

# **UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## **TESIS**

### **DINAMICA ESPACIO TEMPORAL DE LAS BOCABARRAS DE TONALA, CHIAPAS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA  
Y MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTA:  
**MIGUEL ANGEL CASTRO HERNANDEZ**

DIRECTOR:  
**MC. JOSE REYES DIAZ GALLEGOS**

**LABORATORIO DE GEOINFORMACION Y ANALISIS GEOESPACIAL  
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS – CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS**





Lugar: Tonalá, Chiapas  
Fecha: 24 de marzo de 2025

C. Miguel Ángel Castro Hernández

Pasante del Programa Educativo de:

Licenciatura en Biología marina y Manejo integral de cuencas

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

**Dinámica espacio temporal de las bocanarras de Tonalá, Chiapas**

En la modalidad de

**Tesis**

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Mtro. Ignacio Díaz Galdámez

Ing. Víctor Manuel Guillén Rodríguez

Mtro. José Reyes Díaz Gallegos

**Firmas:**



## INDICE

| Num. | Tema                                                                         | Pag. |
|------|------------------------------------------------------------------------------|------|
|      | INDICE                                                                       |      |
|      | INDICE DE CUADROS                                                            |      |
|      | INDICE DE FIGURAS                                                            |      |
|      | RESUMEN                                                                      | 6    |
| I    | INTRODUCCION                                                                 | 7    |
| II   | MARCO TEORICO                                                                | 10   |
|      | 2.1 Recursos Costeros                                                        | 10   |
|      | 2.2 Bocana o Bocabarra                                                       | 11   |
|      | 2.3 Funcionalidad y estructura de ríos                                       | 11   |
|      | 2.4 Problemática de ríos y bocabarras                                        | 11   |
| III  | ANTECEDENTES                                                                 | 12   |
| IV   | HIPOTESIS                                                                    | 15   |
| V    | OBJETIVOS                                                                    | 15   |
|      | 5.1 Objetivo General                                                         | 15   |
|      | 5.2 Objetivos Específicos                                                    | 15   |
| VI   | AREA DE ESTUDIO                                                              | 16   |
|      | 6.1 Descripción y ubicación del área de estudio                              | 16   |
| VII  | METODO                                                                       | 18   |
|      | 7.1 Mapas de las Bocabarras                                                  | 18   |
|      | 7.2 Análisis de los Cambios espacio temporales de las bocabarras             | 20   |
| VIII | RESULTADOS                                                                   | 21   |
|      | 8.1 Mapas de distribución de las Bocabarras                                  | 21   |
|      | 8.2 Bocabarra de Paredón                                                     | 21   |
|      | 8.3 Bocabarra de Boca del Cielo                                              | 37   |
|      | 8.4 Procesos de Transformación de la Bocabarra de Paredón                    | 55   |
|      | 8.5 Estadísticas de la dinámica de cambios de la Bocabarra de Paredón        | 69   |
|      | 8.6 Procesos de transformación de la Bocabarra de Boca del cielo             | 70   |
|      | 8.7 Estadísticas de la dinámica de cambios de la Bocabarra de Boca del Cielo | 86   |
| IX   | DISCUSION                                                                    | 87   |
| X    | CONCLUSIONES                                                                 | 91   |
| XI   | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS                                                   | 92   |

## INDICE DE CUADROS

| <b>Cuadro</b> | <b>Titulo</b>                                                                                                        | <b>Pag.</b> |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Cuadro 1      | Datos estadísticos que describen el comportamiento de 2004 a 2023 de la bocabarra de Paredón, Tonalá, Chiapas.       | 69          |
| Cuadro 2      | Datos estadísticos que describen el comportamiento de 2004 a 2023 de la bocabarra de Boca del Cielo, Tonalá, Chiapas | 86          |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b> | <b>Título</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>Pag.</b> |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1      | Localización geográfica de las bocabarras de Paredón y Boca de Cielo, Tonalá Chiapas                                                                                                                                               | 17          |
| Figura 2      | Proceso de Digitalización de los polígonos de las bocabarras con imagen de satélite de 2021 disponibles en Google Earth                                                                                                            | 19          |
| Figura 3      | Proceso de digitalización de los polígonos de las fechas anteriores de las bocabarras, sobreponiendo una copia del polígono ya elaborado, sobre imágenes de satélite anteriores usando el método interdependiente en retrospectiva | 20          |
| Figura 4      | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2004                                                                                                                                                                     | 22          |
| Figura 5      | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2007                                                                                                                                                                     | 24          |
| Figura 6      | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2011                                                                                                                                                                     | 26          |
| Figura 7      | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2012                                                                                                                                                                     | 28          |
| Figura 8      | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2013                                                                                                                                                                     | 30          |
| Figura 9      | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2019                                                                                                                                                                     | 32          |
| Figura 10     | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2021                                                                                                                                                                     | 34          |
| Figura 11     | Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2023                                                                                                                                                                     | 36          |
| Figura 12     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2004                                                                                                                                                              | 38          |
| Figura 13     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2011                                                                                                                                                              | 40          |
| Figura 14     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2015                                                                                                                                                              | 42          |
| Figura 15     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2017                                                                                                                                                              | 44          |
| Figura 16     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2018                                                                                                                                                              | 46          |
| Figura 17     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2019                                                                                                                                                              | 48          |
| Figura 18     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2021                                                                                                                                                              | 50          |
| Figura 19     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2022                                                                                                                                                              | 52          |

| <b>Figura</b> | <b>Titulo</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>Pag.</b> |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 20     | Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2023                                                                                                                                              | 54          |
| Figura 21     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón en el periodo 2004-2007                                                                                                                              | 56          |
| Figura 22     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón en el periodo 2007-2011                                                                                                                              | 58          |
| Figura 23     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón en el periodo 2011-2012                                                                                                                              | 60          |
| Figura 24     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón en el periodo 2012-2013                                                                                                                              | 62          |
| Figura 25     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón en el periodo 2013-2019                                                                                                                              | 64          |
| Figura 26     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón en el periodo 2019-2021                                                                                                                              | 66          |
| Figura 27     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón en el periodo 2021-2023                                                                                                                              | 68          |
| Figura 28     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2004-2011                                                                                                                       | 71          |
| Figura 29     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2011-2015                                                                                                                       | 73          |
| Figura 30     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2015-2017                                                                                                                       | 75          |
| Figura 31     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2017-2018                                                                                                                       | 77          |
| Figura 32     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2018-2019                                                                                                                       | 79          |
| Figura 33     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2019-2021                                                                                                                       | 81          |
| Figura 34     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2021-2022                                                                                                                       | 83          |
| Figura 35     | Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2022-2023                                                                                                                       | 85          |
| Figura 36     | Fotografía aérea de la bocabarra de Boca del cielo que muestra el elevado proceso de sedimentación y una reducción del canal de entrada de agua del Océano (Fotografía tomada con un Dron en Marzo de 2023).       | 89          |
| Figura 37     | Fotografía aérea de la porción del canal interior de la bocabarra de Boca del cielo que muestra el elevado proceso de sedimentación hacia el interior del estero (Fotografía tomada con un Dron en Marzo de 2023). | 90          |

## RESUMEN

Las Bocabarras tienen gran importancia biológica y ecológica, ya que son la única interconexión entre el océano y el continente y de ahí depende la salud de todos los ecosistemas costeros, como los deltas fluviales, humedales costeros, lagunas, estuarios, manglares, entre otros. Se les consideran unidades territoriales complejas y dinámicas por lo que presentan fragilidad y vulnerabilidad a los oleajes, la sedimentación el mar de fondo y huracanes. Esta investigación tuvo como objetivo conocer la dinámica de las bocabarras de Boca del cielo y Paredón en la costa de Tonalá Chiapas en un periodo de 20 años. Los mapas de las bocabarras del 2004 al 2023, se elaboraron a través de un proceso de interpretación y digitalización visual simultáneo, utilizando imágenes de satélite de fechas históricas de mediana y alta resolución de los últimos 20 años, disponibles en el programa Google Earth Pro y de dominio público. Los mapas se hicieron a través de un sistema de información geográfica con los programas Arc Map 10.1 y Erdas imagine 11. Así mismo se cuantificaron los indicadores para mostrar los cambios en las bocabarras en los distintos periodos de análisis. Los mapas de cambio de la bocabarra de paredón registro cambios importantes a lo largo de los años analizados, principalmente de 2004 a 2007 donde más del 50 % de la barra izquierda se modificó, posteriormente para el periodo 2013 a 2019 el 70% del lado izquierdo también registro un desplazamiento hacia el interior de la laguna, proceso de cambio que se repite para el periodo 2021-2023 pero con menor intensidad. Mientras que la bocabarra de boca del cielo en el periodo 2004 a 2011 presento desplazamientos en ambos lados de la bocabarra, proceso que continuo en el periodo 2011-2015, el único periodo más estable fue 2015-2017, los siguientes periodos de análisis también tuvieron cambios importantes, pero el mayor desplazamiento de esta bocabarra ocurrió en los periodos 2019-2021 y 2022-2023. Estos resultados indican que la bocabarra de boca del cielo tiene una dinámica más acelerada con relación a la bocabarra de Paredón, y de acuerdo con los fotografías de drones del año 2024, se puede considerar que presenta riesgos de que se cierre.

**Palabras Clave:** Bocabarras, dinámica, sistemas de Información Geográfica.

# I. INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras se consideran como una entidad espacial y temporal con características ambientales de fragilidad y vulnerabilidad al estar en comunicación con el mar y los sistemas estuarinos (Andrade, 2008; Cordero, 2011); en esta zona se distribuyen ecosistemas de gran importancia biológica y ecológica, como Las Bocabarras, los deltas fluviales, humedales costeros, playas, dunas, lagunas, estuarios, manglares, arrecifes de coral y barras (Carleton, 1991; Machuca, 2014). Se considera una de las zonas en la que los procesos funcionales, ecológicos, geográficos y aspectos demográficos dependen de la interacción entre la tierra y el Océano (Sorensen y McCreary, 1990).

La riqueza de recursos naturales que poseen las zonas costeras las convierte en áreas muy valiosas (Turner *et al.*, 1998), abarcando tres aspectos funcionales: prestación de servicios ecológicos, prevención de desastres naturales y la utilización humana (Isobel, 1998); ya que ayudan a mitigar inundaciones, controlan la erosión, retienen sedimentos, sustancias tóxicas y nutrientes, almacenan carbono, proveen medios de transporte y recreación. Además de ser una fuente importante de alimento, son verdaderos santuarios naturales para numerosas especies (Ortiz *et al.*, 2010). Por lo tanto tienen importancia socioeconómica debido al flujo de servicios y bienes ecológicos proporcionados al sistema económico de una región (Enrique-Hernández, 2003, Vicente-Castro *et al.*, 2017, Lemée *et al.*, 2019).

México, por su ubicación geográfica, cuenta con dos litorales, uno en el Océano Pacífico y otro en el Golfo de México y Mar Caribe, ambos se extienden a lo largo de más de 11 000 km, con 8 475.1 el primero y 3 117.7 el segundo (Juárez *et al.*, 1995). La región costera forma parte importante del desarrollo social y económico del país, por el potencial de recursos naturales que posee y por el espacio de que se dispone para nuevos asentamientos humanos y su importancia para el turismo (Albuquerque *et al.*, 2013, Padilla y Sotelo, 2000).

Chiapas es un estado que cuenta con 250 kilómetros de costa, que recibe la desembocadura de más de 30 ríos que surgen de la Sierra Madre de Chiapas y la región del Soconusco, desde el municipio de Arriaga hasta Tapachula formando parte de la Región IX Istmo-Costa

Las costas y en específico la línea costera se encuentran en constante transformación debido a la dinámica natural de los océanos como las corrientes marinas, el viento, el oleaje e incluso por las actividades humanas (Mazzer y Dillenburg, 2009; Albuquerque *et al.*, 2013, Muñoz-Pérez, 2019).

La degradación marina y costera es producto de la creciente presión ejercida sobre los recursos naturales terrestres y marinos y sobre el aprovechamiento de los océanos como depósito de desechos. También los cambios inducidos por el ser humano en el flujo natural del sedimento, han surgido como amenaza importante para los hábitats costeros principalmente lagunas costeras y las bocabarras (Brenes 2005). Estas problemáticas inciden en los procesos de transporte y asolvamientos de ríos, lagunas y esteros, afectando de manera particular las bocabarras que posee la zona istmo-costa de Chiapas, esta situación se acelera debido a la política de rectificación de ríos en la costa chiapaneca, causando perturbación ecológica severa en lagunas, estuarios, la línea de costa y bocabarras.

En la zona costera se presentan muchas actividades económicas de relevancia estatal y nacional, como la pesca y la acuicultura, la extracción de minerales, la navegación marítima y el turismo regional, entre otros (INEGI, 2011 y 2013).

En Chiapas se estima que el 25% de la población vive en la franja costera. Sin embargo, el desarrollo acelerado de las actividades económicas ha inducido un crecimiento desordenado en la zona costera, aunado a los dragados de ríos y esteros, así como la construcción de bordos o encierros para la acuicultura y pesca de camarón, están provocando conflictos ambientales y afectando también la línea de costa y bocabarras.

Entender la complejidad y fragilidad de la línea de costa y bocabarras de un país o un estado de manera definitiva, es algo difícil, no obstante se pueden monitorear para conocer sus tendencias y dinámicas recientes.

En forma más explícita la línea costera planteada en este trabajo comprende la franja entre la influencia de la marea más alta y el límite de las mareas más bajas (DOF, 1991), comprendidas en el concepto de costa acumulativa de barrera arenosa, mientras que las bocabarras se refiere a las áreas en que desembocan los ríos, lagunas o esteros al océano.

La fisiografía de la costa de Chiapas consta de una línea costera baja arenosa rectilínea que contiene tierra adentro una extensa llanura costera acumulativa, formada por el sistema fluvial de ríos que baja de la vertiente externa de la sierra madre de Chiapas. Estos ríos son represados y controlados estructuralmente por el sistema de barreras arenosas formadas por la faja de la zona intra costera, ocupada por dos sistemas paralelos de barreras constituidos por numerosos cordones arenosos de playas antiguas una interior más antiguo y otro externo más reciente de cordones frontales entre los cuales se establece un arreglo de esteros o canales y cuerpos de agua, que determinan condiciones de inundación que permiten la presencia de humedales con amplias marismas de manglar (Ortiz y Espinosa, 1991; De la Lanza *et al.*, 2013).

Las líneas de costa y bocabarras de Chiapas presentan riesgos y escenarios de vulnerabilidad que pueden darse por desplazamiento horizontal y vertical de la costa de subsidencia, erosión, sedimentación, inundación, emersión por movimientos tectónicos y eustáticos: transgresión (retroceso de la línea de costa) y regresión marina (avance de la línea de costa hacia el mar).

La importancia de las zonas costera del estado es estratégica, desde el punto de vista ambiental y económico como de la seguridad urbana y social. Las costas tienen una alta diversidad de actividades económicas y conflictos por el uso y apropiación de los recursos naturales.

Existe escasa información científica que evalúe el impacto que causan las modificaciones antropogénicas, como la canalización y reubicación de ríos y de cómo estas repercuten en el azolvamiento de los sistemas lagunares tienen un efecto directo sobre las corrientes de agua, de igual manera el azolvamiento modifica la hidrodinámica estuarina, disminuye la profundidad y la dinámica de corrientes (Flores-Verdugo *et al.*, 2007).

El análisis de la dinámica de las bocabarras tiene como premisa conocer la evolución en un periodo determinado de las bocabarras para determinar e identificar sitios prioritarios de mayor dinámica costera a través del cierre y apertura natural de las bocabarras.

Conocer con gran detalle y veracidad los límites de la línea de costa y las bocabarras del estado de Chiapas conlleva a muchos beneficios debido a que esa información sirve de referencia para conocer sus dinámicas para poder usarlo en la toma de decisiones para la conservación y uso sustentable de los ecosistemas costeros y toda la biodiversidad que albergan, lo que repercutirá en una buena planeación y el buen manejo de los recursos que existen alrededor de las bocabarras.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Recursos Costeros

Para efectos de este trabajo los recursos costeros: están comprendidos entre la línea de costa y la zona de influencia de la salinidad en el litoral, hasta un máximo de 10 km tierra arriba. Se entiende como la zona costera las áreas bajo la influencia de mareas y que experimentan un efecto de la salinidad por el viento, intrusión subterránea o durante desastres naturales como huracanes. También áreas como las desembocaduras de los ríos, lagunas costeras, playas, humedales costeros, estuarios, canales de abastecimiento de agua, entre otros.

Los estuarios son sistemas de agua semi-cerrados donde se mezclan las aguas del río con las del mar, y por tanto, presentan amplias variaciones de salinidad. Un estuario es definido de la siguiente manera: “cuerpo de agua semi-cerrado que posee una conexión libre con el mar y que se diluye con el agua dulce del drenaje terrestre.

## 2.2 Bocana o Bocabarra

Bocana o Bocabarra: Paso estrecho del Océano que sirve de comunicación para el flujo e intercambio de recursos costeros marinos con una bahía, río, laguna costera, estero o ría y que determina el régimen intermareal de los ecosistemas costeros circundantes.

## 2.3 Funcionalidad y estructura de ríos

En los últimos 20 años la funcionalidad y estructura de los ríos se ha visto afectada principalmente por actividades humanas como la modificación, deforestación, rectificación y construcción de bordos a lo largo del cauce de cada río. La canalización de los ríos aumenta el aporte de sedimentos a las lagunas costeras. Estos procesos son impactos muy severos que afectan el funcionamiento ecológico y el volumen de agua de los ríos, reflejados en un grave deterioro de las lagunas costeras, al ser éstas la conexión final del río con el mar (Pringle 2001; Ceccon 2003; Sánchez *et al.*, 2006).

## 2.4 Problemática de ríos y bocabarras

En Chiapas después del paso de huracanes como el Mitch en 1998, se empezó a realizar canalizaciones en los ríos, las cuales se incrementaron después del huracán Stan en 2005, a partir de ahí se han rectificado o canalizado muchos de los principales ríos de la costa del estado, lo que está favoreciendo el azolvamiento de las lagunas costeras, rompiendo con la función ecológica e hidrológica, entre las que resaltan la pérdida de hábitat y especies y la reducción de

la filtración y recarga de mantos freáticos, lo que afecta a los humedales costeros y bocabarras (Mitsch y Gosselink 2000).

El acarreo de sedimentos desde la cuenca alta generado por los cambios de usos de suelo y vegetación, incrementan cambios importantes en las lagunas costeras, por ejemplo: el aumento de la densidad aparente del suelo, alteración de la salinidad, la disponibilidad de oxígeno, nitrato, altas concentraciones de fósforo, el pH y agroquímicos, descargas de aguas residuales, haciendo necesarios los dragados en las lagunas, los cuales modifican las propiedades físicas del suelo causando afectación sobre la abundancia y distribución de especies (Rueda *et al.*, 1997; Werner y Zedler 2002; Johnston 2003; Koning 2004; Nakamura *et al.*, 2004; Somohano *et al.*, 2009).

A la fecha no existen estudios detallados y con alta confiabilidad que evalúen los procesos de sedimentación que se están llevando a cabo en la zona costera de Chiapas, principalmente en la desembocadura de los ríos, lagunas, esteros y bocabarras.

### III. ANTECEDENTES

A pesar de que los conocimientos en materia de teledetección costera han tenido avances, la escasa compilación de información y documentos en este rubro, enfatiza la necesidad de cubrir con información significativa las áreas en las que falta comprender la dinámica de los recursos costeros, principalmente de las bocabarras y playas. En este contexto, algunos de los ejemplos de información en relación a la materia de las que se tiene conocimiento son: Los Índices de Vulnerabilidad Costera (CVI) que proporcionan una base numérica para clasificar secciones de la costa en términos de su potencial de cambio como resultado de varios factores, como la geomorfología, la geología, el aumento del nivel del mar y el oleaje; El método smartline utiliza a los SIG como herramienta base, para el

manejo y tratamiento de la información a utilizar a la hora de calcular la vulnerabilidad (Serrano Ureña, 2014); Sistemas de análisis de costas digitales-DSAS, que es complemento del software ArcGis (Thieler *et al.*, 2009; Albuquerque., *et al.*, 2013; Zambrano *et al.*, 2022); y la Evaluación de Riesgo de Erosión Costera (CERA, por sus siglas en inglés) (Narra, Coelho, Sancho y Palalane, 2017)

El estudio de la zona costeras es de vital importancia para conocer sus dinámicas regionales, por lo tanto, analizarlo desde el enfoque de la dinámica de bocabarras permite determinar las tendencias de cambios que presentan.

Mundialmente los estudios sobre cambios de Línea de Costa no son comunes (Pardo-Pascual *et al.*, 2008; Merlotto y Bértola, 2009; Espinosa-Montero y Rodríguez-Santalla, 2009; Casal, Sánchez-Carnero y Freire, 2010;), en México y en Chiapas, la generación de esta información resulta pobre, si se considera que Chiapas posee una línea de costa de poco más de 250 km (Ortiz-Pérez y De la Lanza-Espino, 2006; Vicente-castro, 2017).

Con esta investigación, se genera información nueva y relevante sobre la dinámica de las bocabarras de la zona costa de Chiapas, la cual servirá de base para el origen de investigaciones futuras, así como para la implementación de nuevos estudios, estrategias de manejo de zonas costeras, el desarrollo de actividades primarias (pesca, comercio, turismo, etc.).

El Banna y Hereher (2009) realizaron un estudio para la detección de los cambios temporales, para determinar la tasa de erosión y acumulación de sedimentos en la costa norte del Sinaí, Egipto, encontrando que la línea costera ha avanzado al oeste como consecuencia de la construcción de un muelle en la playa. Los análisis sedimentológicos de arena indicaron transporte selectivo de minerales pesados, asociados en respuesta a los patrones de erosión y acreción.

Ibarra y May (2010) realizaron una caracterización en la Subcuenca del Río Zanatenco, Chiapas, donde reportan un alto deterioro de los recursos naturales, disminución de poblaciones de vida silvestre, decremento de la productividad de los ecosistemas, la contaminación de los cuerpos de agua y el azolvamiento de los

mismos, principalmente por erosión hídrica que se observa sobre todo en áreas contiguas a las vías de comunicación.

Carbajal-Evaristo et al. (2015) evaluaron el impacto del azolvamiento de la laguna Cerritos como consecuencia de la canalización del río Cintalapa, Chiapas. Utilizaron imágenes de satélite y datos de batimetría y encontraron que para el 2010 la laguna Cerritos se encontraba azolvada un 60%, en comparación con el año de 1996 donde presentaba un 13% de azolve. Consideraron que la sedimentación drástica que está sufriendo la laguna Cerritos, también está modificando los parámetros y las condiciones ambientales de su entorno, lo que está llevando a la laguna Cerritos a un rápido deterioro y eutrofización del sistema en comparación con otros sistemas, la laguna Cerritos está perdiendo profundidad y volumen de agua de forma acelerada.

En la costa de Chiapas en los últimos años se han hecho obras civiles como la canalización de ríos. Las obras se han realizado sin base a estudios que demuestren su factibilidad y posibles consecuencias, modificando los cauces de ríos, afectando la extensión de la cobertura vegetal, azolvándolos y modificando la dinámica estuarina de los sistemas lagunares donde desembocan los ríos (Tovilla 2005).

## IV. HIPÓTESIS

Las bocabarras de Boca del Cielo y Paredón registran procesos de transformación muy acelerados, los cuales son provocados por la dinámica natural del oleaje del océano y el fuerte asolvamiento de lagunas costeras.

## V. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general:

Evaluar las tendencias de la dinámica espacial y temporal de las bocabarras de Tonalá Chiapas en un periodo de 20 años.

### 5.2 Objetivos específicos:

1. Elaborar la cartografía de la distribución espacio temporal de las Bocabarras de Boca del cielo y Paredón en la costa de Tonalá Chiapas en los últimos 20 años.
2. Elaborar un análisis con mapas y matrices de cambio de la dinámica espacio temporal de las bocabarras de Tonalá Chiapas.

