidencia un avance hacia el interior del sistema estuarino en dirección noroeste-sureste (NO - SE). Esto contrasta con el crecimiento en dirección al este y hacia el interior del sistema estuarino de la flecha litoral en la margen izquierda de la desembocadura (posiblemente la antigua Isla de Hicacal), corroborándose el comportamiento observado en los mapas de 1887-2020.

### **Sitio C: Barra de Chiltepec**

La desembocadura del río González (Figura 5-C) muestra una dinámica favorecida hacia la acreción en ambos márgenes mayormente sobre la zona de contacto de la desembocadura con el mar abierto durante el período de 1966-1995. El sitio presenta un incremento en las tasas anuales promedio de erosión y acreción hacia el período de 1966-1995 en comparación con las de 1908-1966, pasando de 0.22 y 0.18 ha al año a 0.47 y 1.20 ha al año, respectivamente. La tasa de erosión y acreción para el período de 1908-1966 es similar (0.18 y 0.22 ha al año) lo que puede entenderse como un relativo balance morfodinámico general y de los procesos sedimentarios en toda la zona. De forma contraria, para el período de 1966-1995, la tasa de acreción anual es 2.6 veces mayor que la de erosión por lo que se define una condición de acreción generalizada en este sitio.

Cabe señalar que para el período de 1966-1995 se identifican cambios en la morfología costera caracterizada principalmente por el crecimiento de una flecha litoral en dirección este - oeste, lo que además parece haber conducido a procesos de acreción al interior de la desembocadura en su margen derecha pero que, favoreció la erosión al interior de la desembocadura sobre la margen izquierda. La formación de la flecha costera posiblemente da pie a eventos de formación de playas en la margen derecha del río González (Figura 5-C).

Además de los procesos sedimentarios, es apreciable la construcción de rompeolas en ambos márgenes de la desembocadura del río González, el cual se convirtió en el nuevo río por donde desagua una parte del caudal del río Mezcalapa.

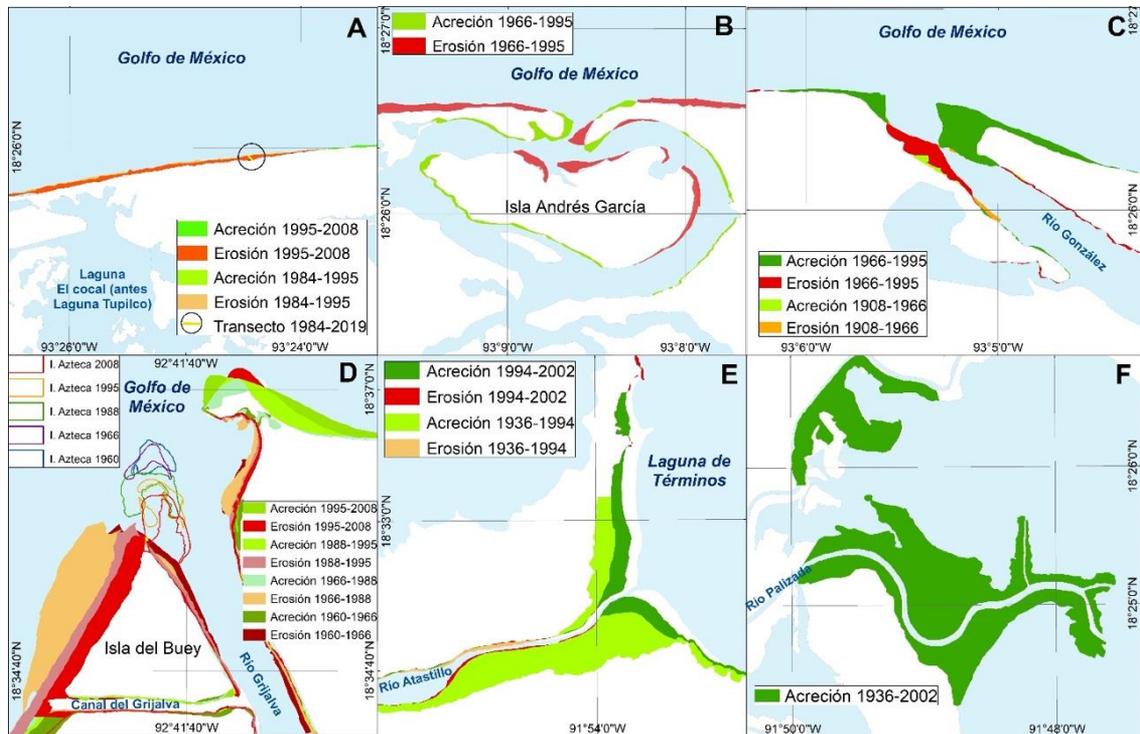
---

<sup>80</sup> Dolores-Payán, José; Hernández-Carrillo. 1887. Plano o Croquis de las Barras de Dos Bocas y Chiltepec-COYB.TAB.M47.V1.0006, en *TAB-DET-0005*. Mapoteca Centro Cultural Pro Hispen A.C.

## Sitio D: Delta del río Grijalva

La zona correspondiente al delta del río Grijalva estuvo activa en la representación cartográfica durante el siglo XIX y XX. Su importancia fue que a partir de su cauce y desembocadura muchos de los recursos y productos provenientes de Chiapas y Tabasco eran exportados. La selección cartográfica comprende el periodo 1887-2008. El delta presenta una perturbación en el comportamiento del balance erosión-acreción observado para el periodo 1960-1966, principalmente un descenso considerable en la dinámica de sedimentación (Figura 4-B). Dicho resultado podría estar en atención al periodo en que comenzó la construcción de las presas hidroeléctricas (Tabla 2).

Figura 5. Áreas sujetas a erosión y acreción en los sitios piloto: Costa Tupilco (A), Dos Bocas (B), Chiltepec (C), Delta del río Grijalva (D), Río Atastillo (E), Delta del río Palizada (F).