## VI. AREA DE ESTUDIO

### 6.1 Descripción y ubicación del área de estudio

El área de influencia de esta investigación comprende las bocabarras del municipio costero de Tonalá Chiapas. Las cuales corresponden a la Bocabarra de Paredón, la cual se localiza en la cuenca de la Laguna de Mar Muerto entre las coordenadas 16° 00' 11.02" N, 93° 57' 49.49" O y los 15° 58' 49.14" N, 93°55' 25.85" N, y la Bocabarra de Boca del Cielo alimentada principalmente por el canal de San Marcos y localizada en la cuenca del sistema lagunar La Joya Buena Vista y situada entre las coordenadas 15°51'46.43"N y 93°41'35.4"O y 15°51'13.41"N, 93°40'59.79"O (Figura 1). Las cuales se ubican dentro de la Provincia biogeográfica de Chiapas-Nicaragua (Arrivillaga, 2003).

El clima predominante en estas Bocabarras es cálido-subhúmedo con una precipitación anual promedio de 1 441 mm y una temperatura promedio de 28 °C, se definen dos temporadas durante el año, la lluviosa (Mayo-Septiembre) y seca (Noviembre-Abril) (Contreras-Espinosa y Zabalegui-Medina 1991). Ambas son bocabarras arenosas y sedimentarias, tipo III-A (Lankford 1977) fácilmente movibles y con gran influencia por el oleaje del océano.

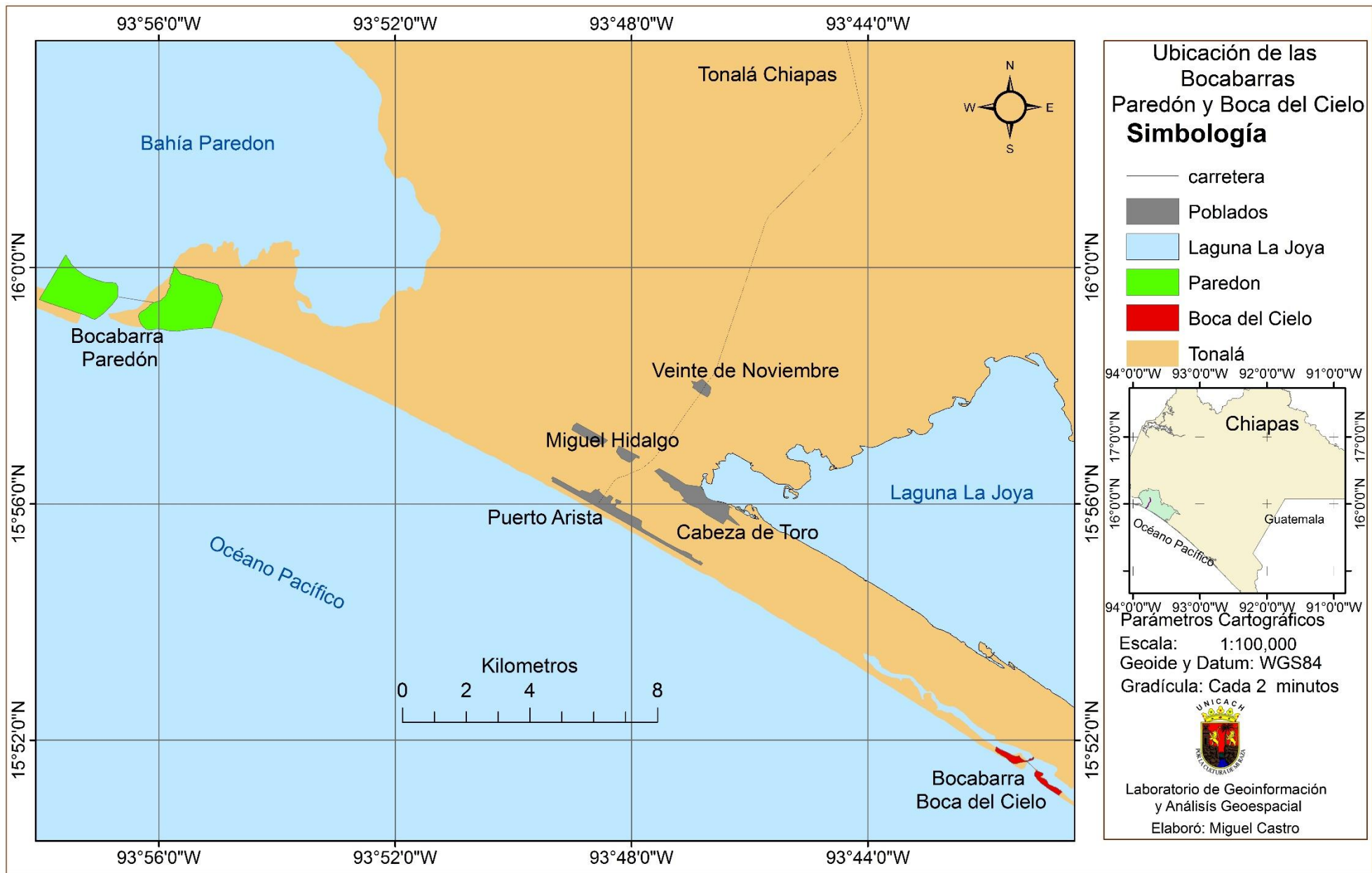


Figura 1. Localización geográfica de las bocabarras de Paredón y Boca de Cielo, Tonalá Chiapas.

## VII. METODO

### 7.1 Mapas de las bocabarras

La determinación de los cambios semi-cuantitativos de las bocabarras se realizó a partir de la comparación de fotografías aéreas e imágenes de satélite multitemporales de alta resolución disponibles en Google Earth Pro principalmente, para lo cual se siguieron varios parámetros que se consideraron los que proporcionan la mejor aproximación para su identificación a partir de los criterios propuestos por Boak y Turner (2005).

Los mapas detallados de las bocabarras de los años 2004 al 2023, se elaboraron a través de un proceso de interpretación y digitalización visual simultáneo, se utilizaron imágenes de satélite de fechas históricas de mediana y alta resolución de los últimos 20 años, disponibles en el programa Google Earth Pro y de dominio público, así como imágenes de satélite rapideye y orto imágenes disponibles en el INEGI. La georreferenciación de las imágenes que se utilizaron se corroboró con las ortoimágenes del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), disponibles en la siguiente página <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/ortoimagenes/>, las cuales se descargaron en formato Bil (Figura 2). Todos los procesos se realizaron en el programa Erdas Imagine 14 y el ArcGIS 10.



Figura 2. Proceso de Digitalización de los polígonos de las bocabarras con imagen de satélite de 2021 disponibles en Google Earth Pro.

Después de elaborar el mapa de las bocabarras de la fecha más reciente, se realizaron copias digitales y se llevó a cabo la sobreposición con las imágenes de satélite de la fecha anterior o posterior según fuera el caso, posteriormente se le aplicó una interpretación visual y digital utilizando el método interdependiente en retrospectiva (Romo y Díaz, 2008), es decir, se procedió a hacer una edición manual de los vectores de cada uno de los mapas, teniendo un periodo de análisis del 2004 al 2023 para la Bocabarra de Paredón y de 2004 a 2022 para la bocabarra de Boca del Cielo (Figura 3).

El método refiere a la comparación de los mapas a manera de retrospectiva, comenzando del 2022, comparando cada año con el anterior, y así sucesivamente hasta llegar al 2004.

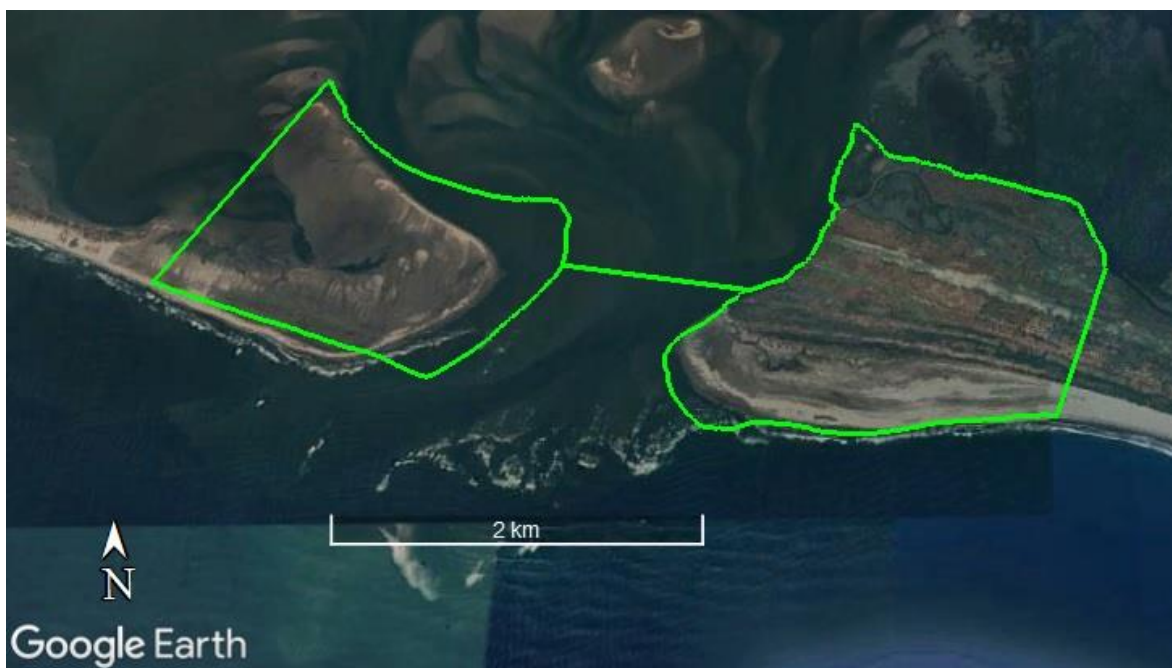


Figura 3. Proceso de digitalización de los polígonos de las fechas anteriores de las bocabarras, sobreponiendo una copia del polígono ya elaborado, sobre imágenes de satélite anteriores usando el método interdependiente en retrospectiva.

## 7.2 Análisis de los cambios espacio temporales de las bocabarras

Los mapas de las bocabarras de las diferentes fechas se analizaron a través de la sobreposición y posterior aplicación de álgebra de mapas utilizando los sistemas de información geográfica principalmente en el programa Arc Map 10, estos procedimientos permitieron generar el análisis espacio temporal a través de mapas de cambios de la línea de costa y bocabarras de Paredón y Boca del Cielo en los últimos 20 años (Díaz *et al.* 2011; Colditz *et al.* 2012). Adicionalmente se llevó a cabo un análisis a través de matrices markovianas de los procesos de cambios en las bocabarras usando los programas Acces y SPSS 15 entre otros (Díaz *et al.* 2015).

## VIII. RESULTADOS

### 8.1 Mapas de distribución de las bocabarras

Se elaboraron los mapas de la distribución espacio temporal de las dos bocabarras de Tonalá, Chiapas para lo cual se integró un sistema de información geográfica para cada bocabarra de forma independiente.

### 8.2 Bocabarra de Paredón

La cartografía de la distribución espacio temporal de la bocabarra de Paredón se analizaron considerando imágenes de satélite detalladas disponibles en Google Earth Pro, considerando los siguientes años 2004, 2007, 2011, 2012, 2013, 2019 y 2021.

El mapa de distribución de la Bocabarra de paredón para el año 2004 se presenta en la Figura 4. En este mapa se muestra claramente que la bocabarra de Paredón es una barra de arenas acumuladas en forma separada y tanto el lado izquierdo de la bocabarra como el derecho, presentan características territoriales similares, además de que la anchura de la bocabarra es mayor a 1 km. Con una ligera erosión de la línea de playa sobre el lado derecho, indicando que ese lado es el que recibe mayor oleaje.

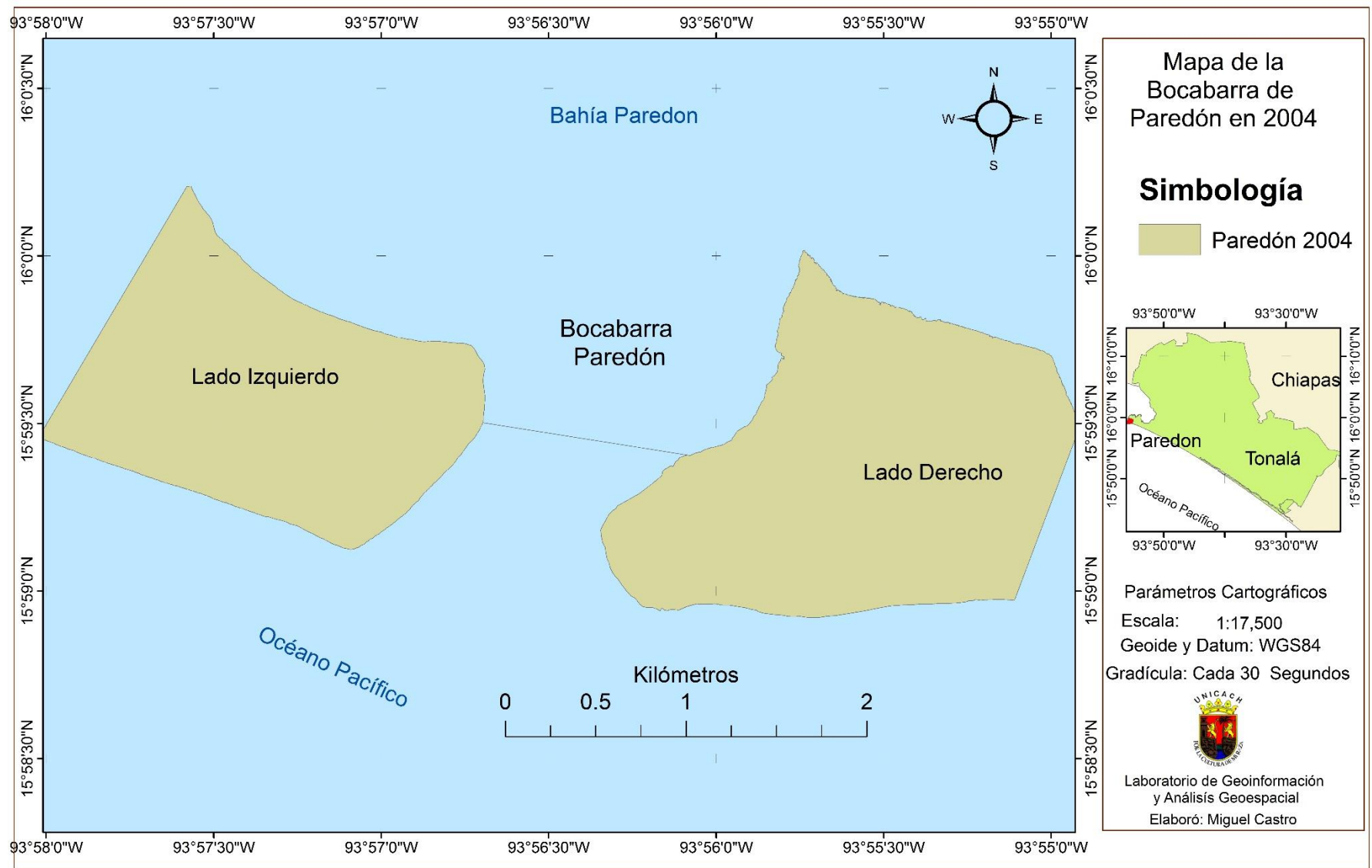


Figura 4. Mapa de distribución de la Bocabarra de Paredón en el año 2004.

El mapa de distribución de la bocabarra de Paredón del año 2007 se muestra en la Figura 5. En este mapa se muestra que la bocabarra de Paredón sigue siendo una barra de arena separada por el canal de entrada pero de forma desigual, ya que el lado izquierdo de la bocabarra presenta características territoriales disminuidas por el lado interior de la Bahía, mientras que el lado derecho de la bocabarra se mantiene casi similar, al igual que la anchura del canal de entrada de la bocabarra el cual se mantiene superior a 1 km.

En general en ambos lados de la bocabarra no se observa ningún movimiento por erosión de la línea de playa causado por el oleaje o al menos no fue observable.

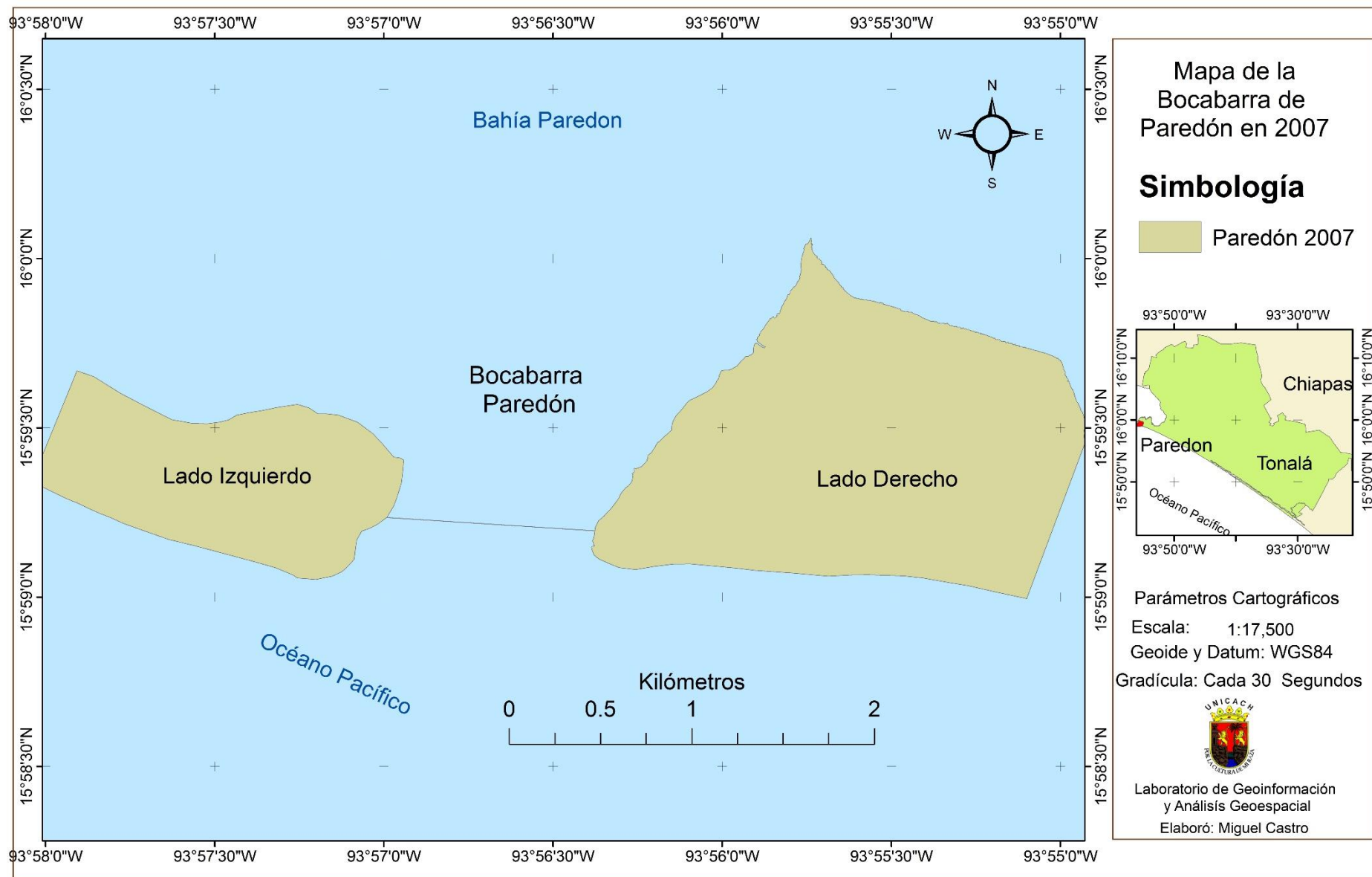


Figura 5. Mapa de distribución de la Bocabarra de Paredón en el año 2007

El mapa de distribución de la bocabarra de Paredón del año 2011 se muestra en la Figura 6. En este mapa se encontró que la bocabarra de Paredón es una barra de arena separada por el canal de entrada pero con tamaño muy desigual en ambos lados, por una parte el interior del lado izquierdo de la bocabarra registro características territoriales muy disminuidas en la porción interior de la Bahía, mientras que el lado derecho de la bocabarra presenta características de afectación severa en el lado de la línea de playa provocado por la erosión del oleaje hasta perder más del 90 % de la playa arenosa.

Así mismo la anchura del canal de entrada de la bocabarra se mantiene superior a 1 km. En este mapa se observa claramente que la bocabarra de paredón registro movimientos de su masa arenosa de forma importante en la parte interna de la bahía y la parte de la línea de costa o playa.

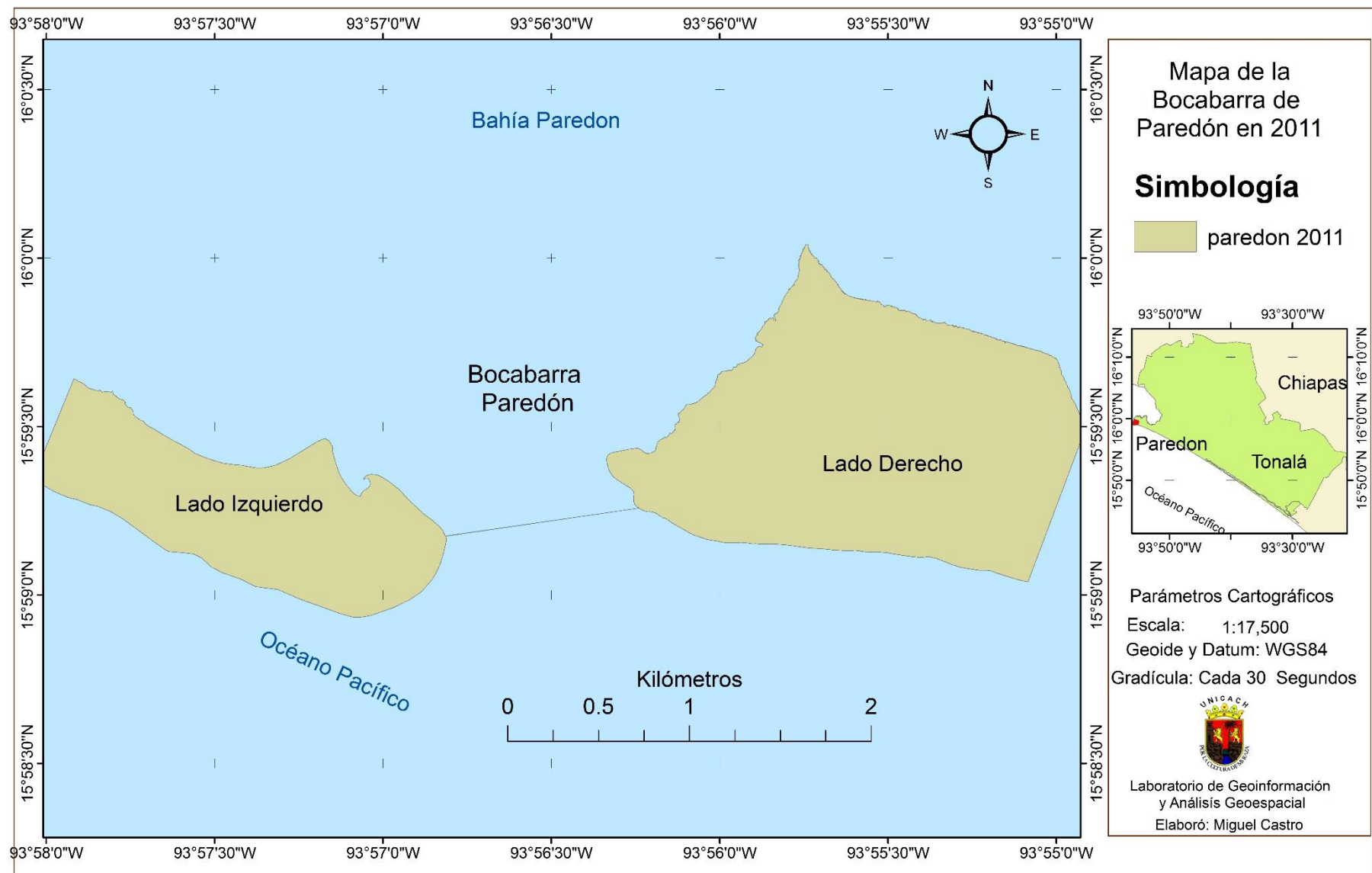


Figura 6. Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2011

El mapa de distribución de la bocabarra de Paredón del año 20012 se muestra en la Figura 7. En este mapa se muestra que la bocabarra de Paredón sigue siendo una barra de arena separada por el canal de entrada pero de forma desigual, ya que ambos lados tanto el izquierdo como el derecho de la bocabarra presenta características territoriales disminuidas, el izquierdo por el lado interior de la Bahía, mientras que el lado derecho se mantiene casi similar aunque también muestra disminución por el lado de la línea de playa. No obstante la anchura del canal de entrada de la bocabarra se sigue manteniendo superior a 1 km.