Elaboración propia con información de INEGI. 2019; Vidales-Albarrán, Humberto. 1960; ICA. 1966; Defense Mapping Agency. 1985.

La erosión de costa en el lado occidental está evidenciada a través de la pérdida de la Laguna El Pucho, localizada en la punta del Buey, que aparece representada desde inicios del siglo XX en mapas históricos (Figura 5-D). Cambios en la representación de la toponimia fueron encontrados con respecto a la margen izquierda de la desembocadura del río Grijalva, cuya denominación

cambió de “punta del buey” a “isla del buey” en los mapas de 1861 y 1995 (Figura 5-D). Esto demuestra una tendencia erosiva en las playas expuestas del lado noroccidental (Figura 5-D). Cabe mencionar, que, a principios del siglo XX, la compañía *North American Dredging Company of Texas* fue la encargada de realizar las obras de canalización y dragado de un canal en la margen izquierda del río Grijalva (canal Grijalva, Figura 5-D). Así se permitiría la entrada a barcos de mayor calado debido al obstáculo histórico que representaban los bajos en la desembocadura del río<sup>81</sup>. Esta obra cambió la dinámica de la línea de costa, ya que el canal Grijalva funcionó como un importante distribuidor del caudal del río Grijalva desviando parte de sus aguas hacia el oeste e interrumpiendo el transporte litoral. El canal se azolvó en 1962, sin embargo, se habilitó tiempo después. Para el periodo 1966-1988 la erosión se produjo en la margen izquierda del canal y la sedimentación en la margen derecha, situación inversa para el periodo 1995-2008. La boca del canal Grijalva sobre el Golfo de México en general presentó fuertes erosiones posiblemente como resultado de la acción del oleaje.

Otros cambios relevantes en el delta del río Grijalva se relacionan con la isla La Azteca, la cual presentó una dinámica de traslación en dirección norte-sur que culmina en su adhesión a la Isla Buey y ésta a su vez con la parte continental, respondiendo la geoforma al moldeado por parte de agentes como el oleaje y las condiciones micromareales (Figura 5-D). Dicha traslación se observa coincidente con la variación de la dinámica de sedimentación del periodo 1960-1966 y con el posterior desarrollo de las presas hidroeléctricas y rompidos en las diferentes cuencas.

Con respecto al comportamiento de las tasas de erosión-acreción, se identificó un considerable descenso en la dinámica de sedimentación del delta, ajustándose muy por debajo de las tasas a las que solía mantener en años previos a la construcción de las presas (Figura 4-B). Al respecto, las tasas de erosión y acreción rondan valores próximos a 11.1 y 27.8 ha al año, para el período previo a 1966, indicando una gran dinámica sedimentaria en la desembocadura del río Grijalva con tendencia hacia la acreción. Dicha dinámica de crecimiento se observa en la generación de líneas de acreción del delta y de líneas de costa primarias. Cabe destacar que posterior a 1966 las tasas de erosión y acreción resultan en promedio de 9.8 y 4.8 ha al año, es decir, el delta empezó a caracterizarse por ser de carácter erosivo, manteniéndose relativamente la tasa de erosión (10-11 ha al año), pero disminuyendo la tasa de acreción anual hasta 5.8 veces. El resultado muestra una alta reducción del aporte sedimentario del río Grijalva, el cual debe ser observado en relación con el desarrollo de su historia ambiental.

---

<sup>81</sup> DOF. 1911. Sesión del día 9 de diciembre de 1911, ed. Cámara de Senadores, pp. 562-572. México, Diario Oficial de la Federación.

## Sitio E: Río Atastillo

El análisis de los cambios de la línea de costa en la desembocadura del río Atastillo mostró una mayor superficie de acreción en contraste con la erosión. Para el periodo comprendido entre 1994-2002 la tasa de acreción fue más del doble del periodo anterior 1936-1994 (Figura 4-C). Las zonas favorecidas por acreción son en dirección sureste-noroeste (SE - NO) (Figura 5-E). Las áreas acrecidas demuestran relación con la dirección preferente de la circulación dentro de la laguna de Términos (dirección este-oeste), en interacción con las corrientes fluviales que desembocan en las lagunas del este.

El resultado se compara con los resultados de las observaciones en campo donde se obtuvo un incremento en la sedimentación que impide la navegación, lo anterior confirmado por quienes han habitado cerca de este cuerpo de agua: “Este canal no se encontraba así, antes podíamos navegar a través de él, incluso las chernas, que son bien gordas, pasaban por ese canal. Ahora mira la distancia a la que estamos de esa entrada y no tiene ni 30 cm de profundidad”<sup>82</sup>. Esto complementa a la evidencia encontrada en las fotografías aéreas de 1936. Así, el azolve a lo largo de las márgenes del río Atastillo demuestra un crecimiento progresivo hasta el grado de cerrar la boca y disminuir su profundidad hasta menos de medio metro (Figura 5-E).

## Sitio F: Delta del río Palizada

Este sitio, representado por un delta de tipo digitado (pata de gallo) muestra un crecimiento importante a partir del año 1936 (año inicial de donde se obtuvieron las imágenes aéreas) (Figura 5-F). La construcción del delta sobre la laguna de el este comprende una superficie de 3.5 km<sup>2</sup> con tasas anuales de acreción de 6.8 ha al año. Dicho comportamiento fue corroborado durante la visita en campo donde se observó el aumento en la sedimentación que ha dado paso a sucesiones de tular, ecosistema caracterizado por el dominio de procesos fluviales. En suma, se trianguló la información recolectada de las fotografías históricas con la memoria histórica de los pobladores consultados.

Al considerar los sitios piloto analizados, se tiene que mientras que en las regiones costeras influidas por el río Mezcalapa la erosión ha dominado a lo largo de los años, en los efluentes del río Usumacinta, que desembocan en un cuerpo de agua semi-cerrado donde no incide la energía del oleaje, los procesos pueden verse inclinados hacia la acreción mientras exista aporte de sedimentos.