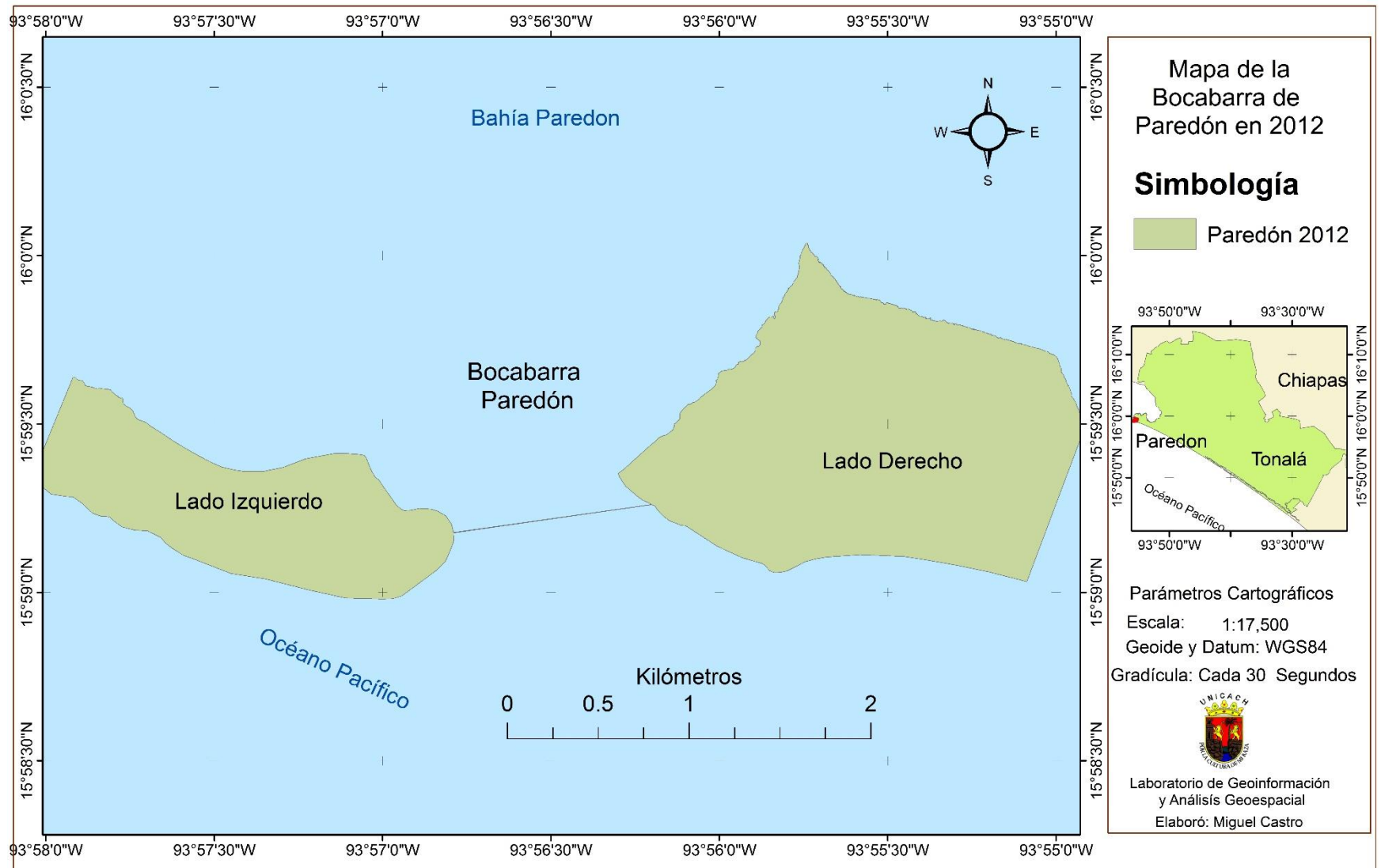


Figura 7. Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón para el año 2012

El mapa de distribución de la bocabarra de Paredón del año 2013 se muestra en la Figura 8. En este mapa se encontró que la bocabarra de Paredón tiende a comportarse con las mismas características territoriales que la fecha d 2012, no obstante se continua acentuando la afectación a ambos lados de la bocabarra, por una parte el interior del lado izquierdo de la bocabarra se aumentó las características territoriales muy disminuidas en la porción interior de la Bahía, mientras que el lado derecho de la bocabarra presenta características de afectación severa en el lado de la línea de playa provocado por la erosión del oleaje hasta casi perder toda a playa arenosa. Así mismo la anchura del canal de entrada de la bocabarra se mantiene superior a 1 km.

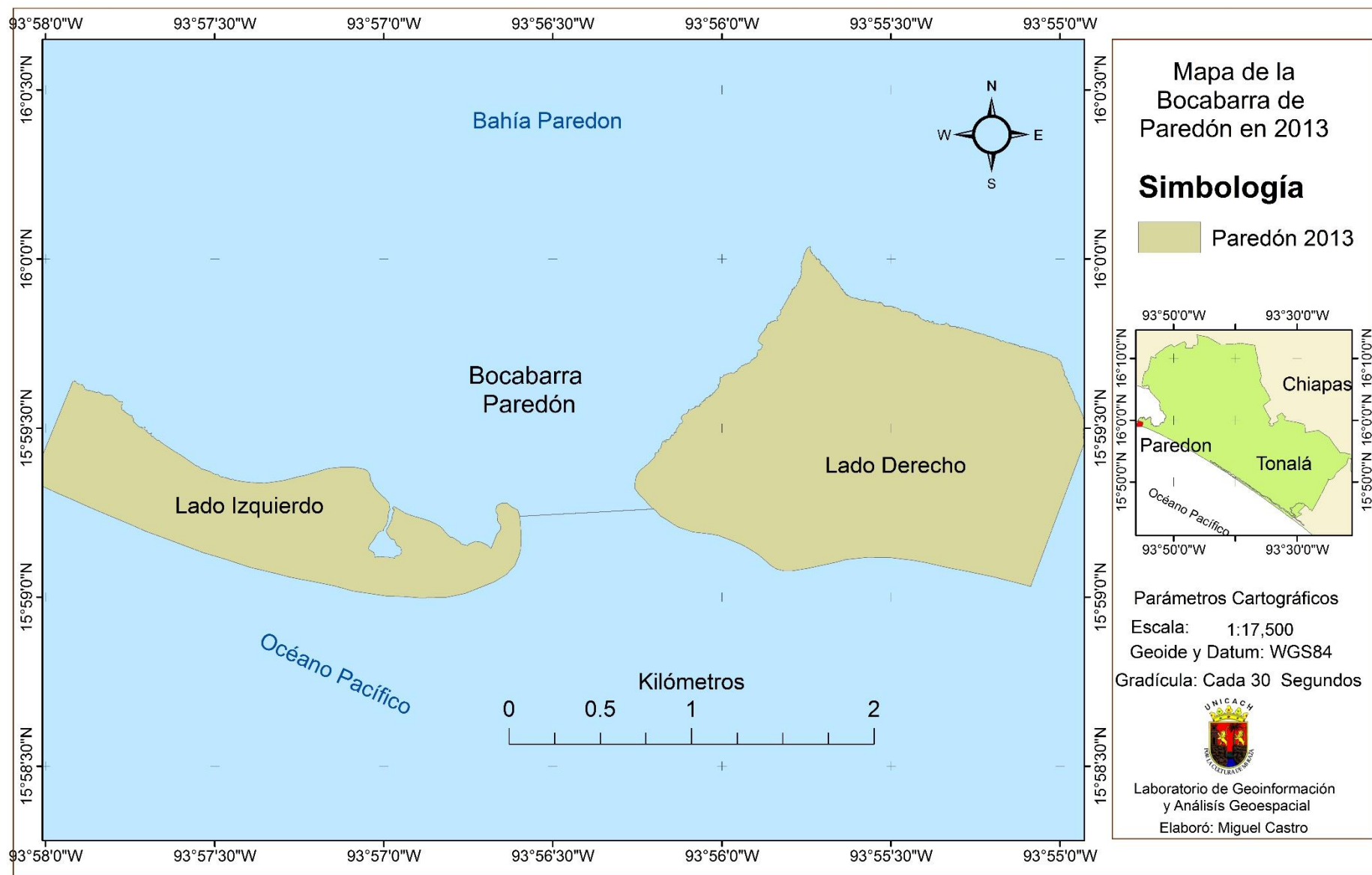


Figura 8. Mapa de Distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2013.

El mapa de distribución de la bocabarra de Paredón del año 2019 se muestra en la Figura 9. En este mapa se encontró que la bocabarra de Paredón tiende a incrementar su barra arenosa con una modificación de su canal de entrada, no obstante se observa un aumento de la masa de arena del lado izquierdo hacia el interior de la bahía y en la porción de la derecha también se aumenta la masa de arena pero en la parte de la línea de playa debido al oleaje. Así mismo la anchura del canal de entrada de la bocabarra se encuentra inferior a 1 km.

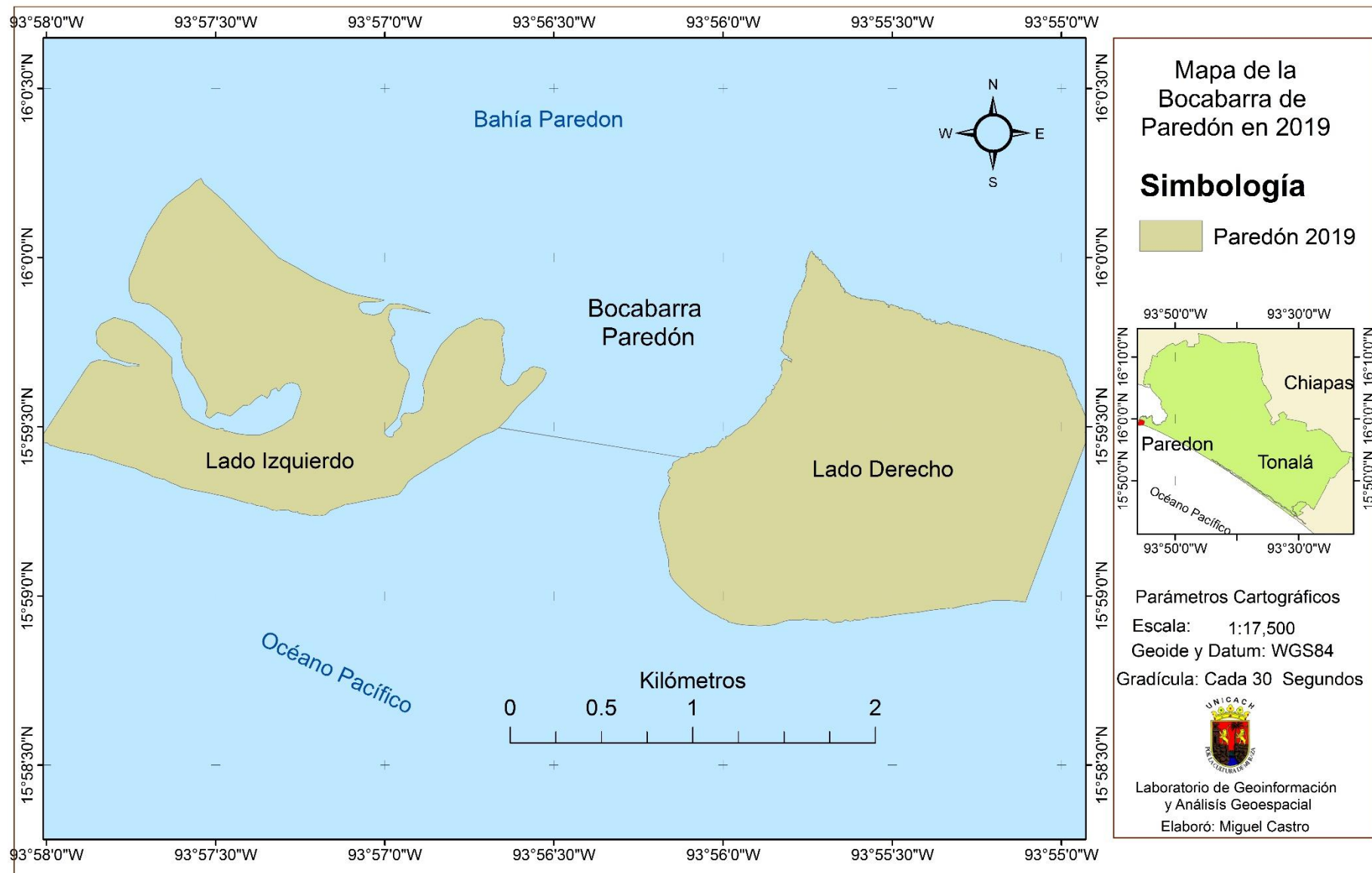


Figura 9. Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2019

El mapa de distribución de la bocabarra de Paredón del año 2021 se muestra en la Figura 10. En este mapa se encontró que la bocabarra de Paredón tiende a incrementar su barra arenosa con una modificación de su canal de entrada, no obstante se observa un aumento de la masa de arena de ambos lados de la bocabarra con un aumento importante de la línea de playa, mostrando recuperación de su playa arenosa. Así mismo la anchura del canal de entrada de la bocabarra se encuentra inferior a 1 km.

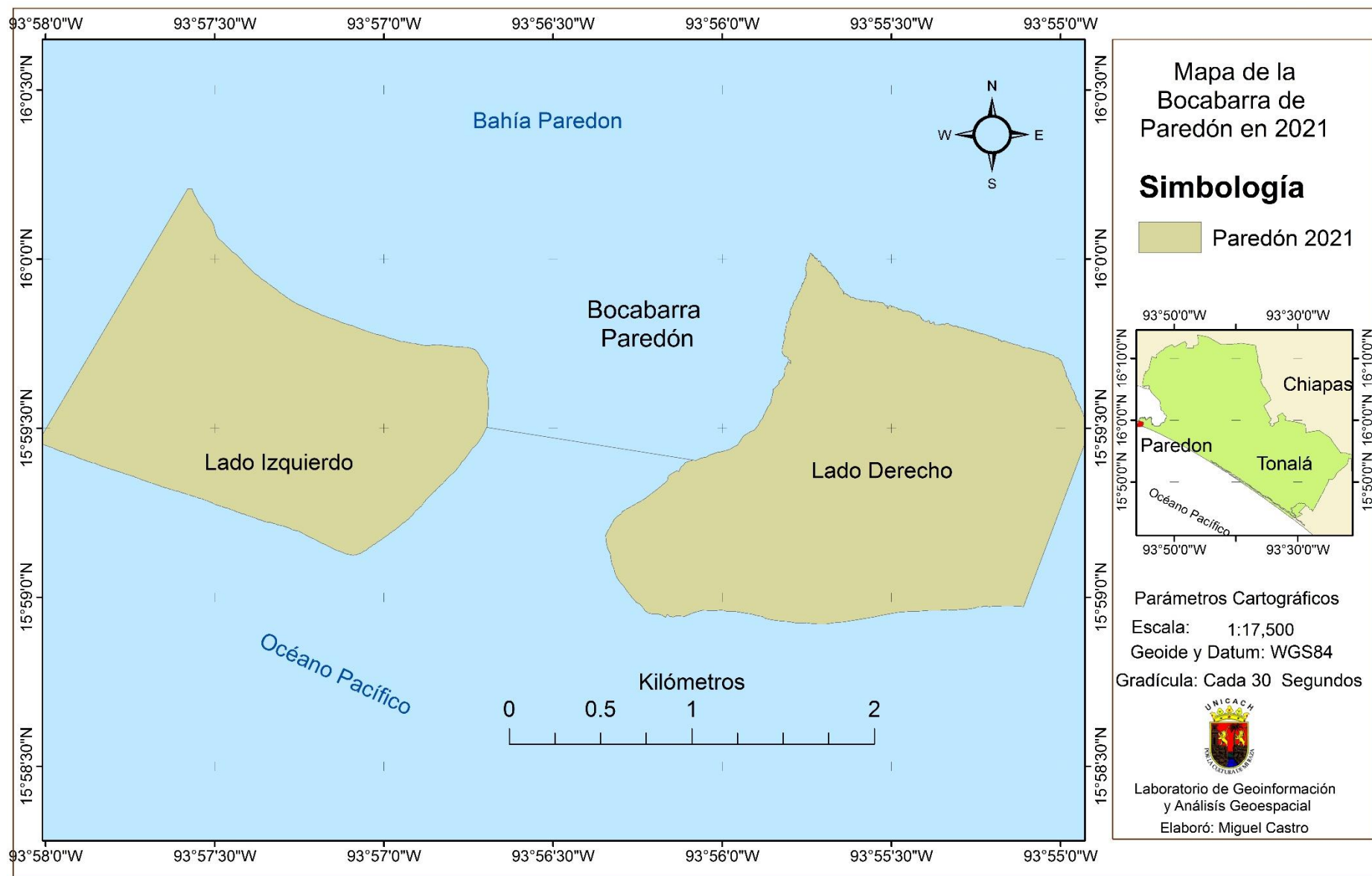


Figura 10. Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2021

El mapa de distribución de la bocabarra de Paredón del año 2023 se muestra en la Figura 11. En este mapa se encontró que la bocabarra de Paredón tiende a disminuir su barra arenosa con una modificación importante de las características de su territorio en el lado izquierdo, sobre todo la parte norte pegado al canal y a la bahía es donde mayor modificación registro. Mientras que el canal derecho solo tuvo un ligero aumento de su masa arenosa hacia la playa arenosa pegado a la entrada del canal. Así mismo la anchura del canal de entrada de la bocabarra se volvió a registrar un aumento de su anchura superior a 1 km.

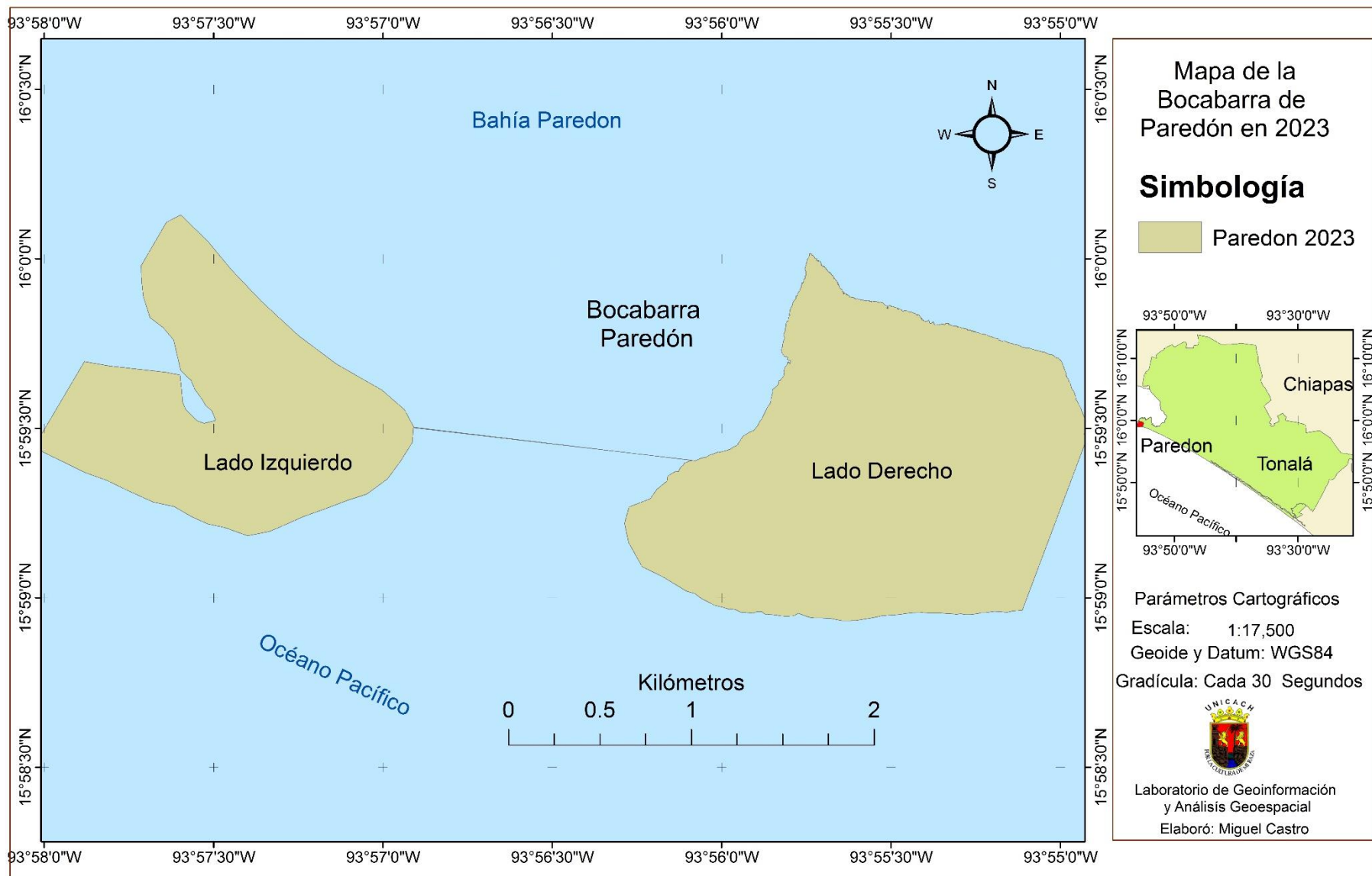


Figura 11. Mapa de distribución de la bocabarra de Paredón en el año 2023

### 8.3 Bocabarra de Boca del Cielo

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2004 se muestra en la Figura 12. En este mapa se muestra que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo tanto el lado izquierdo como para el lado derecho presentan características territoriales alargadas, aunque el lado izquierdo es un poco más amplia.

Así mismo el canal de entrada de agua marina tiene una anchura superior a los 500 metros en la parte de la línea de costa o playa, pero en la parte de la orilla del canal interior se reduce sustancialmente.

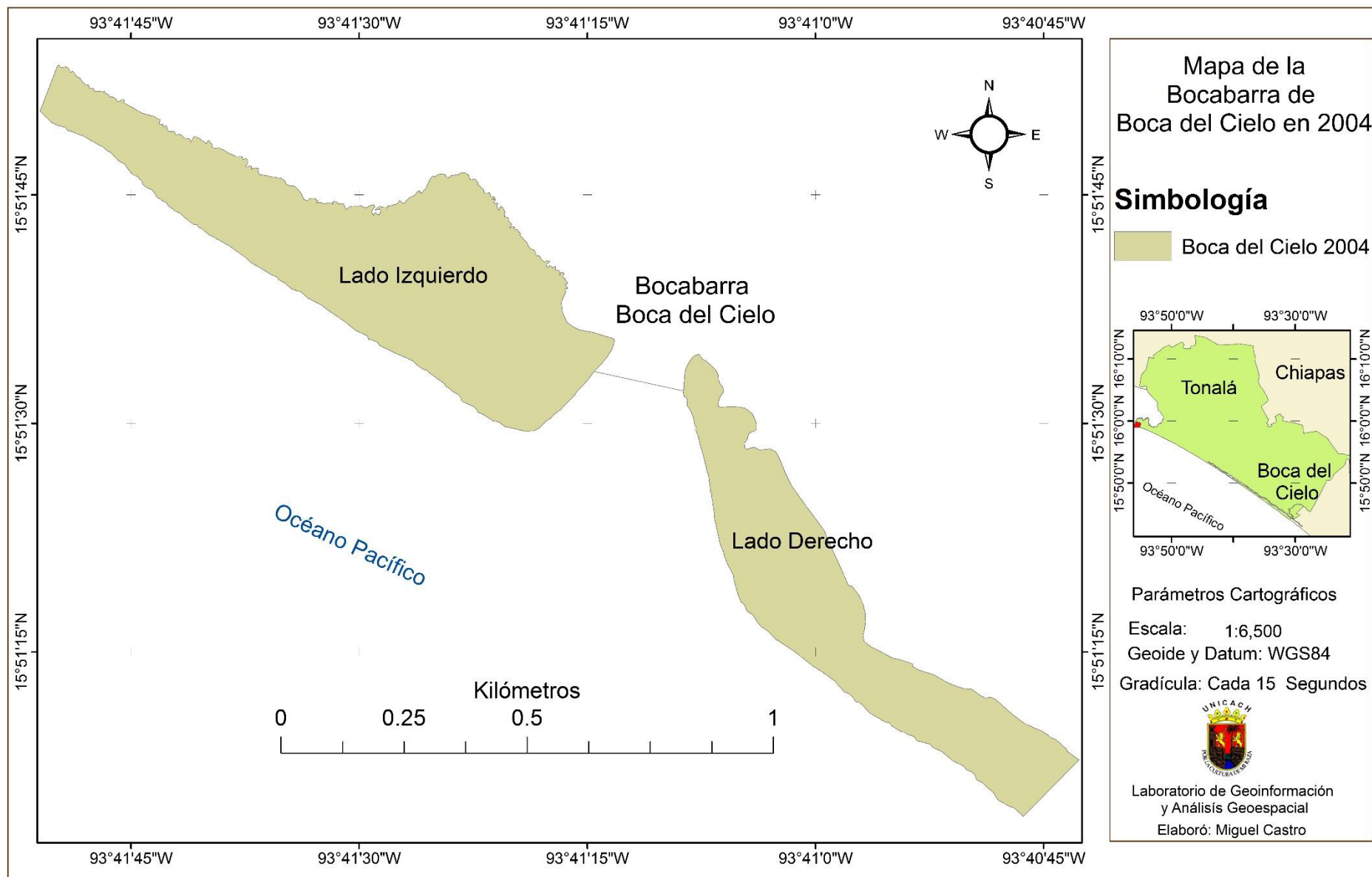


Figura 12. Mapa de Distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2004

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2011 se muestra en la Figura 13. En este mapa se registró que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo tanto el lado izquierdo como para el lado derecho continúan teniendo características territoriales de forma alargada, sin embargo tanto el lado izquierdo como el derecho registraron un considerable aumento principalmente hacia la orilla del canal interior es decir tiende a ser más estrecho, mientras que la línea de playa o costa, no mostro un aumento importante en ambos lados, pero se observa que el canal de entrada de agua marina continua siendo superior a los 600 metros en la línea de costa.



El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2015 se muestra en la Figura 14. En este mapa se registró que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo tanto el lado izquierdo como el lado derecho siguen presentando características territoriales de forma alongada con una importante tendencia a aumentar su tamaño de forma similar, tanto por la parte del canal interior como por el lado de la línea de costa o playa. Así mismo, se observa claramente que el canal de entrada de agua marina continua reduciéndose de forma importante con un largo inferior a los 200 metros.

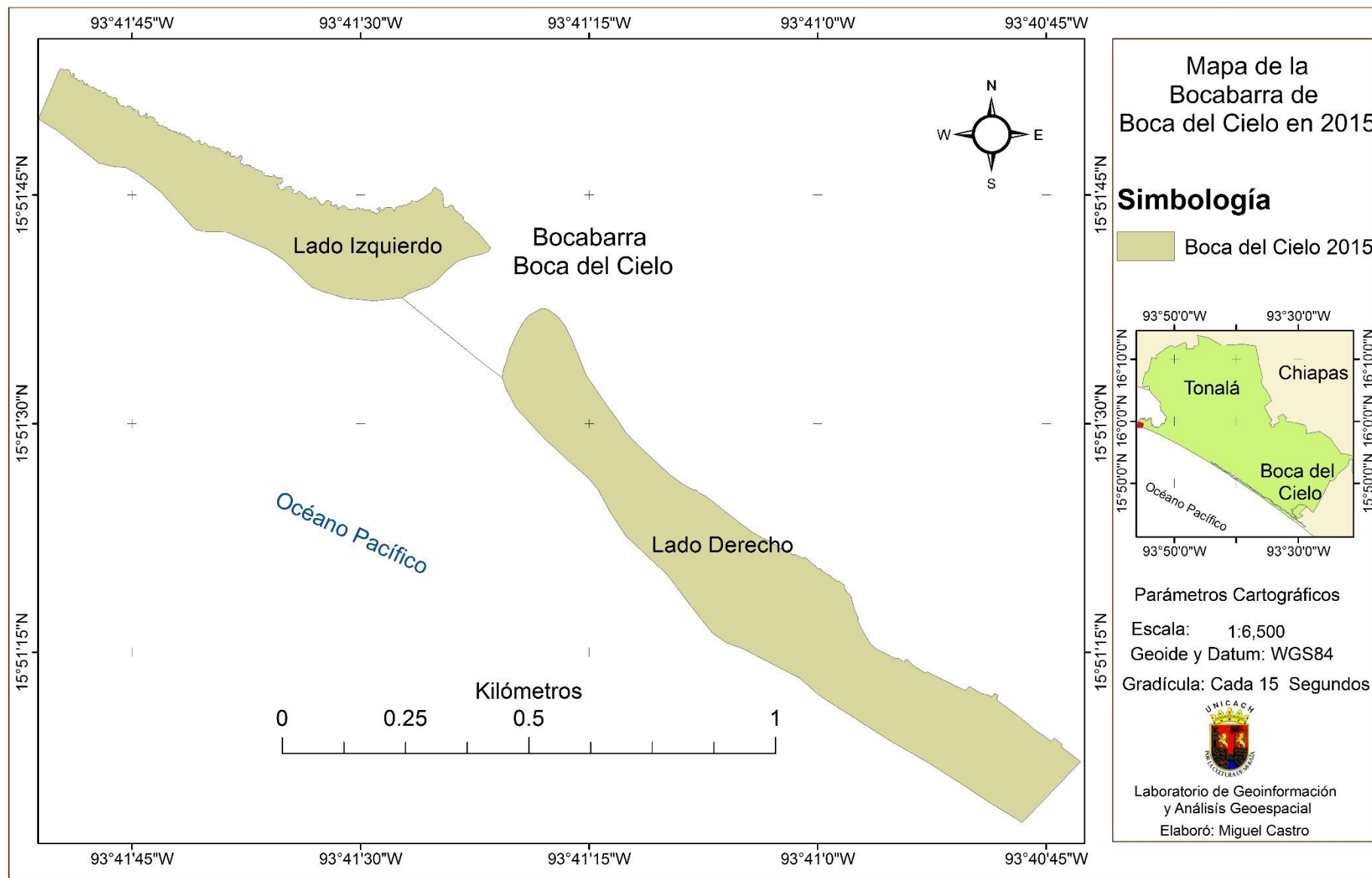


Figura 14. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2015

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2017 se muestra en la Figura 15. En este mapa se observa claramente que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo, tanto el lado izquierdo como el lado derecho muestran características territoriales de forma alargada con una importante tendencia a aumentar su tamaño tanto en largo como en ancho. Este incremento se registró tanto hacia el interior del canal como en la parte de la línea de playa, por otro lado el canal de entrada de agua marina continua registrando un largo inferior a los 200 metros.

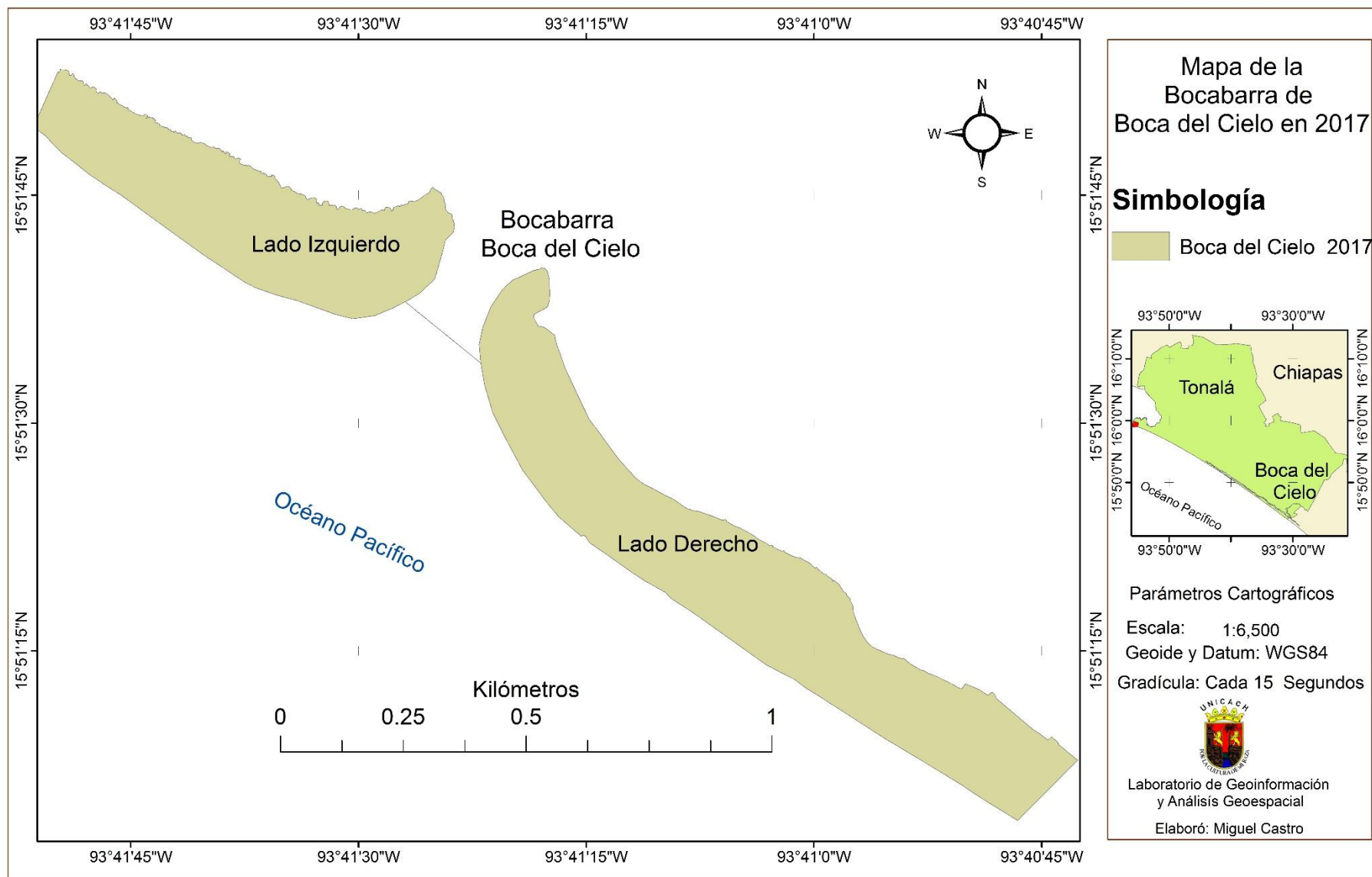


Figura 15. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2017

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2018 se muestra en la Figura 16. En este mapa se observa que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo presenta características territoriales de forma alongada con una importante tendencia a disminuir su tamaño de forma similar, tanto por la parte del canal interior como por el lado de la línea de costa o playa. Así también, se registró claramente que el canal de entrada de agua marina tiene una amplitud mucho mayor y en ambos lados tanto en el canal interior como hacia la línea de costa, con un largo superior a los 400 metros.

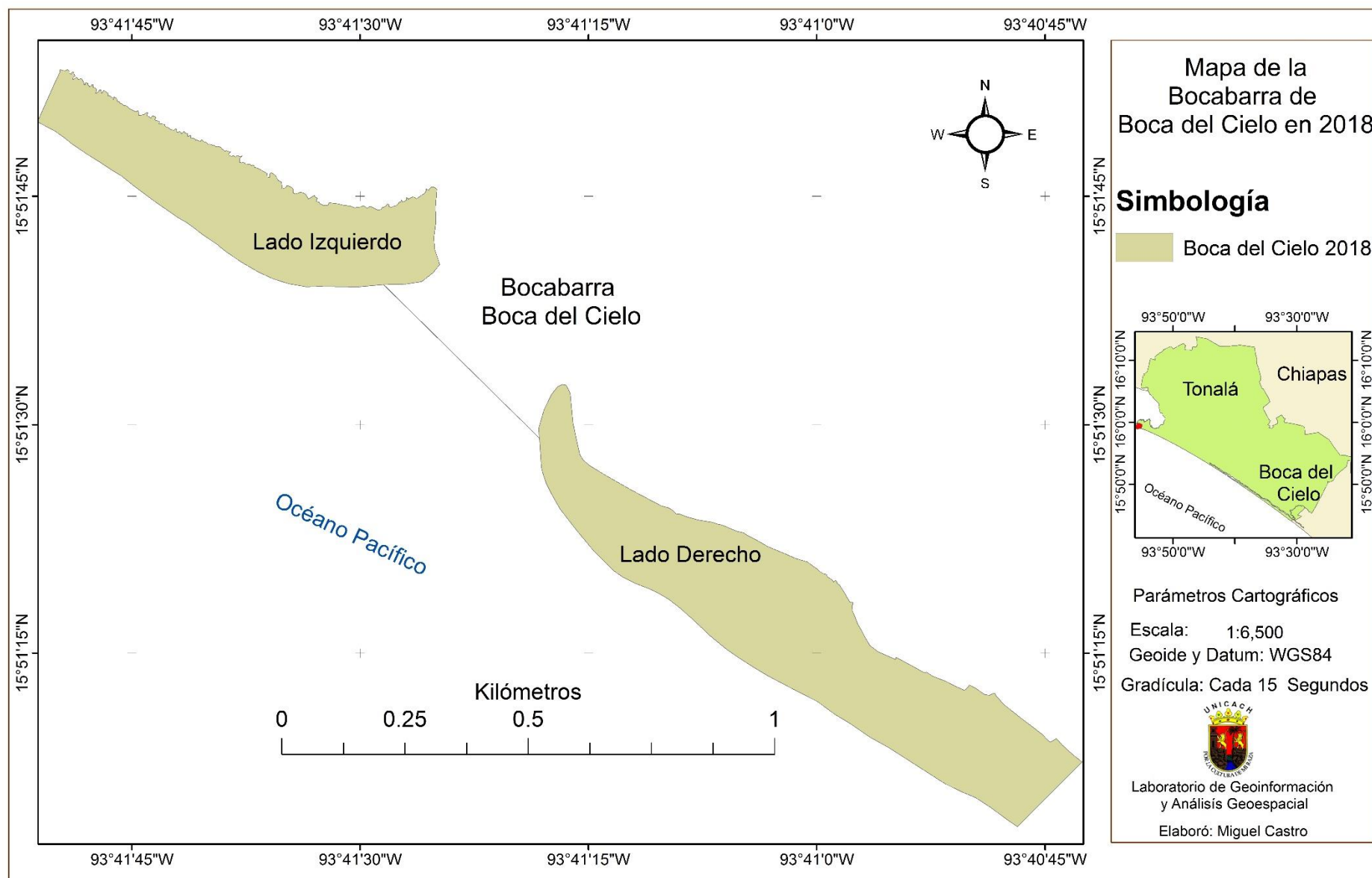


Figura 16. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2018

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2019 se muestra en la Figura 17. En este mapa se logra observar que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo tanto el lado izquierdo como el lado derecho muestran un aumento de su tamaño con características territoriales de forma alargada, tanto por la parte del canal interior como por el lado de la línea de costa o playa. En este mapa está muy claro que el lado izquierdo y el derecho de la bocabarra mostraron un aumento alargado hacia el canal interior. Así mismo, se observa claramente que el canal de entrada de agua marina se redujo de forma importante con largo inferior a los 300 metros.

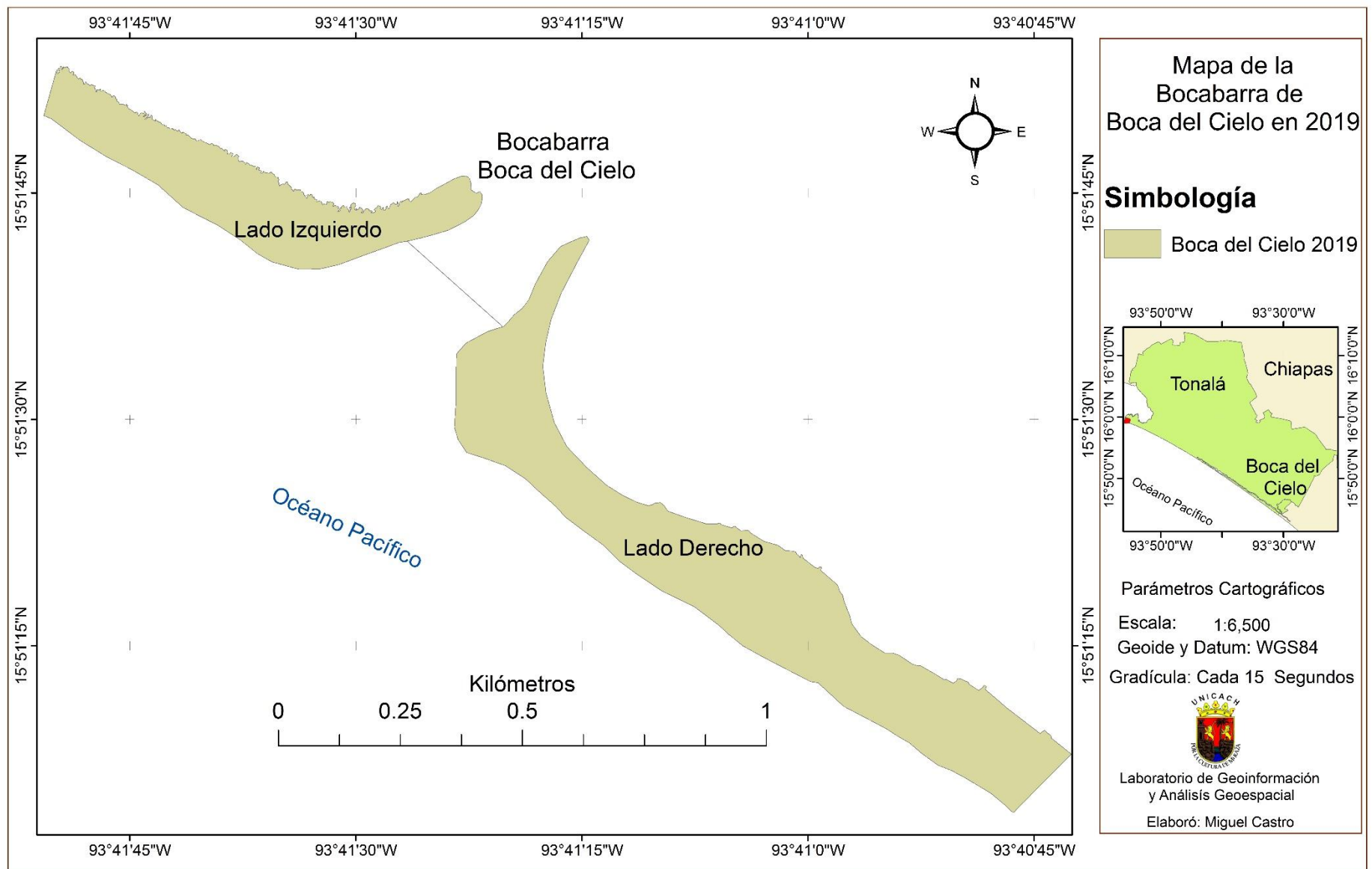


Figura 17. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2018

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2021 se muestra en la Figura 18. En este mapa se observa que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo presenta características territoriales de forma alargada con una importante tendencia a aumentar su anchura en el lado izquierdo, mientras que el lado derecho muestra una reducción considerable de su forma alargada, no obstante ambos lados muestran reducción de la barra hacia el canal interior. Así también, se registró claramente que el canal de entrada de agua marina tiene una amplitud mucho mayor, tanto en el canal interior como hacia la línea de costa, con un largo superior a los 600 metros.

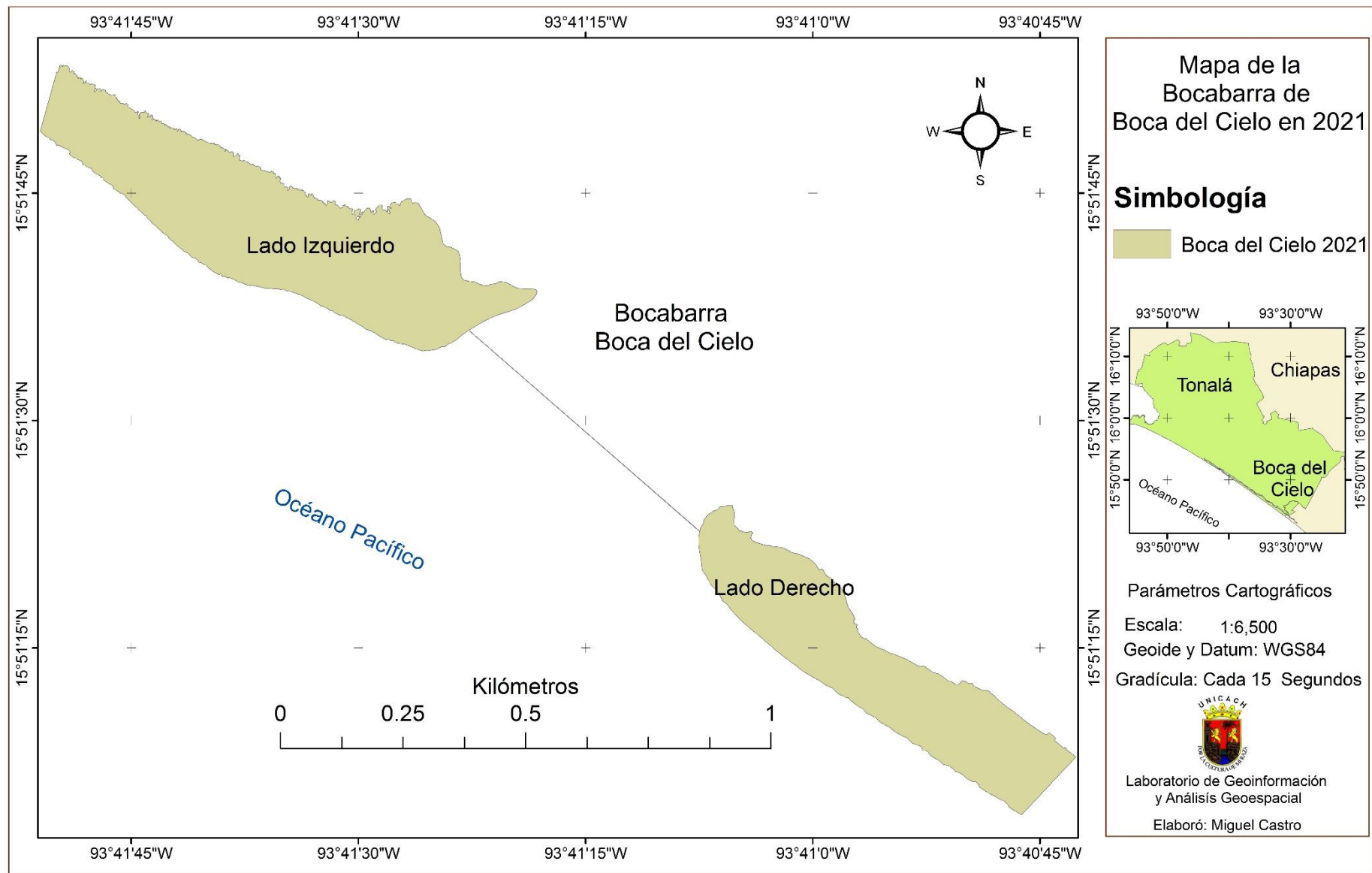


Figura 18. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2022

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2022 se muestra en la Figura 19. En este mapa se observa que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo presenta características territoriales de forma alargada, no obstante el lado izquierdo muestra un alargamiento mayor hacia el canal interior. Así también, se registró claramente que el canal de entrada de agua marina tiene una tendencia a disminuir hacia el lado del canal interior, mientras que en la línea de costa sigue siendo teniendo un tamaño superior a los 500 metros.