## Conclusiones y recomendaciones

Entender la dinámica de la línea de costa con una mirada histórica requiere de documentar los cambios en el curso natural y artificial de los sistemas fluviales que existen en una representación

---

<sup>82</sup> Polanco, Florencio. comunicación personal, 26 de junio de 2019, Campeche, México.

cartográfica a través del tiempo<sup>83</sup>. Si bien la línea de costa en algunos mapas tiene representaciones imprecisas, en algunos casos los apuntes y simbología proporcionan indicios sobre procesos pasados que pueden compararse con los actuales<sup>84</sup>.

La planicie deltaica construida por los ríos Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta demuestra una gran cantidad de procesos de avulsión de origen natural y antrópico. Los rompidos y avulsiones ocurridas en el delta comenzaron aparentemente a traer consecuencias no previstas una vez que el cauce del río Mezcalapa fue desviado en el siglo XVII, redireccionando su caudal hacia las poblaciones de la Chontalpa y la capital Villahermosa (Figura 2). La desviación del río Mezcalapa en la planicie significó modificación del sistema de un delta arqueado, y que además generó nuevas amenazas y riesgos constantes<sup>85 86 87</sup>.

Los rompidos del río Mezcalapa demuestran la dinámica avulsiva del sistema fluvial<sup>88</sup>. Otra evidencia son las obras como el dragado del río Samaria y el Macayo llevadas a cabo en el cauce del río Mezcalapa, en el tramo denominado Samaria-González donde actualmente, debido a la sedimentación, requiere de constantes dragados<sup>89 90</sup>. Esta alteración en la sedimentación reconfiguró la dinámica avulsiva de la planicie deltaica<sup>91</sup> y afectó la progradación de la línea de costa en diversos sitios, que, junto con el desarrollo de un sistema de presas hidroeléctricas, redujo la carga de sedimentos, afectando la dinámica de la línea de costa con su retroceso<sup>92</sup>. Esto se ha documentado con las alteraciones producidas en el río Mississippi en Estados Unidos, donde la construcción de presas redujo considerablemente el aporte de sedimentos impactando

---

<sup>83</sup> McClenachan. 2017, "Ghost reefs: Nautical charts", p. 5.

<sup>84</sup> Horton, Benjamin; Kopp, Robert; Garner, Andra J.; Hay, Carling; Khan, Nicole; Roy, Keven; Shaw, Timothy. 2018. "Mapping Sea-Level Change in Time, Space, and Probability", *Annual Review of Environment and Resources*, N° 43, pp. 481-521.

<sup>85</sup> Galmiche-Tejeda, Ángel; Solana-Villanueva, Nélyda. 2011. *El contexto de la vulnerabilidad de las poblaciones costeras y valores asignados al manglar en Tabasco*, Gobierno del estado de Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, PEMEX.

<sup>86</sup> Núñez-Gómez, Juan Carlos; Ramos-Reyes, Rodimiro; Barba-Macías, Everardo; Espinoza-Tenorio, Alejandro; Gama-Campillo, Lilia. 2016. "Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México", *Investigaciones Geográficas*, N° 91, pp. 70-85.

<sup>87</sup> Ramos-Reyes, Rodimiro; Palomeque-De-La-Cruz, Miguel. 2019. "La gran inundación del 2007 en Villahermosa, Tabasco, México: antecedentes y avances en materia de control", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol. 39, N°2, pp. 387-413.

<sup>88</sup> Giosan, op.cit., "How Deltas Work", p. 30.

<sup>89</sup> González-Villarreal, Fernando. 2014. Estudio para el proyecto hidrológico para proteger a la población de inundaciones y aprovechar mejor el agua (PROHTAB), Comisión Nacional del Agua.

<sup>90</sup> CONAGUA. 2011. Construcción de desazolve del cauce piloto del Río Samaria, en el estado de Tabasco, ed. SEMARNAT - CONAGUA. Comisión Nacional del Agua México, D.F. Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2011/27TA2011H0026.pdf> (Consultado el 14 de junio del 2022).

<sup>91</sup> Mendoza, op.cit., "Historical description of the morphology", pp. 349-351.

<sup>92</sup> Carranza, op.cit., "Cambios morfológicos y sedimentológicos", 36-39.

la dinámica sedimentaria en su delta<sup>93</sup>; así como la pérdida de humedales y disminución en su productividad pesquera<sup>94</sup>, intrusión salina y descenso en las tasas de acreción<sup>95</sup>. Resultados similares presenta la cuenca del río Lerma-Santiago con la construcción de presas que han alterado la sedimentación en su delta y la ecología de los estuarios en la región de Marismas Nacionales<sup>96</sup>.

Los datos obtenidos a través de mapas históricos permitieron observar tendencias evolutivas y dinámica geomorfológica de la línea de costa a escala de décadas. Por otra parte, aunque los mapas más antiguos no son útiles para cuantificar los procesos de erosión en la línea de costa, sí lo son para comprender la historia ambiental del delta desde el punto de vista espacial junto con la narrativa de los documentos históricos. Por ello, la obtención de este tipo de información requirió de validación a través de la triangulación con otros métodos, como el uso de mapas más actualizados y precisos, entrevistas y diarios de campo levantados con los habitantes de las regiones estudiadas y levantamiento de puntos georreferenciados<sup>97</sup>. Más aún, es importante la homogeneización de las escalas en la elección de mapas históricos para comparar los cambios ocurridos y evitar errores debido a resoluciones espaciales distintas.

El análisis cualitativo de las geoformas costeras brinda indicios sobre algunos dominios morfogenéticos en la costa e inferir procesos acaecidos en la morfodinámica. La construcción de islas barreras y cordones litorales son evidencia de dominios litorales morfogenéticos manifestados de edad geológica correspondiente al Holoceno<sup>98</sup>, junto con la presencia de procesos de sedimentación fluvial determinados por la dinámica de interacción entre el río Mezcalapa con forzantes como la marea y el oleaje en la planicie costera<sup>99</sup>. Los resultados del

---

<sup>93</sup> Lane, Robert; Kemp, Paul; Day, John W. 2018. "A Brief History of Delta Formation and Deterioration", en Day, John; Erdman, Jori (eds.), *Mississippi Delta Restoration: Pathways to a sustainable future*, Springer International Publishing, pp. 11-27.