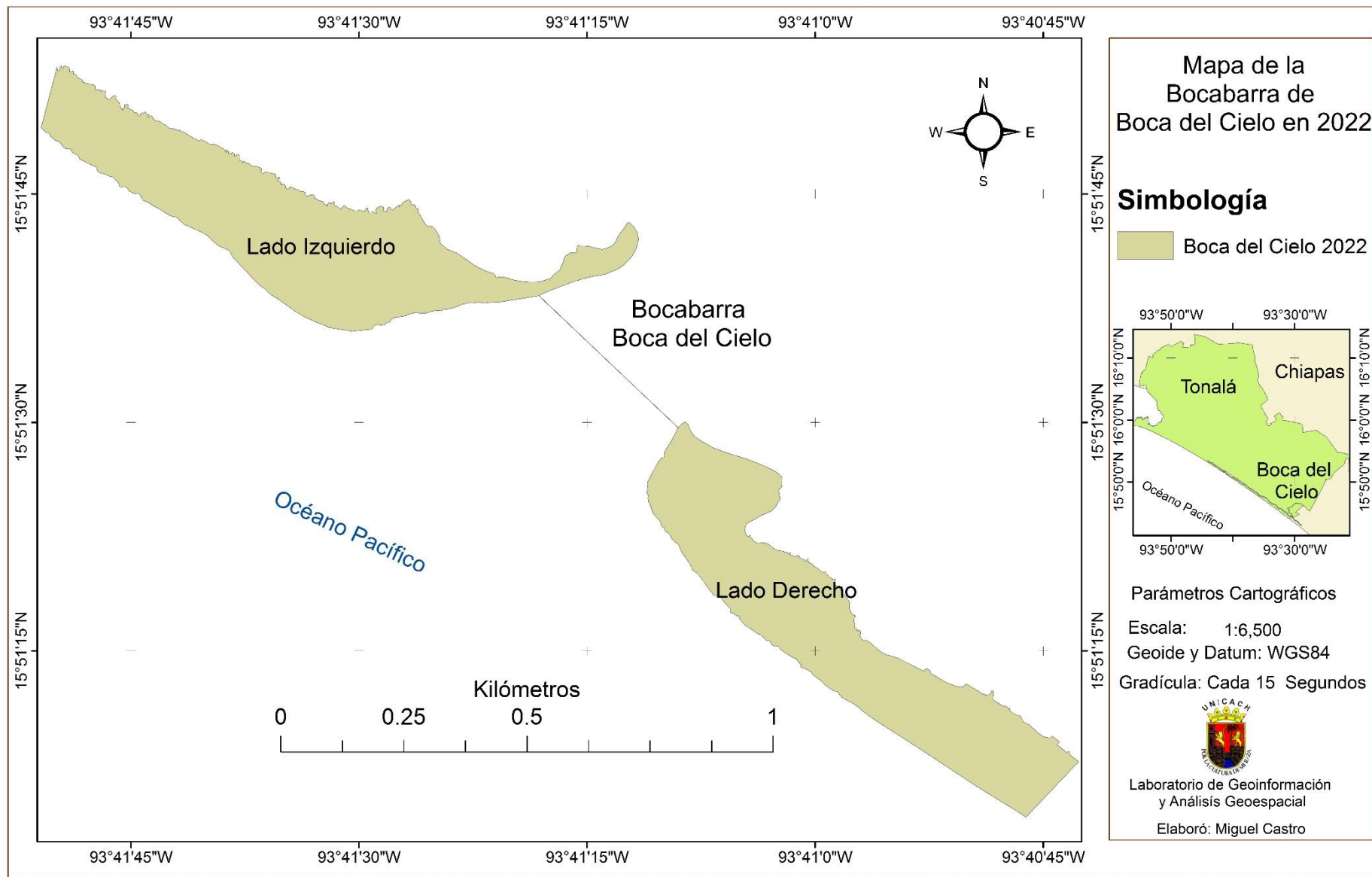


Figura 19. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2022

El mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo del año 2023 se muestra en la Figura 20. En este mapa se observa que la barra arenosa de la bocabarra de Boca del Cielo tiene características territoriales de forma alongada con una importante tendencia a aumentar su anchura en el lado izquierdo de forma considerable, mientras que el lado derecho se mantiene estable su forma alongada, no obstante ambos lados muestran un aumento de la barra hacia el canal interior. Lo que hace también que el canal de entrada se observe reducido de forma importante tanto en el lado derecho como el izquierdo y por lo tanto se registró claramente que el canal de entrada de agua marina tiene una amplitud mucho menor hacia el canal interior, no obstante en la parte de la línea de costa el canal siga siendo muy ancho.

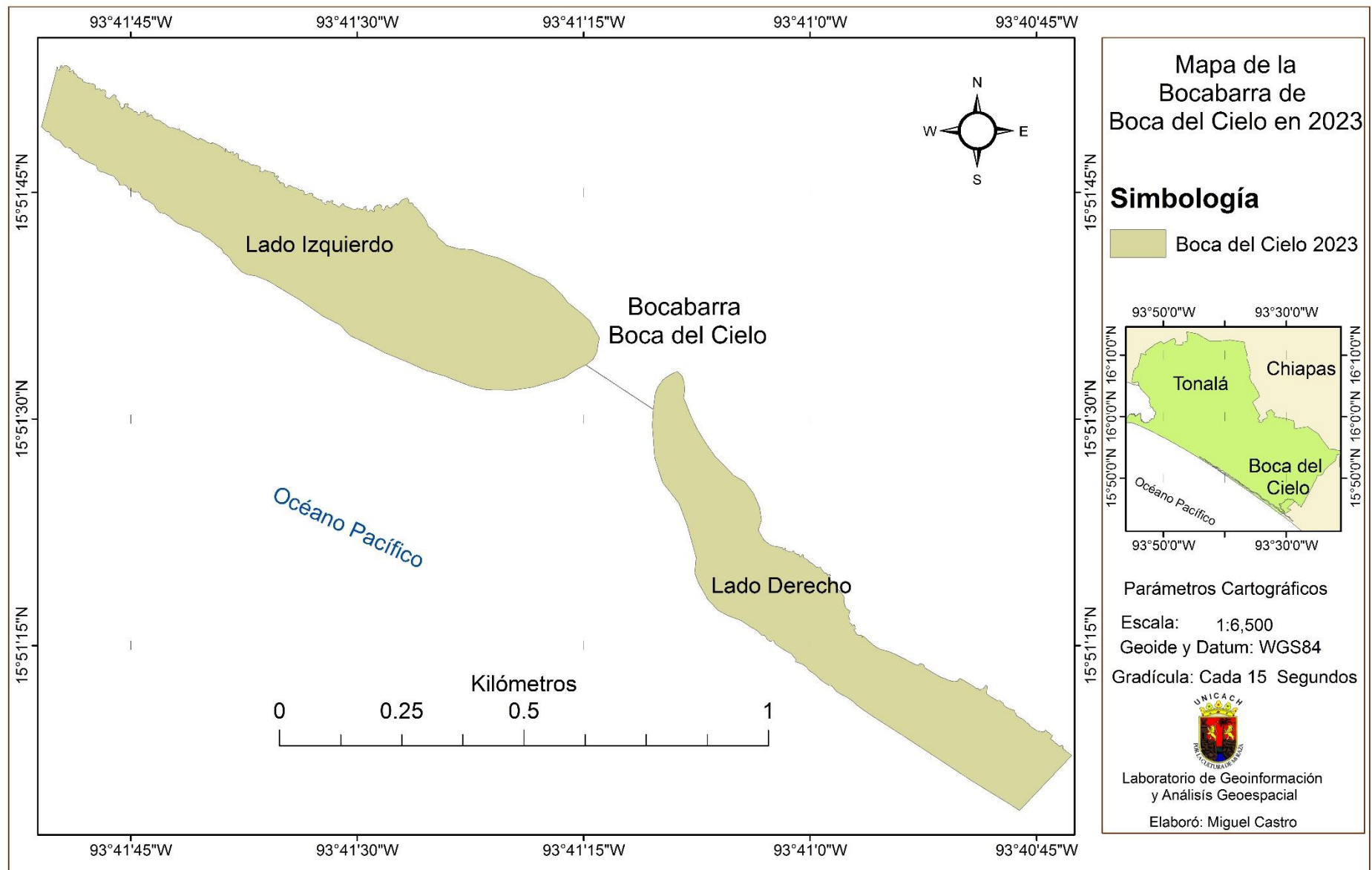


Figura 20. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el año 2023

## 8.4 Procesos de transformación de la Bocabarra de Paredón

El mapa de dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Paredón en el periodo de 2004 – 2007 se muestra en la Figura 21. En este periodo de análisis cartográfico se registraron cambios importantes en la bocabarra de paredón, ya que perdió una superficie de barra arenosa mayor de 40 hectáreas, sin embargo es notable que el lado izquierdo es la que más cambios tuvo, debido a que registró un incremento de la barra hacia la orilla de la playa, lo que deja ver un desplazamiento considerable hacia el océano de esta barra, pero perdió una superficie aproximada del 50% hacia la orilla del interior de la bahía.

Por otra parte el lado derecho de la barra muestra un comportamiento contrario al lado izquierdo, ya que perdió una porción de su superficie a nivel de la línea de costa o playa, al mismo tiempo presentó un ligero incremento o desplazamiento hacia el canal de entrada de agua marina.

Cabe destacar que el canal de entrada de agua marina, registró cambios importantes ya que el ancho promedio pasó de 1,188.5 m a 1,274.5 m, siendo el lado izquierdo la parte donde se dio mayormente este aumento del canal.

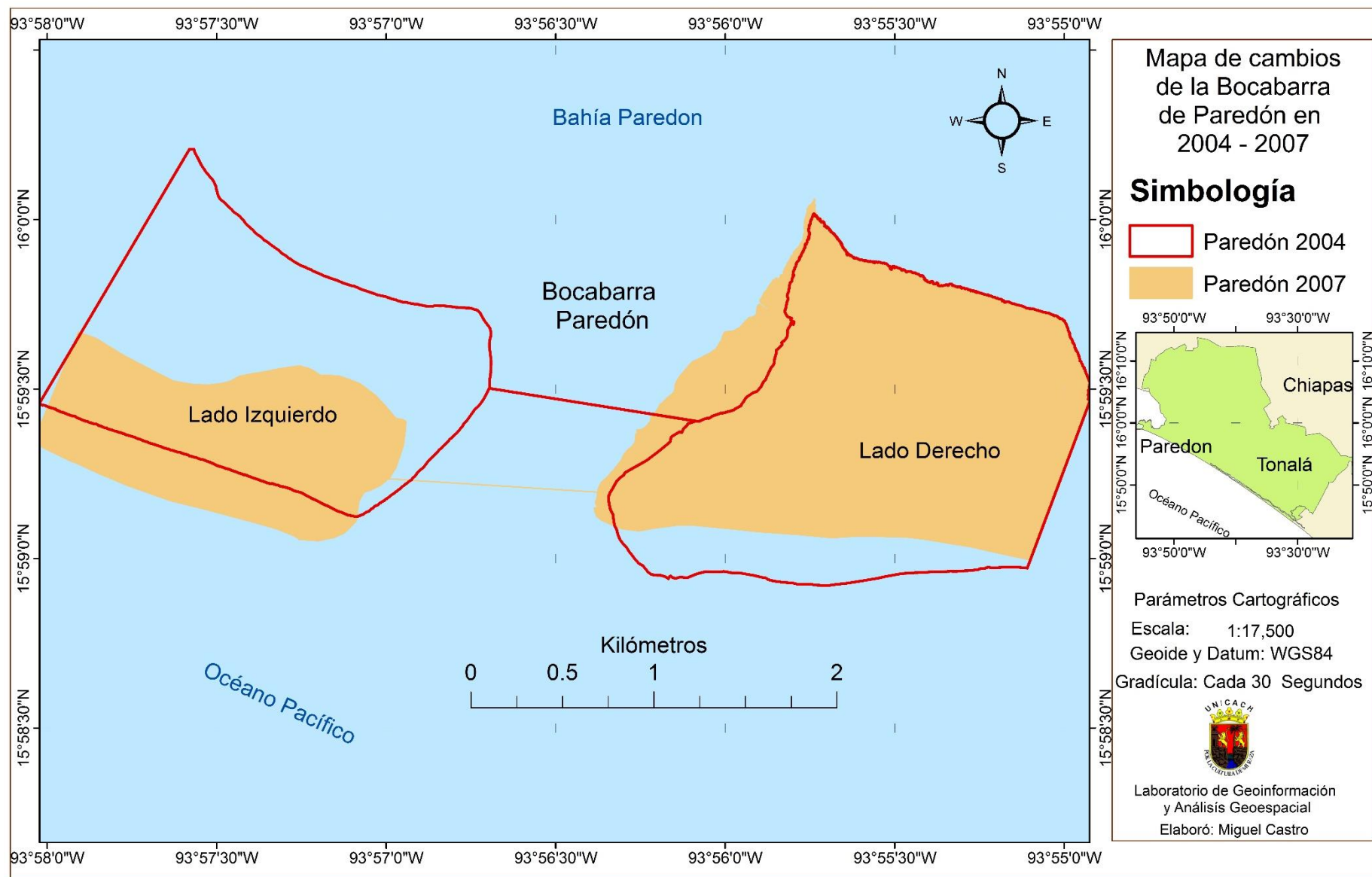


Figura 21. Mapa de cambios en la distribución de la bocabarra de Paredón para el periodo 2004 - 2007

El mapa de dinámica de los cambios en la distribución de la Bocabarra de Paredón en el periodo de 2007 – 2011 se muestra en la Figura 22. Durante este periodo de análisis cartográfico se registraron cambios considerables en la bocabarra de paredón, ya que perdió una superficie de la barra arenosa de 33.6 hectáreas. Sin embargo el lado izquierdo registro ganancias hacia la línea de costa y el canal de entrada de agua marina, pero perdió superficie hacia el interior de la bahía. Mientras que el lado derecho de la bocabarra presento una reducción importante pegado hacia la línea de costa o playa.

Por otro lado el canal de entrada de agua marina registró cambios muy importantes, ya que su anchura promedio se redujo 146 m pasando de 1274.5 en el año 2007 a 1128.5 m en 2011.

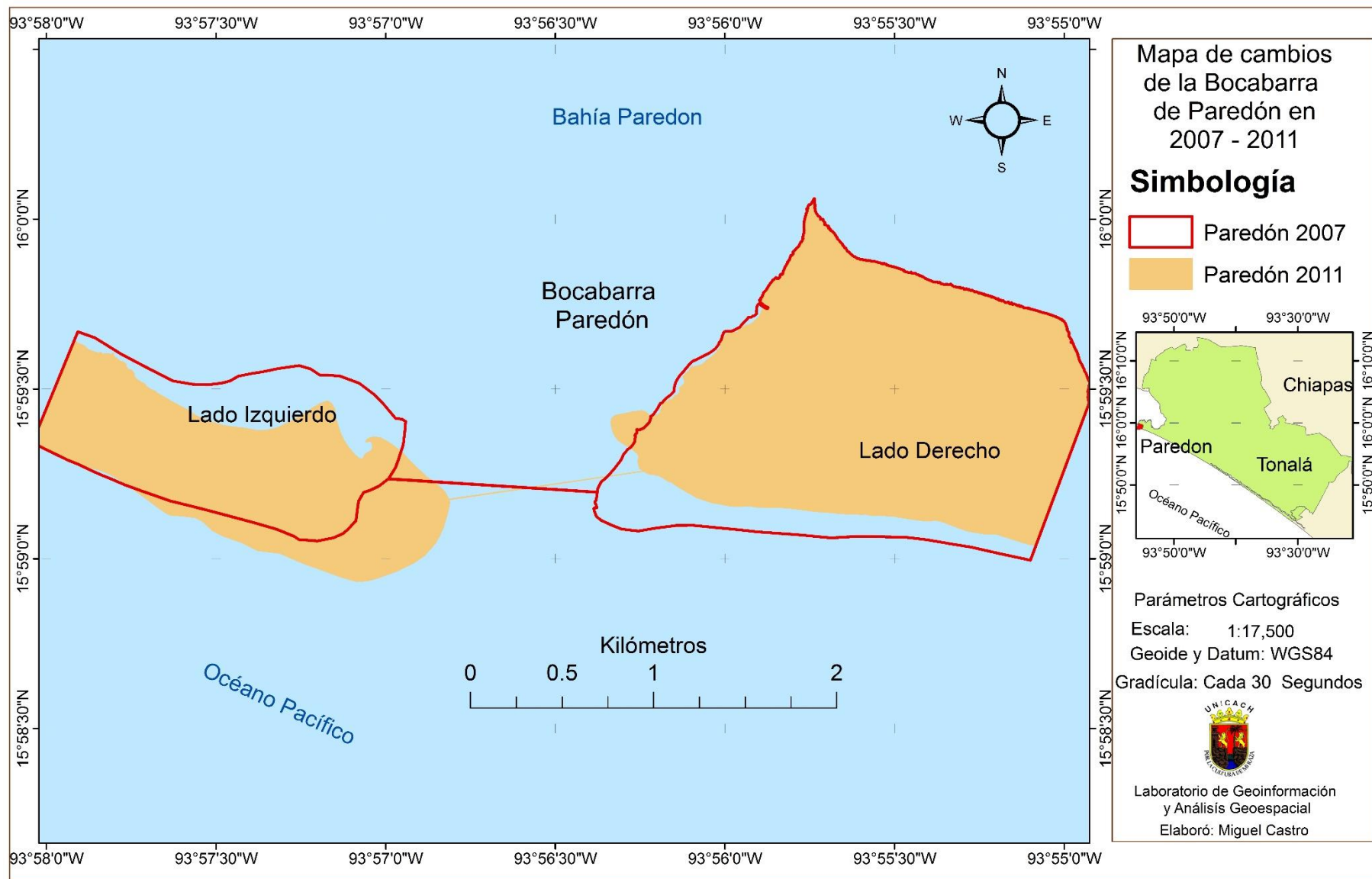


Figura 22. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Paredón en el periodo 2007- 2011

El mapa de dinámica de los cambios en la distribución de la Bocabarra de Paredón en el periodo de 2011 – 2012 se muestra en la Figura 23. Este mapa de cambios muestra que en general la bocabarra de Paredón no mostro cambios importantes en ambos lados del canal de entrada de agua marina. No obstante los cambios ligeros que se registraron fue del lado izquierdo hacia la parte del interior de la bahía, mientras que hacia la línea de costa, se observa claramente que el lado izquierdo gano territorio y el lado derecho perdió superficie de la barra casi similar a la que gano el lado izquierdo.

En este periodo la bocabarra incremento 1.6 hectáreas. Así mismo se registró que el canal de entrada de agua marina sufrió cambios importantes hacia la línea de contacto con el océano aumentando su anchura máxima de 1,454 a 1,811m, mientras que hacia la bahía permaneció igual.

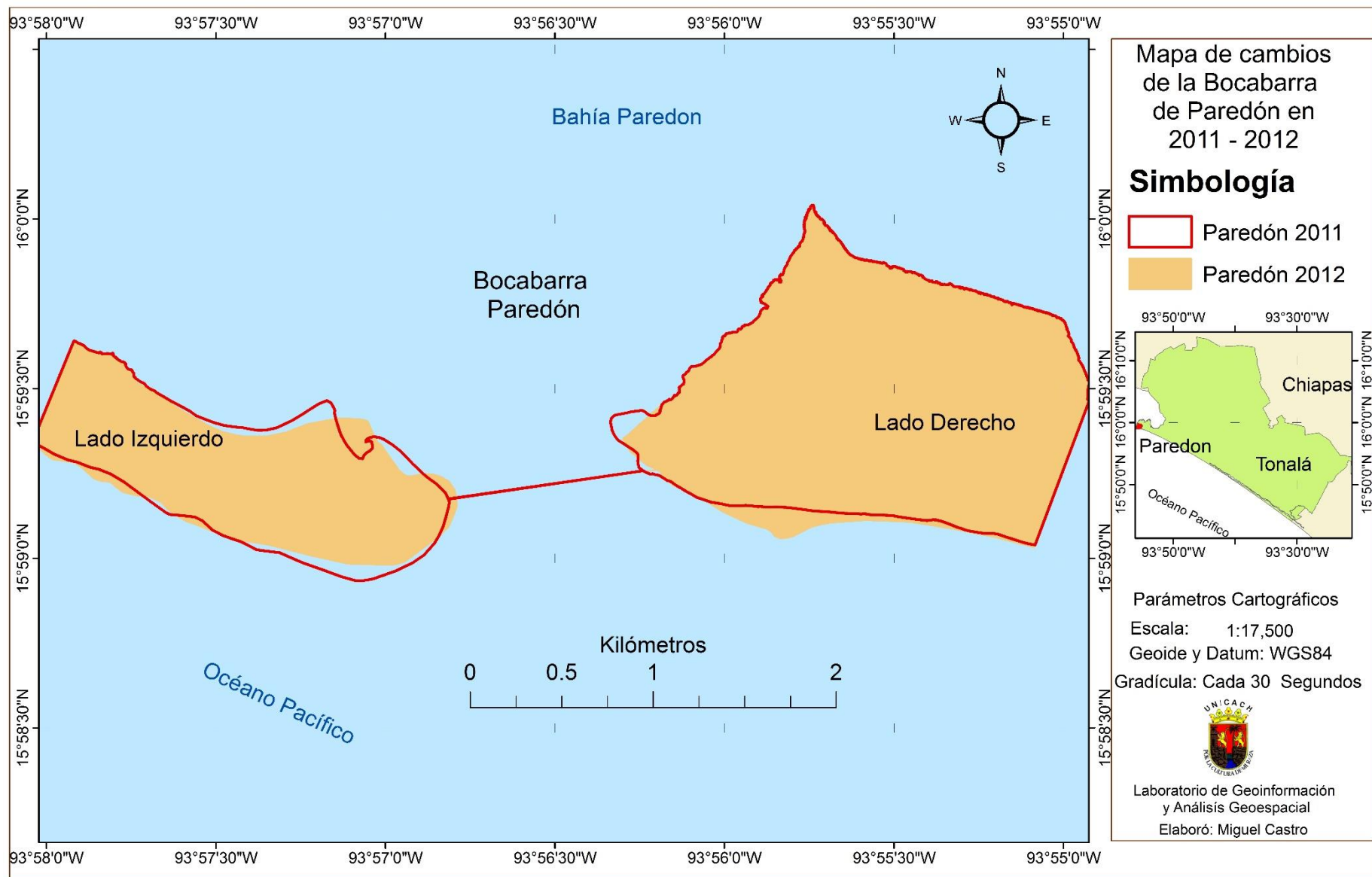


Figura 23. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Paredón en el periodo 2011 - 2012

El mapa de dinámica de los cambios en la distribución de la Bocabarra de Paredón en el periodo de 2012 – 2013 se muestra en la Figura 24. En este mapa se observa claramente que en este periodo la bocabarra de paredón solo registró ligeros cambios tanto en el lado izquierdo como en el derecho. Sin embargo la barra arenosa del lado izquierdo mostro perdidas de superficie en el lado de línea de costa y hacia la orilla del interior de la bahía; sin embargo, esta barra aumento hacia el canal de entrada de agua marina, lo que resulto en una reducción de 266.5 m la anchura del canal de entrada de agua de mar.

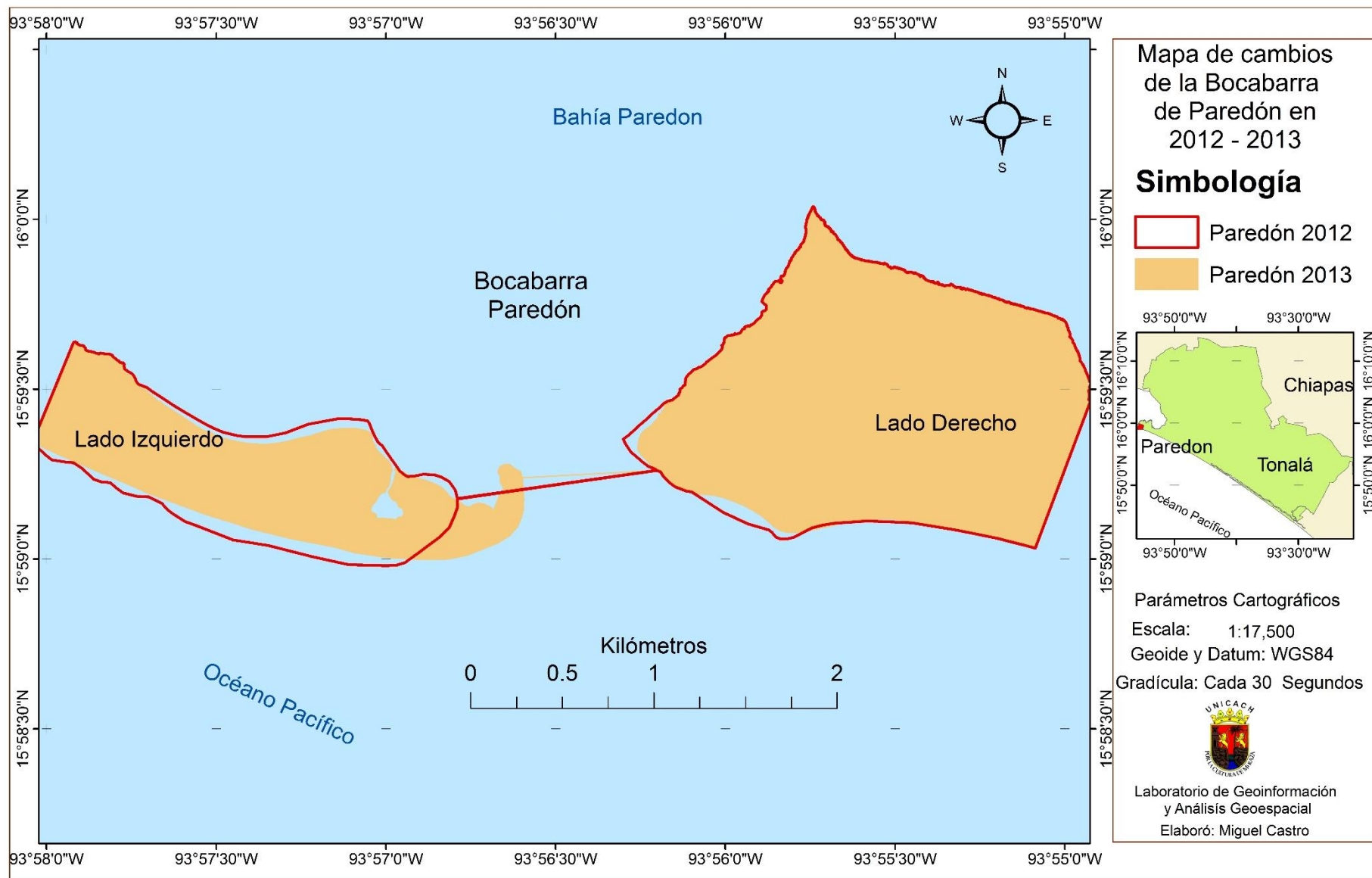


Figura 24. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Paredón en el periodo 2012 - 2013

El mapa de dinámica de los cambios en la distribución de la Bocabarra de Paredón en el periodo de 2013 – 2019 se muestra en la Figura 25. Durante este periodo de análisis la bocabarra de Paredón registró procesos de transformación realmente importantes, debido a que la superficie de ambas barras arenosas incrementó un total de 144.8 hectáreas. En el mapa se observa claramente que la barra arenosa del lado derecho aumentó superficie en el lado de la línea de costa o playa, pero perdió un área similar en el lado de la orilla del canal y la bahía, mientras que el lado izquierdo si registro cambios importantes, ya que la barra arenosa gano una superficie considerable hacia el interior de la bahía, pero perdió casi la totalidad de la barra arenosa de 2013 sobre la línea de costa o playa.

Así mismo se registró que el canal de entrada de agua marina sufrió cambios importantes hacia la línea de contacto con el océano y la bahía, aumentando su anchura máxima de 1,629 a 1,790 m, con un incremento promedio de 265 m.

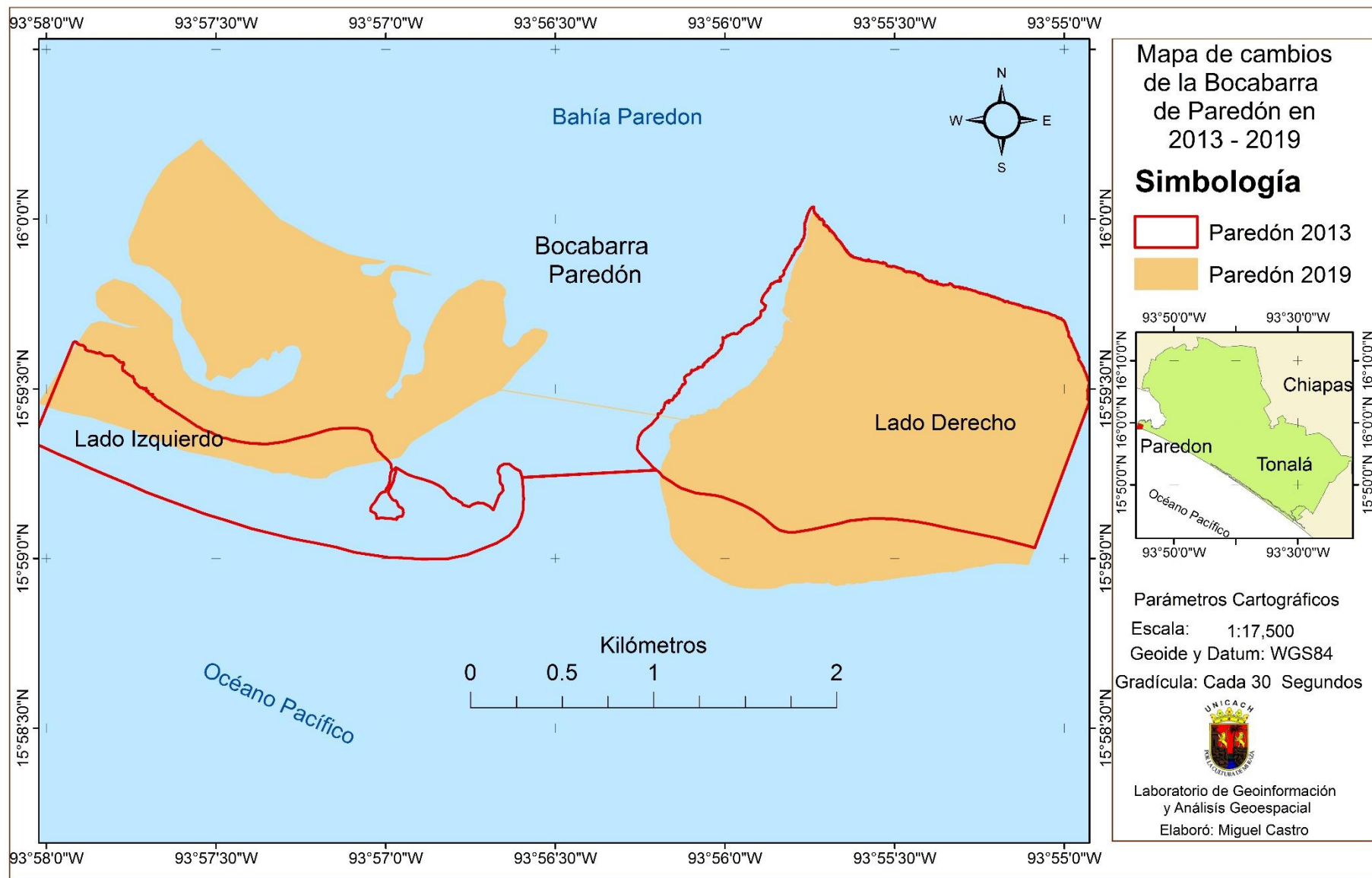


Figura 25. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Paredón en el periodo 2013-2019

El mapa de dinámica de los cambios en la distribución de la Bocabarra de Paredón en el periodo de 2019 – 2021 se muestra en la Figura 26. En este mapa de cambios la bocabarra de Paredón registró una dinámica de cambios moderada, debido a que la superficie de ambas barras arenosas incrementó 26 hectáreas. En el mapa se observa que la barra arenosa del lado derecho aumentó ligeramente su superficie en el lado de la línea de costa o playa, mientras que el lado izquierdo registro cambios, ya que la barra arenosa perdió una superficie considerable hacia el interior de la bahía, e incremento ligeramente en el lado de la línea de costa o playa.

Así mismo se registró que el canal de entrada de agua marina también sufrió cambios hacia la línea de contacto con el océano y la bahía, reduciendo su anchura mínima.

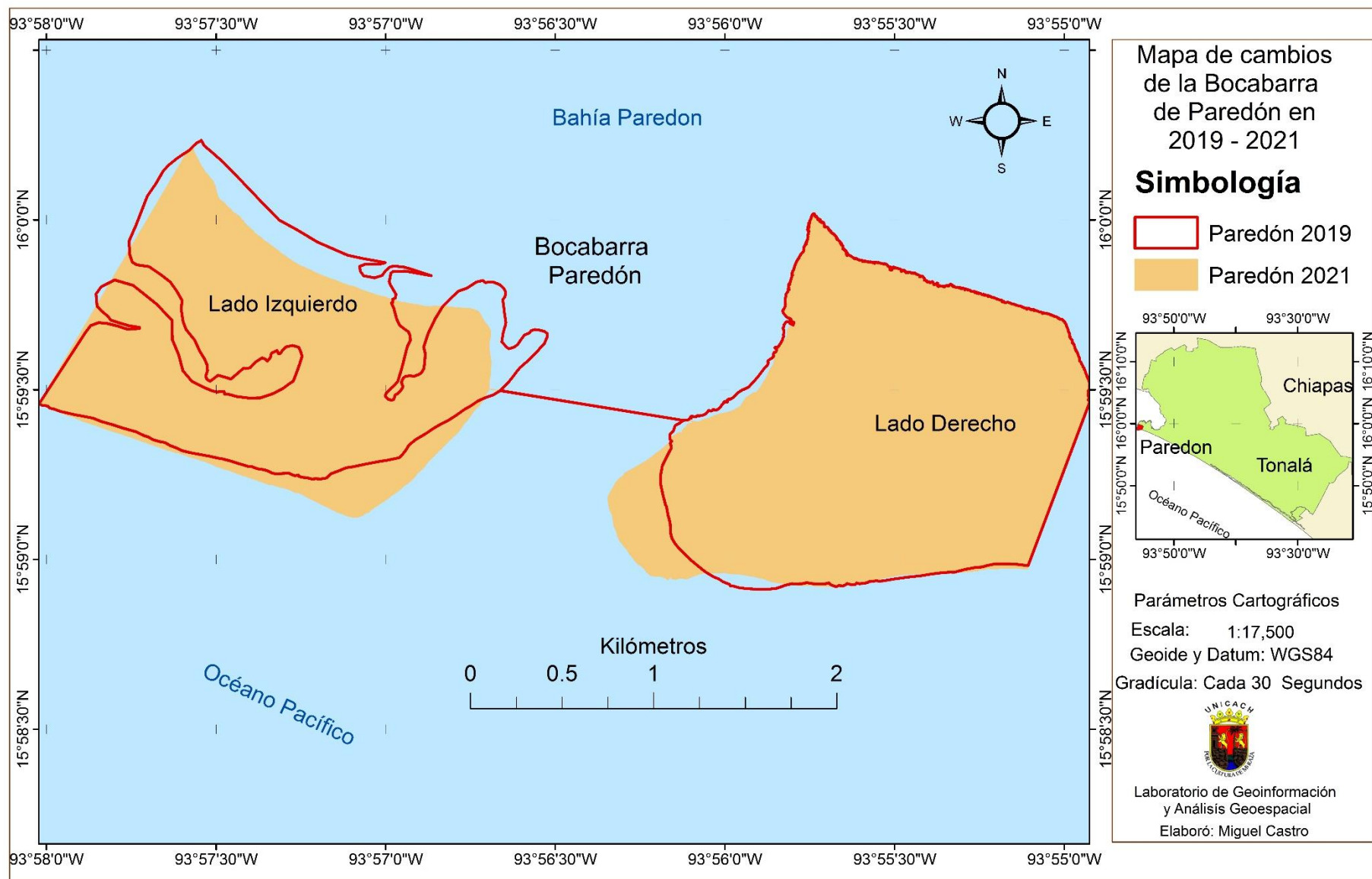


Figura 26. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Paredón en el periodo 2019-2021

El mapa de dinámica de los cambios en la distribución de la Bocabarra de Paredón en el periodo de 2021 – 2023 se muestra en la Figura 27. Durante este periodo de análisis la bocabarra de Paredón registró procesos de transformación muy importantes, debido a que la superficie de ambas barras arenosas disminuyó un total de 85.1 hectáreas. En el mapa se observa claramente que la barra arenosa del lado derecho disminuyó ligeramente su superficie en el lado de la línea de costa o playa, mientras que el lado izquierdo registro cambios más importantes, ya que el 80% del área perdida de ambas barras, ocurrió mayormente en el lado de la barra arenosa izquierda, principalmente hacia el canal de entrada de agua y el interior de la bahía.

Por otra parte se cuantifico que el canal de entrada de agua marina registro cambios importantes hacia la línea de playa o costa y la bahía, aumentando su anchura mínima de 875 m a 1350 m, con un incremento mayor de 400 m.

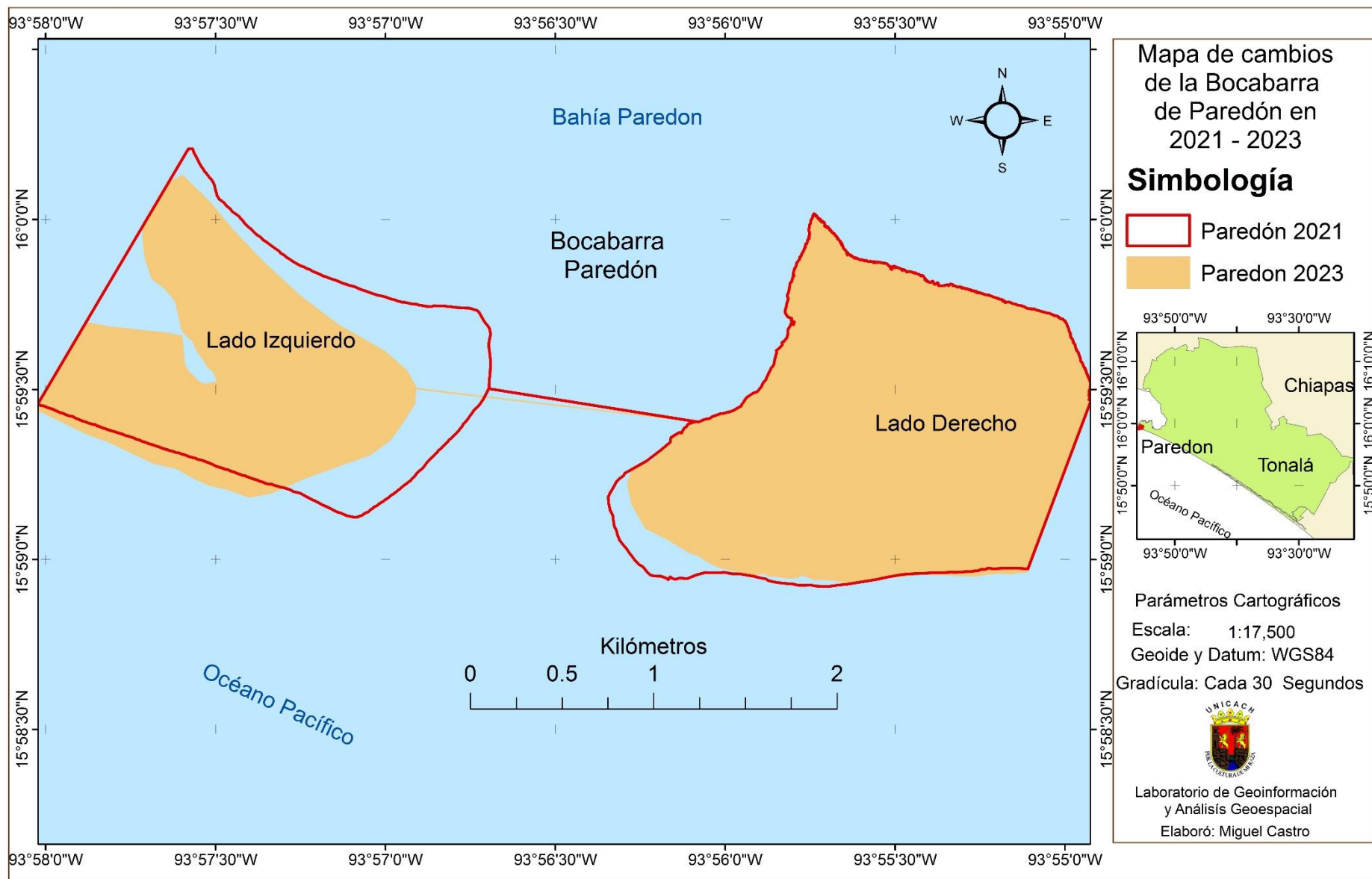


Figura 27. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Paredón en el periodo 2021 - 2023

## 8.5 Estadísticas de la dinámica de cambios de la Bocabarra de Paredón

Los parámetros calculados con base en la cartografía de la Bocabarra de Paredón se muestran en el Cuadro 1. Se observa que los cambios en el canal de entrada de la bocabarra presenta variaciones en el ancho mínimo, ya que en el 2013 alcanzo 645 m, y para el 2021 alcanzó un ancho mínimo de 1559 m y para 2023 se redujo a 1220 m, el cual es mayor que el resto de los años, mientras que el ancho promedio para todos los años analizados está por encima de 1100 m, alcanzando en 2023 una cifra de 1521.5 m.

Respecto a la superficie se encontró que en 2019 la bocabarra aumento 144.87 hectáreas, pero en 2023 perdió 85 hectáreas, mientras que el perímetro tuvo un aumento ya que en 2004 registro 15,668 m y en 2023 resulto en 17,555 m.

**Cuadro 1.** Datos estadísticos que describen el comportamiento de 2004 a 2023 de la bocabarra de Paredón, Tonalá, Chiapas.

| Imagen de satélite | Ancho Mínimo (m) | Ancho Máximo (m) | Ancho Promedio (m) | Perímetro (m) | Superficie (Ha) | Cambios (Ha) |
|--------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------|
| 02 / 2023          | 1220             | 1823             | 1521.5             | 17555         | 474.0           | -85.16       |
| 03 / 2021          | 1559             | 1492             | 1525.5             | 16,974        | 559.2           | 26.14        |
| 11 / 2019          | 1014             | 1790             | 1402               | 22,270        | 533.0           | 144.87       |
| 04 / 2013          | 645              | 1629             | 1137               | 16,300        | 388.1           | -12.62       |
| 10 / 2012          | 981              | 1826             | 1403.5             | 15,253        | 400.8           | 1.60         |
| 10 / 2011          | 1103             | 1454             | 1278.5             | 15,925        | 399.2           | -33.66       |
| 11 / 2007          | 1154             | 1395             | 1274.5             | 15,086        | 432.8           | -40.57       |
| 03 / 2004          | 944              | 1433             | 1188.5             | 15,668        | 473.4           |              |

## 8.6 Procesos de transformación de la Bocabarra de Boca del Cielo

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2004 – 2011 se muestra en la Figura 28. Durante este periodo de análisis la bocabarra de Boca del Cielo registró procesos de transformación muy importantes, debido a que la superficie de ambas barras arenosas disminuyó un total de 2.6 hectáreas. En el mapa se observa claramente que la barra arenosa del lado derecho aumentó su superficie en dirección hacia la barra arenosa izquierda de manera significativa. La barra arenosa izquierda perdió superficie, contrayéndose de forma muy importante, además también perdió área en la línea de playa o costa.

Estos cambios repercutieron en el canal de entrada de agua marina debido a que sufrió cambios importantes hacia la línea de contacto con la barra izquierda, desplazándose más de 150 m hacia esa dirección, sin embargo el canal solo perdió 10 m de su anchura mínima y 61 m de su ancho máximo.

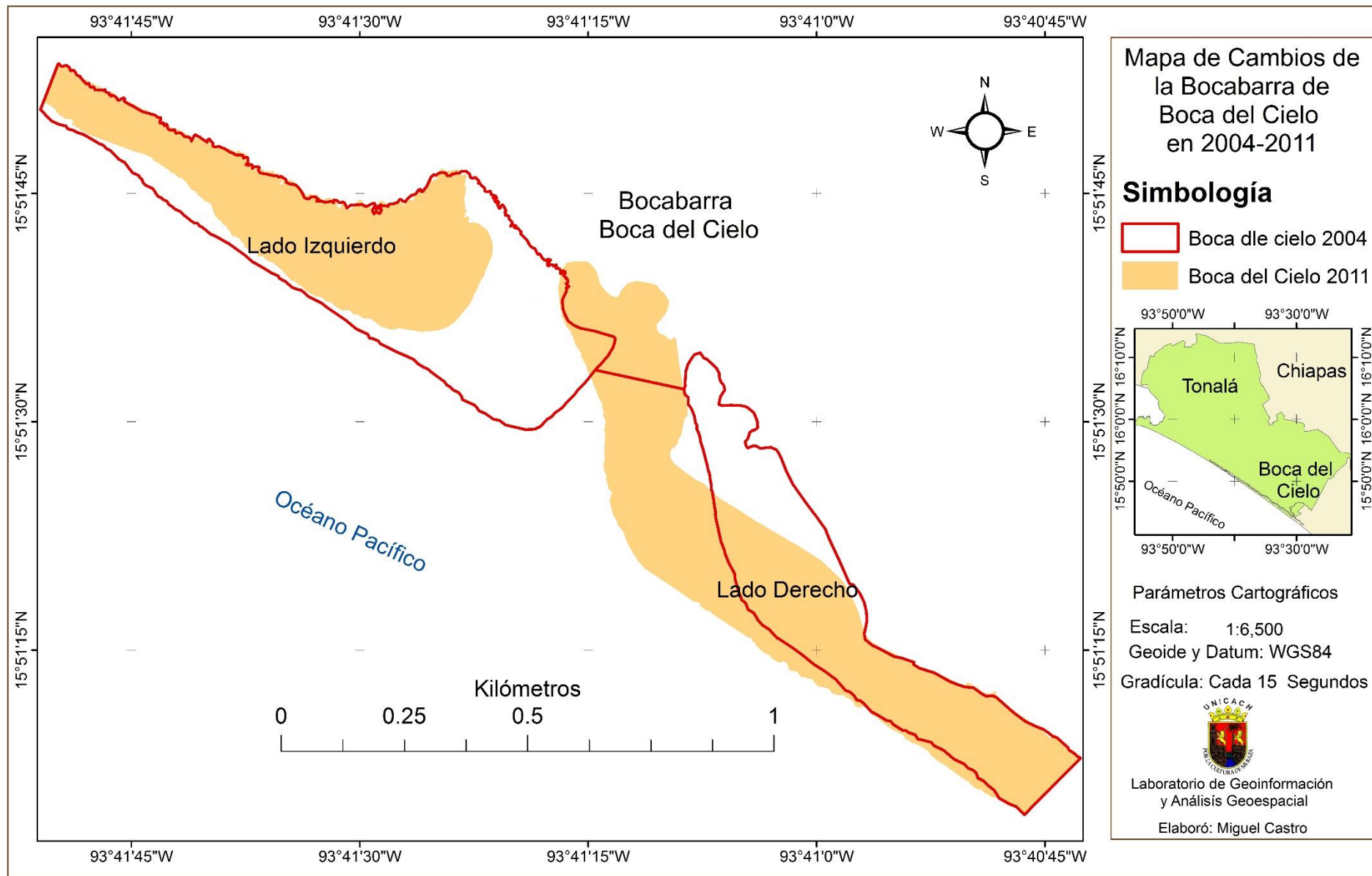


Figura 28. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2004 - 2011

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2011– 2015 se muestra en la Figura 29. En este periodo de análisis cartográfico sobre la dinámica de cambios de la bocabarra de Boca del Cielo se registraron cambios importantes, debido a que la barra arenosa del lado derecho perdió superficie hacia el lado del canal interior, pero ganó superficie paralelo a línea de costa, mientras que el lado derecho perdió superficie sobre la línea del canal de entrada y la línea de costa. En general esta bocabarra perdió 3.6 hectáreas en este periodo y la anchura máxima de su canal de entrada de agua marina pasó de 299 a 280.