<sup>94</sup> Colten, Craig. 2018. "Levees and the Making of a Dysfunctional Floodplain", en Day, John; Erdman, Jori (eds.), *Mississippi Delta Restoration: Pathways to a sustainable future*, Springer International Publishing, pp. 29 - 37.

<sup>95</sup> Hiatt, Matthew; Snedden, Gregg; Day, John; Rohli, Robert; Nyman, John; Lane, Robert; Sharp, Leigh. 2019. "Drivers and impacts of water level fluctuations in the Mississippi River delta: Implications for delta restoration", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 224, pp. 117 - 137.

<sup>96</sup> Ezcurra, Exequiel; Barrios, Eugenio; Ezcurra, Paula; Ezcurra, Ana; Vanderplank, Sula; Vidal, O.; Villanueva-Almanza, Lorena; Aburto, Oropeza. 2019. "A natural experiment reveals the impact of hydroelectric dams on the estuaries of tropical rivers", *Science Advances*, N° 5, pp. 1 - 9.

<sup>97</sup> Williams, Paula; Alessa, Lilian; Abatzoglou, John; Kliskey, Andrew; Witmer, Frank; Lee, Olivia; Trammell, Jamie; Beaujean, Grace; Venema, Rieken. 2018. "Community-based observing networks and systems in the Arctic: Human perceptions of environmental change and instrument-derived data", *Regional Environmental Change*, Vol. 18, pp. 547-559.

<sup>98</sup> Muñoz-Salinas, Esperanza; Castillo, Miguel; Sanderson, David; Kinnaird, Tim. 2017. "Geochronology and landscape evolution of the strand-plain of the Usumacinta and Grijalva rivers, southern Mexico", *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 79, pp. 394 - 400.

<sup>99</sup> SGM. 2013. Monografía Geológico Minera del Estado de Tabasco. ed. S. d. Economía, Pachuca, Hidalgo, Servicio Geológico Mexicano.

trabajo indican que la construcción de obras para el control del sistema fluvial de la cuenca media y baja modificó el funcionamiento del delta, como en el caso de cambios en los procesos de sedimentación en la planicie deltaica<sup>100</sup> y otros efectos como la intrusión de la cuña salina en el cauce del río Grijalva<sup>101</sup>. Los sistemas estuarinos influenciados por una intensa deforestación en la cuenca presentan azolvamiento y sedimentación que impacta los sistemas naturales acuáticos<sup>102</sup>. Las zonas media y alta de la cuenca Usumacinta, deforestadas intensamente a partir del siglo XX, pudieron incrementar el azolvamiento de las zonas estuarinas localizadas en la laguna de Términos. El azolvamiento en los deltas de los efluentes del río Usumacinta (Palizada), muestran la gran cantidad de sedimentos fluviales depositados, lo que genera pérdida de la profundidad de los canales que las conectan, así como el cierre para la navegación en algunos de ellos<sup>103</sup>.

La tendencia global en el aumento del nivel medio del mar en las próximas décadas<sup>104</sup>, aunado a la tendencia mostrada en décadas pasadas<sup>105</sup>, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos en el Golfo de México<sup>106</sup> y el retroceso observado de la isla barrera en Dos Bocas apuntan a la necesidad de evaluar la viabilidad de obras como tómbolos y rompeolas en la línea de costa, para favorecer la sedimentación y frenar la erosión, considerando los planes de construcción de infraestructura portuaria como la refinería de Dos Bocas.

Se recomienda monitorear la morfodinámica de la línea de costa en la parte occidental del sistema deltaico del río Mezcalapa, donde se encuentran los sistemas lagunares de la laguna del Carmen, de Santa Anna y la Machona y evaluar la posibilidad de restauración ecológica del cauce del río Seco y retornar las condiciones ecológicas de sedimentación en la zona costera del puerto de Dos Bocas y el occidente del río Seco, también analizar su cauce y la cantidad y tipo de sedimento que este transporta.

La principal limitación del presente trabajo es abordar el rol de la reforestación en la cuenca alta para prevenir o acelerar procesos de sedimentación de la región costera tomando solo en

---

<sup>100</sup> Mendoza, op.cit., "Historical description of the morphology", pp. 349 - 351.

<sup>101</sup> Alcérreca-Huerta, Juan; Callejas-Jiménez, Mariana; Carrillo, Laura; Castillo, María. 2019. "Dam implications on salt-water intrusion and land use within a tropical estuarine environment of the Gulf of Mexico", *Science of the Total Environment*, Vol. 652, pp. 1102 - 1112.

<sup>102</sup> Restrepo, Juan; Kettner, Albert; Syvitski, James. 2015. "Recent deforestation causes rapid increase in river sediment load in the Colombian Andes", *Anthropocene*, Vol. 10, pp. 13 - 28.

<sup>103</sup> Rojas, op.cit., "Procesos de azolvamiento en el sistema", p. 4

<sup>104</sup> Voudoukas, Michalis; Mentaschi, Lorenzo; Voukouvalas, Evangelos; Verlaan, Martin; Jevrejeva, Svetlana; Jackson, Luke; Feyen, Luc. 2018. "Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard", *Nature Communications*, Vol. 9, Nº 1, pp. 1 - 10.

<sup>105</sup> Blunden, Jessica; Arndt, Derek. 2019. "State of the Climate in 2018", *Bulletin of the American Meteorological Society*. American Meteorological Society.