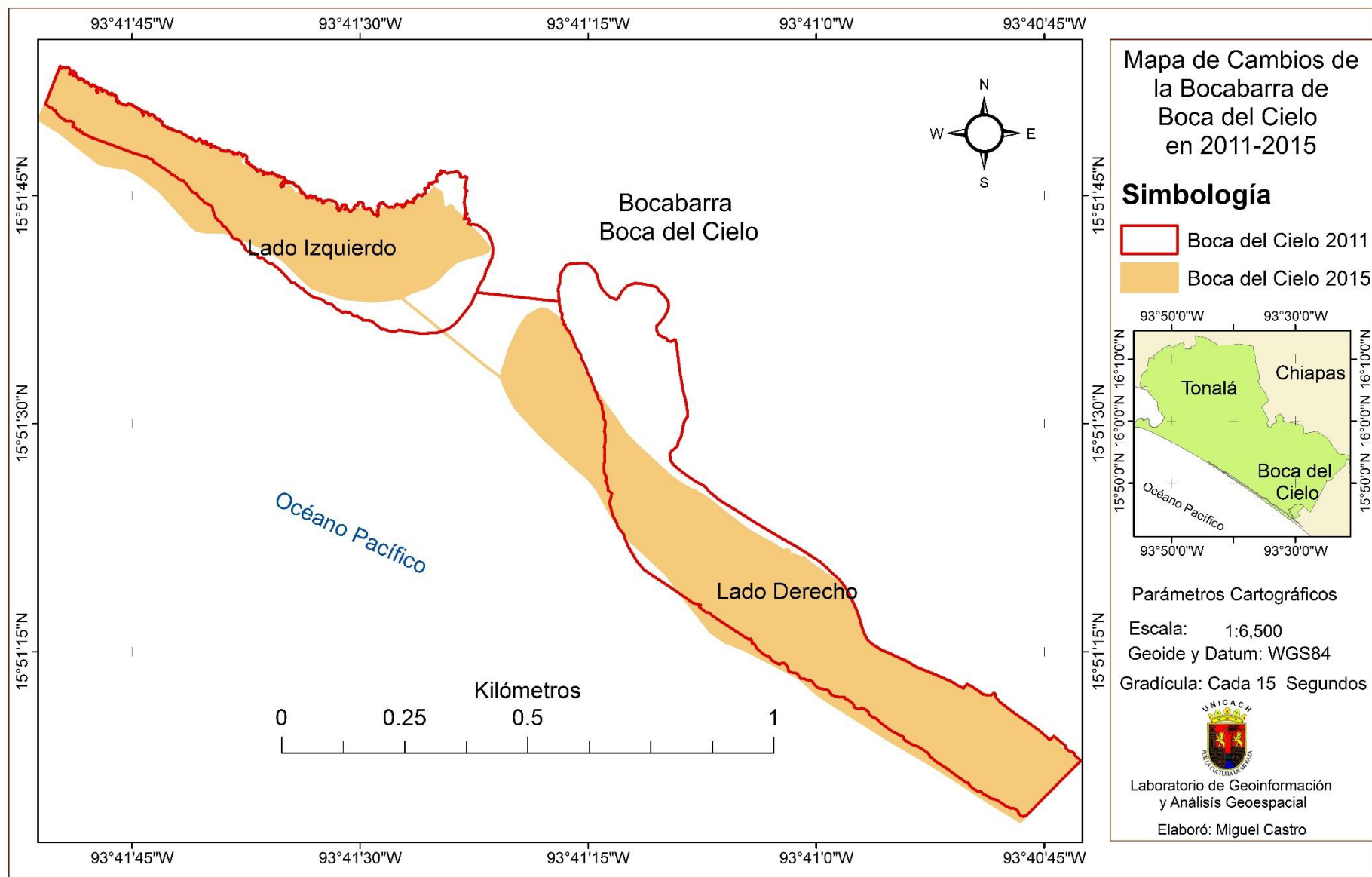


Figura 29. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2011 - 2015

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2015– 2017 se muestra en la Figura 30. Durante este periodo de análisis la bocabarra de Boca del Cielo registró procesos de cambio moderados, debido a que la superficie de ambas barras arenosas aumento un total de 6 hectáreas. Este mapa de cambios muestra que la barra arenosa del lado derecho incremento su superficie en dirección hacia la línea de costa o playa y perdió superficie hacia la línea del canal interior, mientras que la barra arenosa izquierda aumentos superficie hacia la línea de costa o playa de manera importante.

Estos cambios repercutieron en el canal de entrada de agua marina de forma positiva ya que sufrió cambios que hicieron que su anchura mínima y máxima aumentara su longitud pasando de 167 a 191 m y de 280 a 319 m respectivamente.

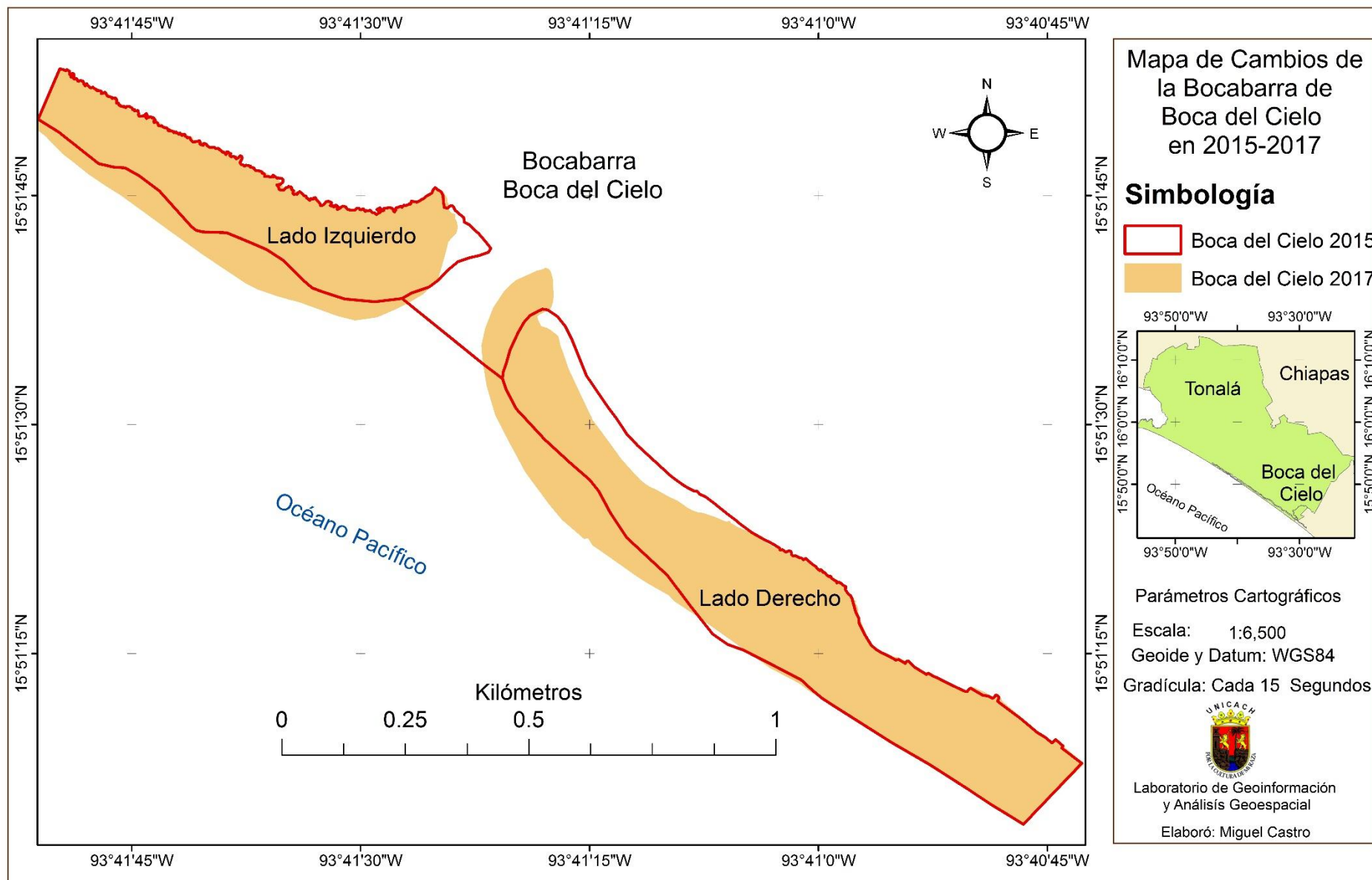


Figura 30. Mapa de distribución de los cambios de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2015 - 2017

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2017– 2018 se muestra en la Figura 31. Durante este periodo de análisis la bocabarra de Boca del Cielo registró procesos de transformación considerables, en el mapa se observa que la barra arenosa del lado izquierdo disminuyó su superficie en la línea de costa o playa, mientras que la barra arenosa derecha perdió superficie de manera importante, ya que se redujo un 25% hacia la línea de costa y el canal de entrada de agua marina, estos cambios repercutieron en la pérdida de 7.7 hectáreas y al mismo tiempo se registró una modificación importante del canal de entrada de agua marina, debido a que su ancho máximo pasó de 319 m a 662 m y el ancho mínimo pasó de 191 m a 344 m.

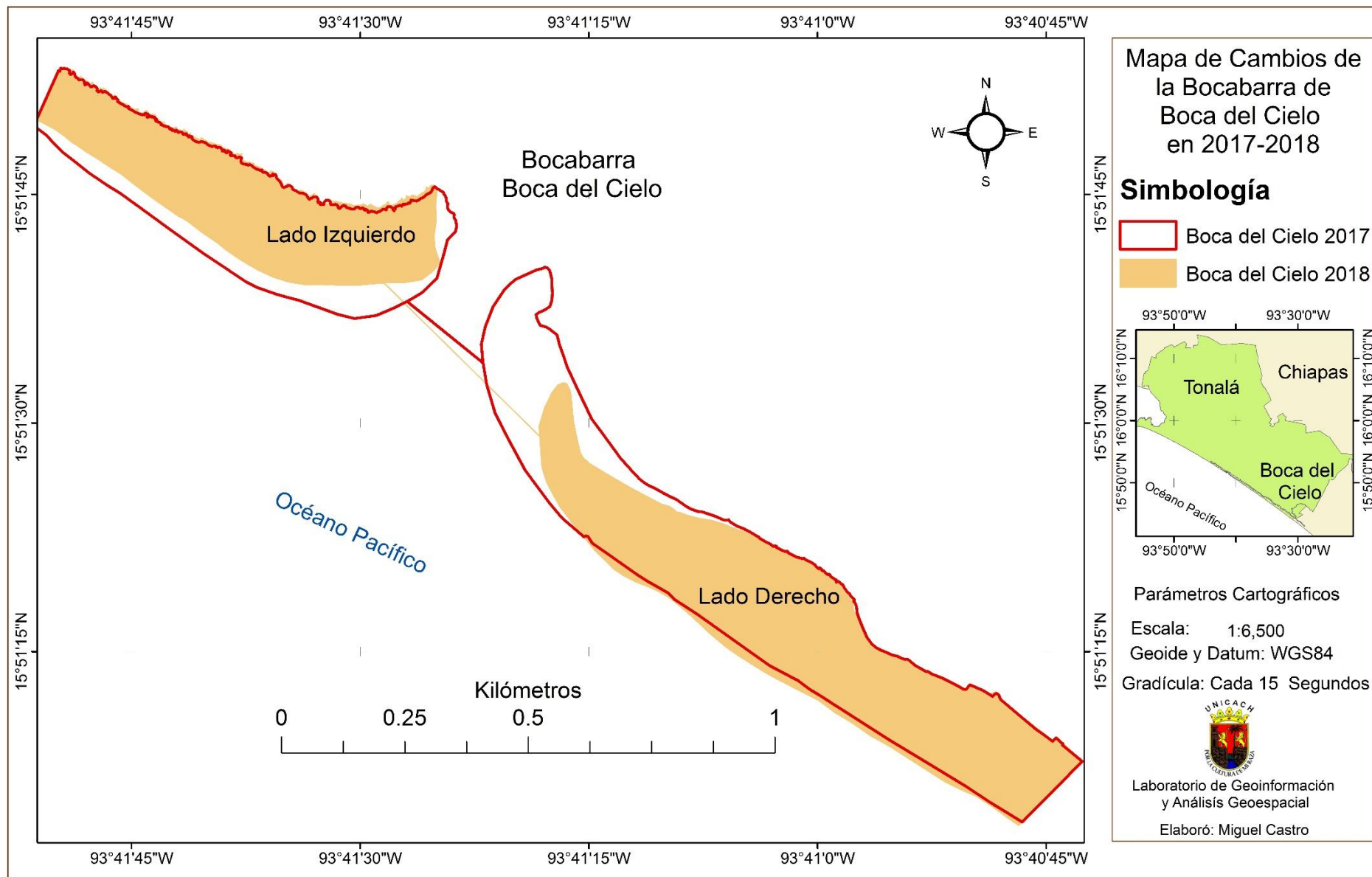


Figura 31. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2017-2018

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2018– 2019 se muestra en la Figura 32. En este periodo de análisis cartográfico la bocabarra de Boca del Cielo presento procesos de cambio importantes, debido a que la superficie de ambas barras arenosas se redujo 1.2 hectáreas. Este mapa de procesos cambios indica que la barra arenosa del lado izquierdo perdió superficie hacia el lado de la línea de costa y aumentó ligeramente hacia el canal de entrada de agua amarina. Mientras que la barra arenosa del lado derecho incremento su superficie en dirección hacia el canal de entrada de agua marina y el canal interior.

En general estos cambios repercutieron en el canal de entrada de agua marina de forma negativa ya que sufrió cambios que hicieron que su anchura mínima y máxima se redujera, pasando de 344 m a 180 m y de 662 m a 377 m respectivamente.

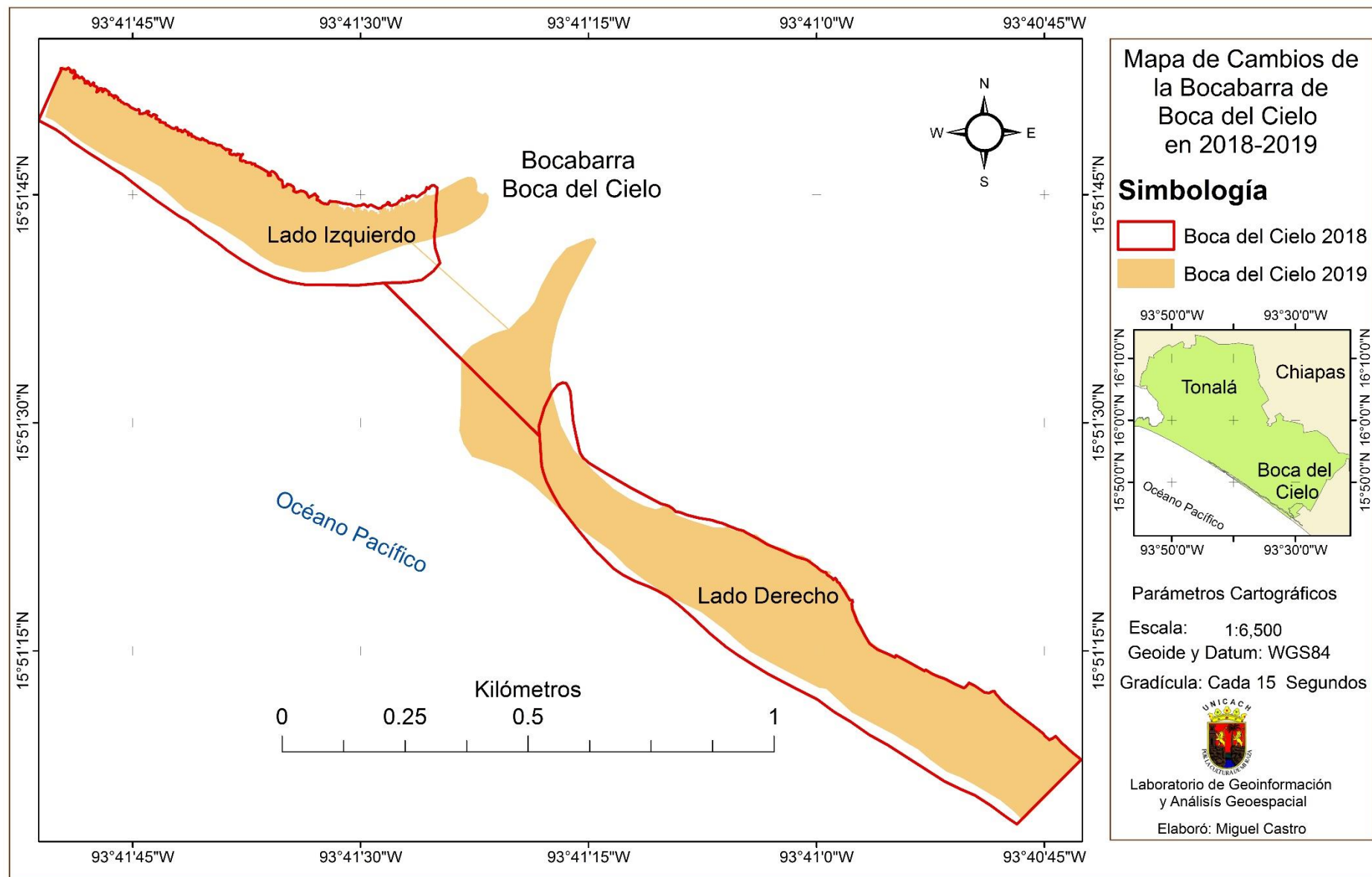


Figura 32. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2018 - 2019

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2019 – 2021 se muestra en la Figura 33. Durante estos dos años de análisis cartográfico, la bocabarra de Boca del Cielo registró procesos de transformación muy importantes, principalmente porque la superficie de ambas barras arenosas disminuyó un total de 4.7 hectáreas. En este mapa se aprecia definidamente que la barra arenosa del lado izquierdo aumentó considerablemente su superficie en dirección hacia el canal de entrada de agua marina y hacia la línea de costa o playa; en el sentido contrario, la barra arenosa derecha perdió superficie, contrayéndose de forma muy importante, además también perdió área en la línea de playa o costa.

Estos procesos de cambios incidieron en el canal de entrada de agua marina, debido a que sufrió cambios importantes hacia la línea de contacto con la barra derecha, desplazándose más de 300 m hacia esa dirección, y pasando de 377 m a 807 m en la parte más ancha y de 180 m a 552 m en su anchura mínima.

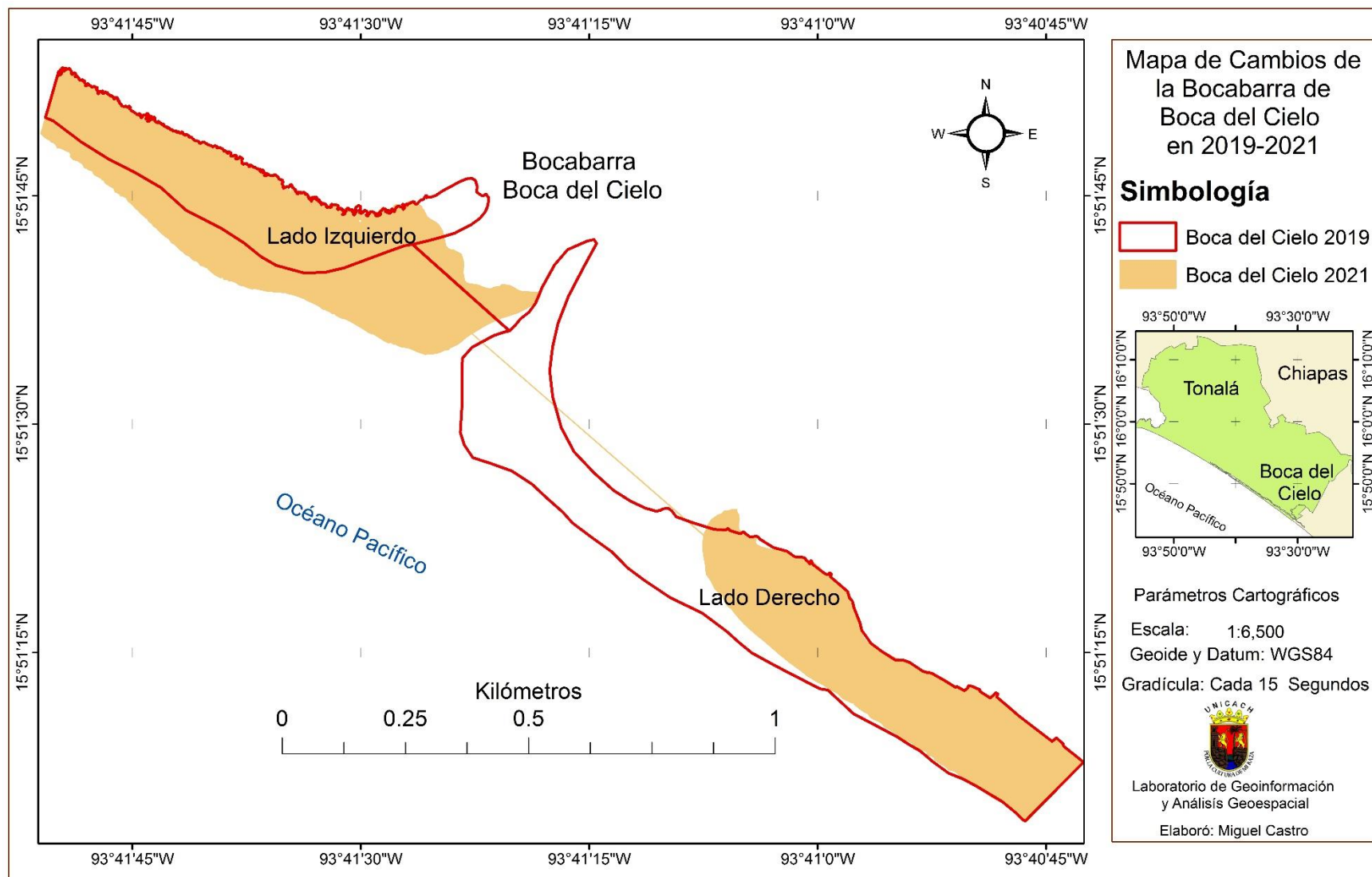


Figura 33. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2019 - 2021

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2021 – 2022 se muestra en la Figura 34. Durante este periodo de análisis la bocabarra de Boca del Cielo registró una dinámica de cambios importante, ya que ambas barras arenosas aumentaron un total de 2.5 hectáreas. En este mapa se aprecia de forma clara que la barra arenosa del lado izquierdo disminuyó su superficie en dirección hacia la línea de costa o playa y hacia canal de entrada de agua marina; en el sentido contrario, la barra arenosa derecha aumentó superficie de forma considerable, hacia el canal interior y la línea de costa, desplazando el canal de entrada de agua marina.

Los procesos de cambios registrados modificaron el canal de entrada de agua marina, debido a que sufrió cambios importantes hacia la barra izquierda, desplazándose más de 100 m hacia esa dirección, con medidas de anchura máxima de 807 m a 749 m y en la parte menos ancha paso de 552 m a 369 m.