<sup>106</sup> Appendini, Christian; Hernández-Lasheras, Jaime; Meza-Padilla, Rafael; Kurczyn, Jorge. 2018. "Effect of climate change on wind waves generated by anticyclonic cold front intrusions in the Gulf of Mexico", *Climate Dynamics*, Vol. 51, pp. 3747 - 3763.

cuenta el territorio Mexicano y omitiendo una importante superficie de las cuencas en territorio guatemalteco, por lo que se considera de suma importancia promover modelos efectivos que describan o exploren los diferentes escenarios de azolve y la dinámica hidro-sedimentaria (corrientes, oleaje), hidrometeorológica (fenómenos hidrometeorológicos) y morfodinámica costera.

## Referencias citadas

- Defense Mapping Agency. 1985. *Aproximaciones a Frontera-CGF.TAB.M20.V5.0470*. In *CGF.TAB.M20.V5.0470*, México, Mapoteca Manuel Orozco y Berra del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Alcérreca Huerta, Juan Carlos, Callejas Jiménez, Mariana, Carrillo, Laura y Castillo, María. 2019. "Dam implications on salt-water intrusion and land use within a tropical estuarine environment of the Gulf of Mexico" en *Science of the Total Environment*, N° 652, Exeter, UK, pp. 1102-1112.
- Antochiw, Michel. 2012. "La Costa de Campeche en la Cartografía", en Cobos, Rafael (ed.), *Arqueología de la costa de Campeche: la época prehispánica*, Mérida, Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, UADY, 446 p.
- Appendini, Christian, Hernández-Lasheras, Jaime, Meza Padilla, Rafael y Kurczyn, Jorge. 2018. "Effect of climate change on wind waves generated by anticyclonic cold front intrusions in the Gulf of Mexico", en *Climate Dynamics*, N° 51, pp. 3747-3763. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-018-4108-4> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Arrieta Fernández, Pedro. 1992. "Desarrollo social planificado en la Chontalpa, Tabasco", en *La Palabra y el Hombre*, N° 81 Universidad Veracruzana, Xalapa, México, pp. 159-176.
- Blunden, Jessica y Arndt, Derek. 2019. "State of the Climate in 2018", en *Bulletin of the American Meteorological Society*, N° 100, American Meteorological Society, Washington D.C., 305 p.
- Brommer, Marit y Bochev-van der Burgh, Lissette. 2009. "Sustainable Coastal Zone Management: A Concept for Forecasting Long-Term and Large-Scale Coastal Evolution", en *Journal of Coastal Research*, Vol. 25, N° 1, pp. 181-188. Disponible en: <https://bioone.org/journals/journal-of-coastal-research/volume-2009/issue-251/07-0909.1/Sustainable-Coastal-Zone-Management--A-Concept-for-Forecasting-Long/10.2112/07-0909.1.full> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Camacho Valdez, Vera, Sáenz Arroyo, Andrea, Ghermandi, Andrea, Navarrete Gutierrez, Dario y Rodiles Hernandez, Rocío. 2020. "Spatial analysis, local people's perception and economic valuation of wetland ecosystem services in the Usumacinta floodplain, Southern Mexico", en *Peerj*, 8, p. 26. Disponible en: <https://peerj.com/articles/8395/> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Carranza-Edwards, Arturo, Márquez-García, Antonio, Tapia-Gonzalez, Citlalli, Rosales Hoz, Leticia y Alatorre Mendieta, Miguel Ángel. 2015. "Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste", en *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67, D.F. México, pp. 21-43.
- Castellanos Coll, Ramón. 2009. *Seis miradas al Tabasco del siglo XIX*, Villahermosa, Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

- Colten, Craig. 2018. "Levees and the Making of a Dysfunctional Floodplain", en Day, John W., Erdman, Jori A. (eds.), *Mississippi Delta Restoration: Pathways to a sustainable future*, Cham, Springer International Publishing, pp. 29-37.
- CONAGUA. 2010. *Estadísticas del Agua en México, edición 2010*, México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/eam2010-16junio2010.pdf> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- CONAGUA. 2011. *Construcción de desazolve del cauce piloto del Rio Samaria, en el estado de Tabasco*, México, D.F. Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2011/27TA2011H0026.pdf> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- CONAGUA. 2018. *Acuerdo por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales superficiales en las cuencas hidrológicas pertenecientes a la región hidrológica número 30 Grijalva-Usumacinta*, México, D.F. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5518766&fecha=10/04/2018#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5518766&fecha=10/04/2018#gsc.tab=0) (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Cortés, Hernán. 1526. "Hernán Cortés (1485-1547)", en Cabrera Bernat, Ciprián (ed.). *Viajeros en Tabasco: Textos*, Villahermosa, Instituto de Cultura de Tabasco, pp. 103-155.
- Cyphers, Ann. 1997. "Descifrando los misterios de la cultura Olmeca", en *Proyecto Arqueológico San Lorenzo Tenochtitlán 1990-1994*, México, ed. I. d. I. Antropológicas. UNAM.
- Cyphers, Ann, Zurita Noriega, Judith y Lane Rodríguez, Marci. 2013. *Retos y riesgos en la vida olmeca*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- de Castro y Araoz, Miguel. 1803. *Plan de Tabasco comprendido entre la línea de división-COYB.TAB.M47.V1.0011*, México, Biblioteca Digital Mexicana A.C., Mapoteca Manuel Orozco y Berra.
- de Vos, Jan. 1996. *Oro Verde. La conquista de la Selva Lacandona por los madereros tabasqueños 1822-1949*, México, Gobierno del estado de Tabasco-Fondo de Cultura Económica.
- de Vos, Jan. 2002. "El Lacandón: una introducción histórica", en Viqueira, Juan Pedro y Ruz, Mario Humberto (eds.), *Chiapas. Los rumbos de otra historia*, México, UNAM, CIESAS, pp. 330-360.
- DOF. 1911. *Contrato celebrado entre el C. Ingeniero Manuel Bonilla, Secretario de Estado y del Despacho de Comunicaciones y Obras Públicas, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Charles A. Hopkins, como apoderado de The North American Dredging Company of Texas, para la ejecución de las obras del puerto de Frontera, del Estado de Tabasco.* (Sesión del día 9 de diciembre de 1911/Cámara de Senadores/pp.562-572), México, D.F., Diario Oficial de la Federación.
- DOF. 1951. *ACUERDO que crea la Comisión del Río Grijalva, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. ed. Secretaría de Recursos Hidráulicos.* (Sesión del día Miércoles 9 de Agosto de 1951/pp. 4-6), México, D.F. Diario Oficial de la Federación.
- Dolores Payán, José y Hernández Carrillo. 1887. "Plano o Croquis de las Barras de Dos Bocas y Chiltepec-COYB.TAB.M47.V1.0006", en *TAB-DET-0005*, México, Mapoteca Centro Cultural Pro Hispen A.C.
- Ezcurra, Exequiel, Barrios, Eugenio, Ezcurra, Paula, Ezcurra, Ana, Vanderplank, Sula, Vidal, O., Villanueva Almanza, Lorena y Aburto, Oropeza. 2019. "A natural experiment reveals the impact of

- hydroelectric dams on the estuaries of tropical rivers”, en *Science Advances*, N° 5, Washington, DC, pp. 1-9. Disponible en: <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/sciadv.aau9875>. (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Flores Santiago, Arturo. 1990. “La modernización de la agricultura en el trópico húmedo mexicano: veinte años de experiencia en la Chontalpa, Tabasco”, en *Revista de Geografía Agrícola*, Universidad Autónoma de Chapingo, D.F. México, pp. 105-115.
- Galmiche Tejeda, Ángel y Solana Villanueva, Nélyda. 2011. *El contexto de la vulnerabilidad de las poblaciones costeras y valores asignados al manglar en Tabasco*, Mexico, Gobierno del estado de Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, PEMEX.
- García Cubas, Antonio. 1855. “Carta del Estado de Tabasco-CGF.ATLRM.M31.V1.0001-20.26”, en *5614-CGE-7262-A, Mapoteca Manuel Orozco y Berra*, México, Mapoteca Manuel Orozco y Berra.
- García García, Antonino. 2010. *Instituciones y pluralismo legal: La hidropolítica en la cuenca transfronteriza Grijalva (1950-2010)*, 383, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable.
- Garrido, Arturo, Pérez Damián, José Luis y Enríquez Guadarrama, Carlos. 2010. “Delimitación de las zonas funcionales de las cuencas hidrográficas de México”, en Cotler Ávalos, Helena (ed.), *Las Cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*, México, INE, SEMARNAT, pp. 14-17.
- GEBCO. 2014. *General Bathymetric Chart of the Oceans 2014 Grid version 20150318*, British Oceanographic Data Centre (Ed). Disponible en: <http://www.gebco.net> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Giosan, Liviu y Freeman, Angelina. 2014. “How Deltas Work: A Brief Look at the Mississippi River Delta in a Global Context”, en Day, John, Kemp, Paul, Freeman, Angelina y Muth, David (eds.), *Perspectives on the Restoration of the Mississippi Delta: The Once and Future Delta*, Dordrecht, Springer Netherlands, pp. 29-32.
- Gonzalez, Pedro. 1946. *Los Ríos de Tabasco*, Tabasco, Gobierno Constitucional de Tabasco.
- González Villarreal, Fernando Jorge. 2014. *Estudio para el proyecto hidrológico para proteger a la población de inundaciones y aprovechar mejor el agua (PROHTAB)*, México, Comisión Nacional del Agua.
- Helbig, Karl M. 1964. *La cuenca superior del Río Grijalva. Un estudio regional de Chiapas, sureste de México*, Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Helbig, Karl M. y Tischner, Gertrud. 1972. “El Estado de Chiapas, Economía y Tránsito”, en *23886-CGE-7274-A*, México, Mapoteca Manuel Orozco y Berra del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Hernández Santana, José Ramón, Ortiz Pérez, Mario Arturo, Méndez Linares, Ana Patricia y Gama Campillo, Lilia. 2008. “Morfoodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente”, en *Investigaciones Geográficas (Mx)*, D.F. México, pp. 7-21.
- Hiatt, Matthew, Snedden, Gregg, Day, John W., Rohli, Robert V., Nyman, John A., Lane, Robert R. y Sharp, Leigh A. 2019. “Drivers and impacts of water level fluctuations in the Mississippi River delta: Implications for delta restoration”, en *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 224, Louisiana, United States, pp. 117-137.

- Horton, Benjamin P., Kopp, Robert E., Garner, Andra J., Hay, Carling C., Khan, Nicole S., Roy, Keven y Shaw, Timothy A. 2018. "Mapping Sea-Level Change in Time, Space, and Probability", en *Annual Review of Environment and Resources*, 43, pp. 481-521. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/epdf/10.1146/annurev-environ-102017-025826> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- ICA. 1966. *Frontera-34-1812A (FAV)*. En Fondo Aerofotográfico Acervo Histórico, México, D.F, Fundación ICA, A.C.
- ICA. 2019. Fondo Aerofotográfico Acervo Histórico. In *Aerofotográfico Verticales (FAV)*, ed. A. C. Fundación ICA. México, Fundación ICA, A.C.
- INEGI. 1983-2013. Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250 000. En *Serie I, II, III, IV y V*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. 2010. Red Hidrográfica escala 1:50 000. En *Cuencas edición 2,0*. México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. 2019. Ortofoto digital. In *Fotografías aéreas escalas 1:10 000, 1:20 000, 1:40 000 y 1:75 000*, México, ed. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Lane, Robert R., Kemp, Paul y Day, John W. 2018. "A Brief History of Delta Formation and Deterioration", en Day, John W., Erdman, Jori A. (eds.), *Mississippi Delta Restoration: Pathways to a sustainable future*, Cham, Springer International Publishing, pp. 11-27.
- López, Ramón N. 2004. "Pioneros de la siembra de plátano roatán en Tabasco-La exportación del plátano roatán" en López, Ramón (ed.). *Historia del plátano roatán en Tabasco*, Villahermosa, Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco, pp. 27-73.
- Lugo Hubp, José. 2011. *Diccionario geomorfológico*, México, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.
- March Mifsut, Ignacio y Castro, Marco. 2010. "La cuenca del río Usumacinta: Perfil y perspectivas para su conservación y desarrollo sustentable", en Cotler Ávalos, Helena (ed.). *Las Cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*, México, INE, SEMARNAT, pp. 192-197.
- Martínez Assad, Carlos. 2005. "El Grijalva, un río que fluye en la historia", en *Signos Históricos*, Ciudad de México, México, pp. 140-161.
- Martínez Assad, Carlos. 2015. *Tabasco: Historia breve*, México, Fondo de Cultura Económica-El Colegio de México.
- Mártir de Anglería, Pedro. 1981. "Décadas de Nuevo Mundo", en González Calzada, Manuel (ed.), *De cómo vieron y contaron los cronistas de Indias el descubrimiento y conquista de Tabasco*, México, Consejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco, pp. 11-19.
- Mc Clenachan, Loren, O'Connor, Grace, Neal, Benjamin P., Pandolfi, J.M. y Jackson, Jeremy. 2017. "Ghost reefs: Nautical charts document large spatial scale of coral reef loss over 240 years", en *Science Advances*, 3, pp. 1-7. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1603155> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Mendoza, Alejandro, Soto Cortes, Gabriel, Priego Hernandez, Gaston y Rivera Trejo, Fabian. 2019. "Historical description of the morphology and hydraulic behavior of a bifurcation in the lowlands of the Grijalva River Basin, Mexico", en *CATENA*, 176, pp. 343-351. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816219300335> (Consultado el 14 de junio del 2022).

- Mendoza Ramírez, Eduardo y Dirzo, Rodolfo. 1999. "Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot", en *Biodiversity and Conservation*, Netherlands, pp. 1621-1641.
- Muñoz Salinas, Esperanza, Castillo, Miguel, Sanderson, David y Kinnaird, Tim. 2017. "Geochronology and landscape evolution of the strand-plain of the Usumacinta and Grijalva rivers, southern Mexico", en *Journal of South American Earth Sciences*, 79, pp. 394-400. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981117302699> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- National Research Council. 1990. *Managing Coastal Erosion*, Washington, D.C. The National Academies Press. Recuperado de: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/1446/managing-coastal-erosion> (consultado el 07 de junio del 2022).
- Núñez Gómez, Juan Carlos, Ramos Reyes, Rodimiro, Barba Macías, Everardo, Espinoza Tenorio, Alejandro y Gama Campillo, Lilia María. 2016. "Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México", en *Investigaciones Geográficas (Mx)*, D.F. México, pp. 70-85.
- Obrigón Rodríguez, María Concepción y Liendo Stuardo, Rodrigo. 2016. *Los antiguos reinos mayas del Usumacinta. Yaxchilán, Bonampak y Piedras Negras*, México, Fondo de Cultura Económica, El Colegio de México, Fideicomiso Historia de las Américas.
- Ojeda Zújar, José. 2000. "Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta", en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30, Barcelona, España, pp. 103-118.
- Ortiz Espejel, Benjamín y Toledo, Víctor Manuel. 1998. "Tendencias en la deforestación de la Selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de las Cañadas", en *Interciencia*, Caracas, Venezuela, pp. 318-327.
- Papworth, Sarah K., Rist, J., Coad, Lauren y Milner-Gulland, Eleanor. 2009. "Evidence for shifting baseline syndrome in conservation", en *Conservation Letters*, Vol. 2, pp. 93-100. Disponible en: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1755-263X.2009.00049.x> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Pauly, Daniel. 1995. "Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries", en *Trends in Ecology & Evolution*, 10, p. 430. Disponible en: [https://www.waterbucket.ca/rm/files/2014/08/AnecdotesShiftingBaselineSyndromeFisheries\\_1995.pdf](https://www.waterbucket.ca/rm/files/2014/08/AnecdotesShiftingBaselineSyndromeFisheries_1995.pdf) (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Plascencia Vargas, Héctor, González Espinosa, Mario, Ramírez Marcial, Neptalí, Álvarez Solís, David y Musálem Castillejos, Karim. 2014. "Características físico-bióticas de la cuenca del río Grijalva", en González Espinosa, Mario y Brunel Manse, Marie Claude (eds.), *Montañas, Pueblos y Agua. Dimensiones y realidades de la cuenca Grijalva*, San Cristóbal de Las Casas, El Colegio de la Frontera Sur.
- Polanco, Florencio. 2019. Entrevista realizada por Jose Pablo Sandoval Rivera el 29 de junio de 2019 durante un recorrido en el Delta Palizada. Comunicación Personal.
- Pstuty, Norbert P. 1967. *The Geomorphology of Beach Ridges in Tabasco*, Mexico, Louisiana State University Press.
- Ramos Reyes, Rodimiro y Palomeque De La Cruz, Miguel Ángel. 2019. "La gran inundación del 2007 en Villahermosa, Tabasco, México: antecedentes y avances en materia de control", en *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39, Madrid, España, pp. 387-413.

- Restrepo, Juan, Kettner, Albert J. y Syvitski, James. 2015. "Recent deforestation causes rapid increase in river sediment load in the Colombian Andes", en *Anthropocene*, 10, pp. 13-28. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213305415300126> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Rojas G., J. L., Benítez, J., Vera, F. y Zarate D. 1992. "Procesos de azolvamiento en el sistema fluvio-deltaíco del río Palizada y el riesgo de su alteración ecológica" en *Jaina* 2, p. 4. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yglxu0WwD3gJ:investigacion.izt.uam.mx/ocl/CAMPECHE/Terminos1.doc+&cd=5&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Rovirosa, José Narciso. 1897. "Hidrografía del sudeste de México y sus relaciones con los vientos y las llluvias" en J. Priego Martínez (ed.). *Estudios Científicos*, Villahermosa, Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco, pp. 154.
- Rudel, Thomas K., Defries, Ruth, Asner, Gregory y Laurance, William. 2009. "Changing Drivers of Deforestation and New Opportunities for Conservation", en *Conservation Biology*, 23, pp. 1396-1405. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20078640/> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Ruiz Abreu, Carlos Enrique. 2001. *Tabasco en la época de los Borbones: Comercio y Mercados 1777-1811*, Villahermosa, Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Sáenz-Arroyo, Andrea, Roberts, Callum M., Torre, Jorge y Cariño Olvera, Micheline. 2005. "Using fisher's anecdotes, naturalists' observations and grey literature to reassess marine species at risk: the case of the Gulf grouper in the Gulf of California, Mexico", en *Fish and Fisheries*, 6, pp. 121-133. Disponible en: [https://www.cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/cobi06\\_gulf\\_grouper.pdf](https://www.cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/cobi06_gulf_grouper.pdf) (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Sáenz-Arroyo, Andrea, Roberts, Callum M., Torre, Jorge, Cariño Olvera, Micheline y Hawkins, Julie P. 2006. "The value of evidence about past abundance: marine fauna of the Golfo of California through the eyes of 16th to 19 th century travellers", en *Fish and Fisheries*, 7, pp. 128-146. Disponible en: [https://www.cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/2006-c-Past\\_marine\\_fauna\\_of\\_the\\_Gulf\\_of\\_California.pdf](https://www.cobi.org.mx/wp-content/uploads/2012/08/2006-c-Past_marine_fauna_of_the_Gulf_of_California.pdf) (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Salazar Ledesma, Flora. 2008. "De señor a tributario: Historia breve del gran Mazapa", en *Península*, III, Ciudad de México, México, pp. 11-34.
- SGM. 2013. *Monografía Geológico Minera del Estado de Tabasco*. ed. S. d. Economía. Pachuca, Hidalgo, Servicio Geológico Mexicano.
- SGM. 2015. *Monografía Geológico Minera del Estado de Chiapas*. ed. S. d. Economía. Pachuca, Hidalgo, Servicio Geológico Mexicano.
- Soga, Masashi y Gaston, Kevin J. 2018. "Shifting baseline syndrome: causes, consequences, and implications", en *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 16, Nº 4, Washington, D.C., pp. 222-230.
- Syvitski, James. P. M., Kettner, Albert, Overeem, Irina, Hutton, Eric, Hannon, Mark, Brakenridge, Robert, Day, John, Vorosmarty, Charles, Saito, Yoshiki, Giosan, Liviu y Nicholls, Robert. 2009. "Sinking deltas due to human activities", en *Nature Geoscience*, 2, United Kingdom, pp. 681-686.
- Tudela, Fernando. 1989. *La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco*, México, D.F., El Colegio de México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados, Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social.

- Velázquez Villegas, Germán. 1994. *Los recursos hidráulicos del estado de Tabasco*, México, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Vidal Zepeda, Rosalía. 2005. "Región 7. Golfo de México", en Vidal Zepeda, Rosalía (ed.), *Las regiones climáticas de México*, México, Instituto de Geografía, UNAM, pp. 121-134.
- Vidales Albarrán, Humberto. 1960. Estudios realizados en Frontera-CGF.TAB.M20.V5.0490. In *CGF.TAB.M20.V5.0490*, México, Secretaría de Marina. Dirección General de Obras Marítimas. Departamento de Ingeniería y Planeación. Oficina de Medidas de Prototipo. Mapoteca Manuel Orozco y Berra del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Vousdoukas, Michalis, Mentaschi, Lorenzo, Voukouvalas, Evangelos, Verlaan, Martin, Jevrejeva, Svetlana, Jackson, Luke y Feyen, Luc. 2018. "Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard", en *Nature Communications*, 9:2360, pp. 1-10. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41467-018-04692-w.pdf> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- West, Robert Cooper, Psuty, Norbert P. y Thom, Bruce G. 1987. *Las Tierras bajas de Tabasco en el sureste de México*, Villahermosa, Tabasco, Gobierno del estado de Tabasco.
- Williams, Paula, Alessa, Lilian, Abatzoglou, John T., Kliskey, Andrew, Witmer, Frank, Lee, Olivia, Trammell, Jamie, Beaujean, Grace y Venema, Rieken. 2018. "Community-based observing networks and systems in the Arctic: Human perceptions of environmental change and instrument-derived data", en *Regional Environmental Change*, 18, pp. 547-559. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320184432\\_Community-based\\_observing\\_networks\\_and\\_systems\\_in\\_the\\_Arctic\\_Human\\_perceptions\\_of\\_environmental\\_change\\_and\\_instrument-derived\\_data](https://www.researchgate.net/publication/320184432_Community-based_observing_networks_and_systems_in_the_Arctic_Human_perceptions_of_environmental_change_and_instrument-derived_data) (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Wolters, Michel y Kuenzer, Claudia. 2015. "Vulnerability assessments of coastal river deltas-categorization and review", en *J Coast Conserv*, 19, pp. 345-368. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11852-015-0396-6> (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Yáñez Arancibia, Alejandro, Day, John y Currie Alder, Bruce. 2009. "Functioning of the Grijalva-Usumacinta River Delta, Mexico: Challenges for Coastal Management", en *Ocean Yearbook*, 23, pp. 473-501. Disponible en: [https://brill.com/view/journals/ocyo/23/1/article-p473\\_19.xml?language=en&ebody=previewpdf-49929](https://brill.com/view/journals/ocyo/23/1/article-p473_19.xml?language=en&ebody=previewpdf-49929) (Consultado el 14 de junio del 2022).
- Zamacona, J. Renato. 1935. Estado de Tabasco-CGF.TAB.M20.V3.0286. In *CGF-TAB-M20-V3-0286*, ed. Tabasco, México, Mapoteca Manuel Orozco y Berra del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.