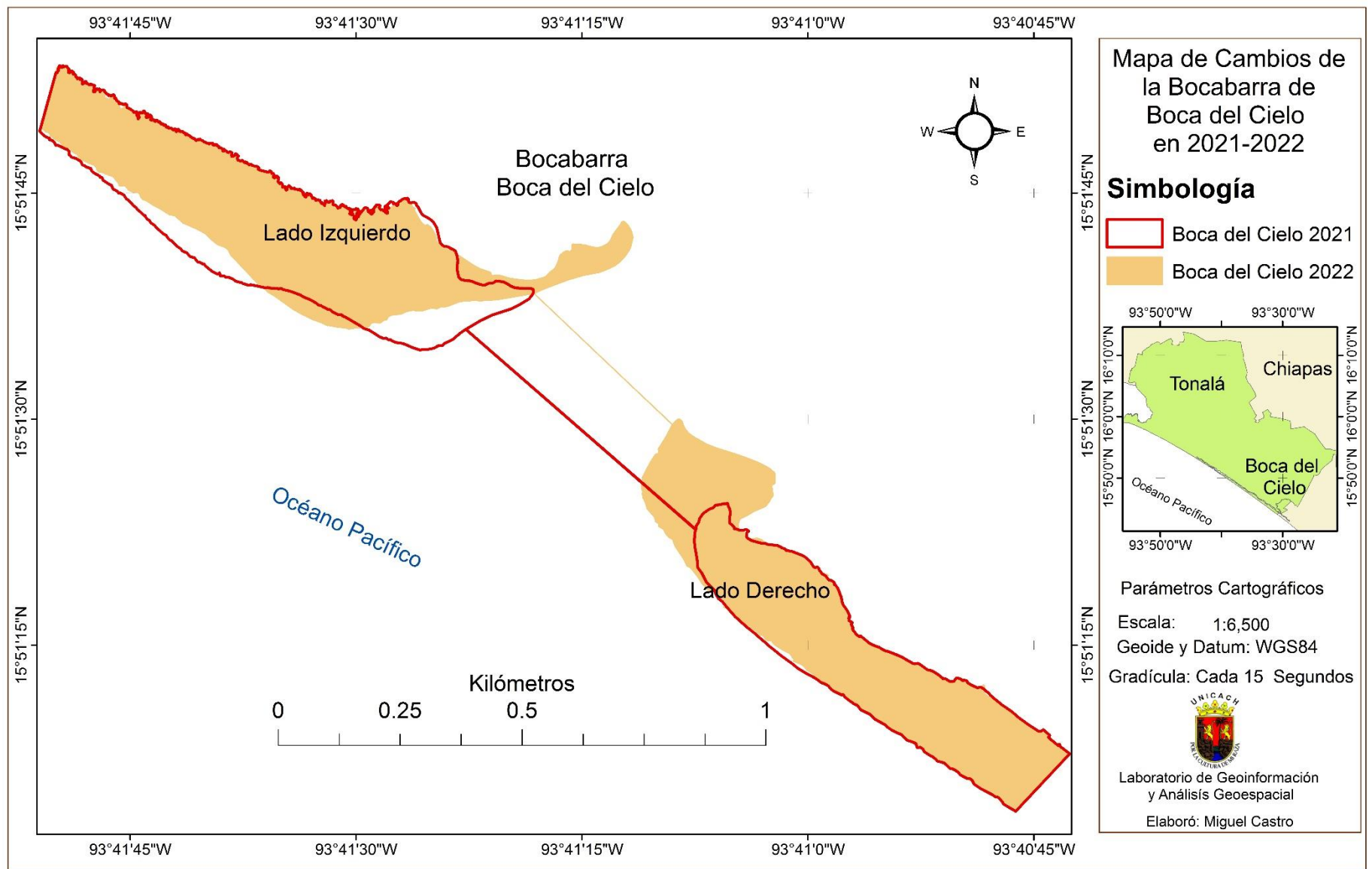


Figura 34. Mapa de distribución de los cambios de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2021-2022

El mapa de la dinámica de cambios en la distribución de la Bocabarra de Boca del Cielo en el periodo de 2022 – 2023 se muestra en la Figura 35. Durante este periodo de análisis cartográfico, la bocabarra de Boca del Cielo registró procesos de transformación muy importantes, debido a que la superficie de ambas barras arenosas aumento un total de 5.5 hectáreas. En este mapa se muestra definidamente que la barra arenosa del lado izquierdo se incrementó considerablemente su superficie en dirección hacia el canal de entrada de agua marina y hacia la línea de costa o playa; por otra parte, la barra arenosa derecha perdió superficie, hacia la línea de costa o playa y hacia el canal interior.

Esta dinámica de cambios incidió en el canal de entrada de agua marina, debido a que sufrió cambios importantes hacia la línea de contacto con la barra derecha, desplazándose más de 200 m hacia esa dirección, provocando que la anchura del canal de entrada de agua marina se viera afectado negativamente, esto debido a que paso de 749 m a 247 m en la parte más ancha y de 369 m a 155 m en su anchura mínima.

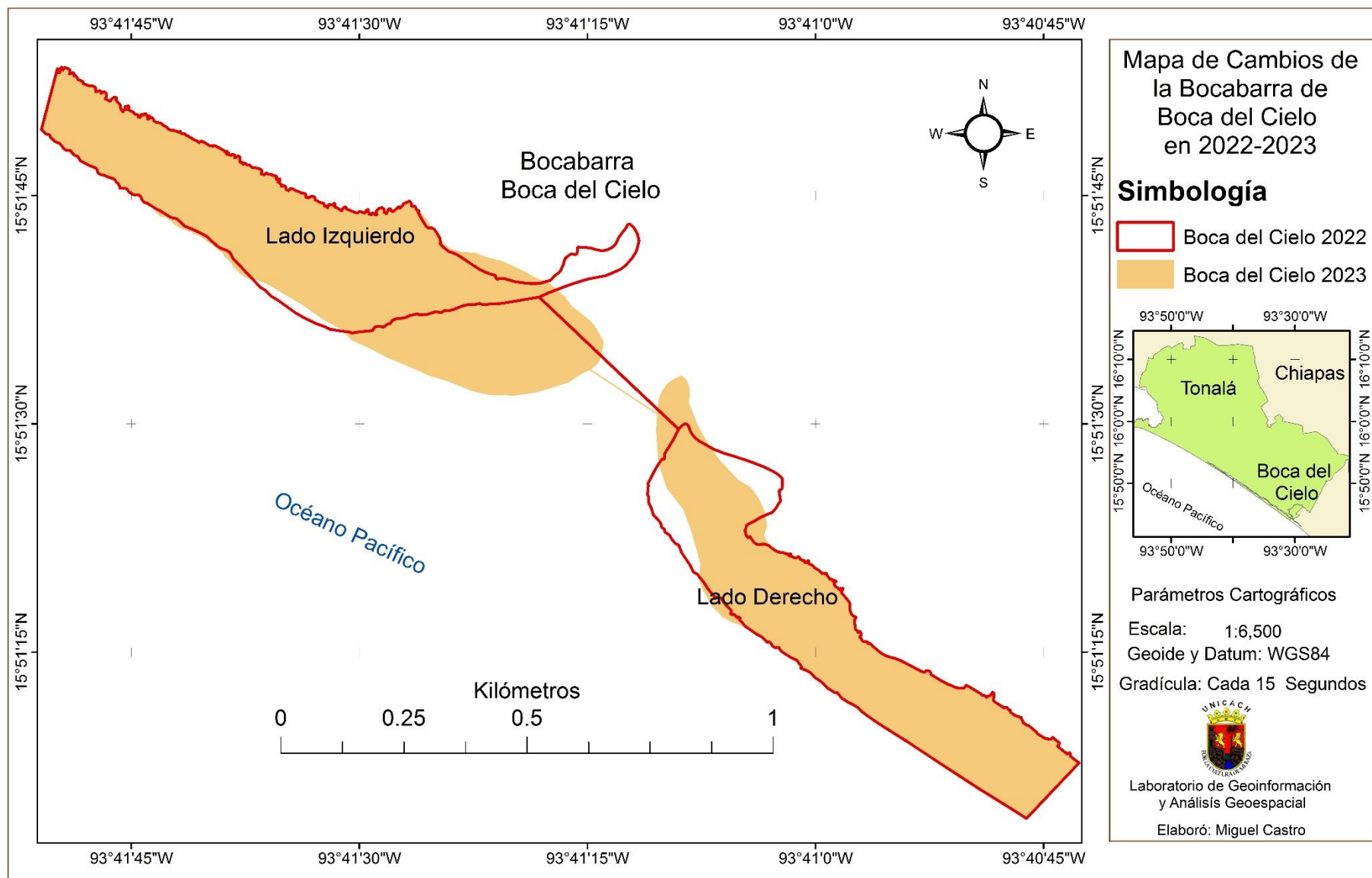


Figura 35. Mapa de distribución de la bocabarra de Boca del Cielo en el periodo 2022 -2023.

## 8.7 Estadísticas de la dinámica de cambios de la Bocabarra de Boca del Cielo

Los indicadores geoespaciales calculados con base en la cartografía de la Bocabarra de Boca del Cielo, se muestran en el Cuadro 2. Se observa que los cambios en el canal de entrada de la bocabarra presenta variaciones importantes en el ancho mínimo, ya que en el 2004 tenía 158 m y para el 2022 se incrementó a 369 m, sin embargo en el año 2021 alcanzó el máximo registrado en el periodo con 552 m; mientras que el ancho máximo registró un comportamiento similar ya que en 2004 tenía 360 m y para el 2022 alcanzó un ancho máximo de 749 m, pero en el año 2021 llegó hasta los 807 m, mientras que el ancho promedio paso de 259 m en 2004 a 559 en 2022.

Respecto a la superficie se encontró que en 2004 registro 42 ha y para el año 2022 se cuantificó en 35 Ha, lo que muestra una pérdida de 7 Ha. Los periodos con mayor reducción de superficie fueron de 2015 a 2017 y de 2021 a 2022, ambos con una pérdida de 6 Ha.

**Cuadro 2.** Datos estadísticos que describen el comportamiento en diferentes fechas de la bocabarra de Boca del Cielo, Tonalá, Chiapas.

| Imágen de satélite | Ancho Mínimo (m) | Ancho Máximo (m) | Ancho Promedio (m) | Perímetro (M) | Superficie (Ha) | Cambios (Ha) |
|--------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------|
| 02/2022            | 369              | 749              | 559                | 6,670         | 35              | -6           |
| 02/2021            | 552              | 807              | 680                | 6,414         | 29              | 5            |
| 10/2019            | 180              | 377              | 279                | 6,531         | 34              | 1            |
| 08/2019            | 185              | 482              | 334                | 6,982         | 35              | 0            |
| 04/2018            | 344              | 662              | 503                | 6,113         | 35              | 7            |
| 04/2017            | 191              | 319              | 255                | 6,207         | 42              | -6           |
| 12/2015            | 167              | 280              | 224                | 6,226         | 36              | 4            |
| 11/2011            | 148              | 299              | 224                | 6,799         | 40              | 2            |
| 11/2004            | 158              | 360              | 259                | 6,372         | 42              |              |

## IX. DISCUSION

En el análisis de los procesos de transformación, la bocabarra de paredón sufrió mayores cambios en el periodo 2004 - 2007 ya que en estos tres años, perdió el 45% de su barra de arena, principalmente en el lado izquierdo, con un aumento hacia la línea de costa, mientras que el lado derecho perdió un 15 % de la línea de costa, este proceso de reducción continuó hasta el 2011, principalmente hacia línea de costa en este mismo lado.

No obstante en el periodo 2013 – 2019 el análisis geoespacial detallado, muestra mucha dinámica en esta bocabarra, debido a que el lado izquierdo se desplazó un 85% hacia el interior de la Bahía y el lado derecho incremento un 25 % su línea de costa frente al mar. En el año 2023 se cuantifico una reducción del lado izquierdo del 40% y el lado derecho permaneció con ligeros cambios en la línea de costa.

En general los procesos de cambios para la bocabarra de Paredón se muestran significativos, ya que se registran cambios muy acelerados en dos periodos analizados, lo que puede indicar que esta bocabarra es muy dinámica, lo cual incluye su canal de entrada de agua de mar, que en el 2013 su anchura se redujo a 645 m, mientras que en el resto de los periodos estudiados permaneció con más de mil metros de ancho.

En la bocabarra de boca del cielo los procesos de cambios indican que el periodo 2004 – 2011 se presentaron cambios muy importantes ya que el lado derecho de la bocabarra se desplazó e incrementó un 30 % su superficie hacia el este y el lado izquierdo perdió 55 % hacia el oeste, estos cambios continuaron en el 2015 ya que la bocabarra continuo desplazándose en los mismo sentidos pero con menores cambios, alcanzando cierto equilibrio en sus cambios en 2017, solo registrando ligeros incrementos hacia la línea de costa de ambos lados.

Al siguiente año (2018), los procesos de cambios de esta bocabarra se presentaron nuevamente de forma importante, incluyendo un desplazamiento de la barra derecha hacia el este y registrando pérdidas en la línea de costa en el lado

izquierdo; esta misma tendencia se presentó en el periodo 2018-2019 en el el lado derecho se continuo desplazando hacia el lado este.

Sin embargo en el periodo 2019 - 2021 se registraron cambios importantes, diferentes a los presentados en los periodos anteriores, se observó una tendencia contraria, ya que el lado izquierdo de la bocabarra se desplazó hacia el oeste, mientras que el lado derecho se contrajo hacia el oeste con una pérdida del 55 % de su superficie.

Para el año 2022 la dinámica se repite, es decir el lado derecho de la bocabarra vuelve a ganar superficie hacia el lado este y el lado izquierdo se contrae ligeramente en el mismo sentido; no obstante en el año 2023 el lado izquierdo gana mucha superficie hacia el lado oeste y el lado izquierdo aumento hacia el este, por lo que ambos lados tienden a unirse, por lo tanto el canal de agua marina está en riesgo de cerrar pero este año, esto lo demuestran la validación en campo que se hizo para esta bocabarra donde se aprecia en las imágenes de dron, que el canal de esta bocabarra tiene una tendencia a continuar cerrándose (Figuras 36 y 37).



Figura 36. Fotografía aérea de la bocabarra de Boca del cielo que muestra el elevado proceso de sedimentación y una reducción del canal de entrada de agua del Océano (Fotografía tomada con un Dron en Marzo de 2023).



Figura 37. Fotografía aérea de la porción del canal interior de la bocabarra de Boca del cielo que muestra el elevado proceso de sedimentación hacia el interior del estero (Fotografía tomada con un Dron en Marzo de 2023).

## X. CONCLUSIONES

Los procesos de cambios analizados en las Bocabarras de Paredón y de Boca del Cielo, en forma general nos dejan ver que estos sistemas son ampliamente complejos y dinámicos a lo largo del tiempo.

Los resultados encontrados indican que la bocabarra de Boca del Cielo presento los mayores procesos de cambios en los periodos que se analizaron, por lo que también registro mayores cambios en el canal de entrada de agua marina, el cual registró una tendencia a reducir su anchura, lo cual puede reducir la cantidad de agua que entra a los esteros y la laguna la joya, esto podría estar alterando los parámetros fisicoquímicos de estos ecosistemas.

La bocabarra de paredón registró cambios importantes pero menos significativos que la bocabarra de Boca del Cielo, y contrariamente la bocabarra de paredón tiene una tendencia al equilibrio y sin riesgo de reducir su canal de entrada de agua de mar.

## XI. BIBLIOGRAFIA

- Albuquerque, M., Espinoza, J., Teixeira, P., de Oliveira, A., Corrêa, I., & Calliari, L. (2013). Erosion or Coastal Variability: An Evaluation of the DSAS and the Change Polygon Methods for the Determination of Erosive Processes on Sandy Beaches. *Journal of Coastal Research*, 165, 1710–1714. doi:10.2112/si65-289.110.2112/si65-289.1.
- Arrivillaga, A. 2003. Diagnóstico del estado actual de los recursos marinos y costeros de Guatemala, Ciudad de Guatemala, GT. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Agrícolas. 65p.
- Blanco, Ma. Esperanza, Vaquera, Humberto, Villaseñor, José A., Valdez-Lazalde, J. René, & Rosengaus, Michel. (2014). Metodología para investigar tendencias espacio-temporales en eventos meteorológicos extremos: caso Durango, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5(6), 25-39.
- Boak, E. y Turner, I. (2005). Shoreline definition and detection: A review. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688-703.
- Brenes, L. G. (2005). Dinámica costera y ordenamiento territorial. *Revista de Ciencias Ambientales*, 30(1), 16-20.
- Carbajal-Evaristo, S. S., Tovilla-Hernández, C., Díaz-Gallegos, J. R., Infante-Mata, D.M. y Acosta-Velázquez, J. 2015. Evaluación del impacto del azolvamiento en la Laguna Cerritos como consecuencia de la canalización del río Cintalapa, Chiapas. En: Velázquez- Velázquez, E., Romero-Berny, E.I. y Rivera-Velázquez, G. (Eds.) Reserva de la Biósfera La Encrucijada, dos décadas de investigación para su conservación. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. p. 253-264.
- Carleton, G. 1991. Coastal-Zone Biodiversity Patterns: Principles of landscape ecology may help explain the processes underlying coastal diversity” en *BioScience*, Vol. 41, No. 7, pp. 490-498
- Castro castro, Vicente., Higinio López, José., fierro, Macario., Díaz, Juan. (2017). Erosión y sedimentación de playas del municipio de Tapachula, Chiapas,

- México. Capítulo 8. *Procesos de Erosión Sedimentación en Cauces y Cuencas*, Volumen 3. UNESCO. Pg. 133.
- Ceccon E. 2003. Los bosques ribereños y la restauración y conservación de cuencas hidrográficas. *Ciencia* 72: 46-53. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Colditz R, Acosta Velázquez J, Díaz-Gallegos JR, Vázquez Lule A, Rodríguez Zúñiga MT, Maeda P, Cruz López I y Ressler R. 2012. "Potential effects in multiresolution post-classification change detection. *International Journal of Remote Sensing* 33:20, 6426-6445.
- Contreras-Espinosa F, Zabalegui-Medina LM (1991) Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna La Joya-Buenavista, Chiapas, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 18: 207-215.
- Cordero Quinzacara, Eduardo. (2011). Land Use Planning, Environmental Justice and Coastal Areas. *Revista de Derecho* (Valparaíso), (36), 209-249.
- CONCEPCIÓN, TF; ALBUQUERQUE, mg; ESPINOZA, JMA. Usar del método de polígono de cambio para caracterizar el comportamiento del litoral del municipio de Rio Grande, entre los años 2004 a 2018. *GeoUECE* (en línea), v. 09, No. 16, PAG.123-134,2020.
- De la Lanza EG, Ortiz PMA y Carbajal PJ. 2013. Diferenciación hidrogeomorfológica de los ambientes costeros del Pacífico, del Golfo de México y del Mar Caribe *Investigaciones Geográficas*, 81: 33-50.
- Díaz-Gallegos, J.R., Acosta-Velázquez, J., Rodríguez-Zúñiga, M. T., Troche-Souza, C., Altamirano-Pérez, L. A. y Nettel-Hernanz, A. 2015. Procesos de transformación espacio- temporal de los ecosistemas costeros de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Chiapas, México. En: Velázquez-Velázquez, E., Romero-Berny, E.I. y Rivera- Velázquez, G. (Eds.) *Reserva de la Biósfera La Encrucijada, dos décadas de investigación para su Conservación*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. p. 239-251.
- Díaz-Gallegos JR y J Acosta-Velázquez. (2011). Trends of land use & land cover change in a complex landscape of tropical coastal wetlands: the case of the

- Chetumal-Corozal Bay, México and Belize. En: Thangadurai, D., Busso, C.A., y Hijri, M. (editores) *Frontiers in Biodiversity Studies*. Bioscience Publications / Agrobios, India.
- DOF, 1991. Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítima terrestre y terrenos ganados al mar.
- El Banna M. y Hereher M. 2009. Detecting temporal shoreline changes and erosion/accretion rates, using remote sensing, and their associated sediment characteristics along the coast of North Sinai, Egypt. *Environmental Geology*, 58(7), pp.1419–1427.
- François Mas, Jean, Reyes Díaz-Gallegos, José, & Pérez Vega, Azucena. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas*, (51), 53-72.
- INEGI2011. Superficie Continental e Insular del Territorio Nacional.
- INEGI2013. Diccionario de datos del territorio insular mexicano. Versión 2. México.
- Johnston C. A. 2003. Shrub species as indicators of wetland sedimentation. *Wetlands* 23:911–920.
- Koning C. O. 2004. Impacts of small amounts of sandy sediment on wetland soils and vegetation: results from field and greenhouse studies. *Wetlands* 24:295–308.
- Lankford RR (1977) Coastal lagoons of Mexico. In: Wiley M (ed). *Estuarine processes. Circulation, sediments and transfer of material in the estuary*. Academic Press. Nueva York. pp: 182-215.
- Leonardo d., Ortiz lozano., patricia arceo Briseño., Alejandro granados barba., David salas Monreal., maría de Lourdes Jiménez Badillo. (2010). Zona costera. 24 pp.
- Mitsch W. J. y Gosselink J. G. 2000. *Wetlands*. 3ª edición. Van Nostrand & Reinhold. New York.
- MUÑOZ-PÉREZ J. J., (2019): Dynamics of coastline changes in Mexico. *J. Geogr. Sci.* 2019, 29(\*): 1-18

- Nakamura F. S., Kameyama S. y Mizugaki S. 2004. Rapid shrinkage of Kushiro Mire, the largest mire in Japan, due to increased sedimentation associated with land-use development in the catchment. *Catena* 55:213–229.
- Ortiz MA y Espinosa LM. 1991. Clasificación geomorfológica de los tipos de costas de México. *Geografía y Desarrollo*, 2 (6): 15-61.
- Padilla y Sotelo, Lilia Susana. (2000). La población en la región costera de México en la segunda mitad del siglo XX. *Investigaciones geográficas*, (41), 81-95.
- Pringle C. M. 2001. Hydrologic Connectivity and the Management of Biological Reserves: A Global Perspective. *Ecological Applications*, 11:981–998.
- UNESCO (2007). Introducción a Guardarenas una herramienta educativa para el desarrollo sustentable. Mayagüez, 92 p.
- Posada, B. O., y N. Rangel-Buitrago. 2009. Metodología para el levantamiento de perfiles de playa (p: 55–63). En: Alcántara-Carrió, J., I.D. Correa-Arango, F. I. Mendy, M. Alvarado-Ortega, A.H.F. Klein, A. Cabrera-Hernández y Sandoval-Barlow, R. (Eds.). *Métodos en Teledetección aplicada a la prevención de riesgos naturales en el litoral*. Servicio de Publicaciones del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Madrid. 297 p.
- Romo Aguilar Ma. De Lourdes y José Reyes Díaz Gallegos. 2013. Análisis espacial de la dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación en el Municipio de Juárez, Chihuahua. En: Sánchez-Flores Erick y Rolando Enrique Díaz Caravantes (editores). *Dinámicas locales del cambio ambiental global: aplicaciones de percepción remota y análisis espacial en la evaluación del territorio*, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 547 páginas. P 109-148. ISBN 60792248019786079224806.
- Rueda L., Botello V. A. y Díaz G. 1997. Presencia de plaguicidas organoclorados en los sistemas lagunares del estado de Chiapas. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 13 (2), 55-61
- Somohano G. R. E., Castro-Castro V. y Sokolov M. Y. 2009. Urbane influence in water quality, and enviromental risk of fecals coliforms in a river from the mexican tropic.

- Sánchez G. D., Hernández G. M. A. y López R. G. F. 2006. Ecología de zonas ribereñas. Universidad autónoma de Chapingo, Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y ambiente, año/vol. 12. N° 00. Chapingo, México. pp. 55-69.
- Sánchez O. M., Fernández-Delgado C. y Sánchez-Polaina F. J. 1992. Nuevos datos acerca de la morfometría y batimetría de la laguna de Zóñar (Aguilar de la Frontera, Córdoba). OXYURA, Vol. VI, N° 1. Pp. 73-77.
- Sorensen, J. C., & McCreary, S. T. (1990). Institutional Arrangements for Managing Coastal Resources and Environments (2.<sup>a</sup> ed., p. 5). United States ( National Park Service.): Coasts.
- Thieler, E. R., y Hammar-Klose, E. S. (1999). National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise. Open-File Rep. 00-179, 1Werner K. J. y Zedler J. B. 2002. How sedge meadow soils, microtopography, and vegetation respond to sedimentation. *Wetlands* 22:451–466
- Tovilla H. C. 2005. Agonía y desaparición de los ríos y humedales en la costa de Chiapas, *Ecofronteras* No. 25. 5-8 p.
- Turner, R., Lorenzoni, I., Beaumont, N., Bateman, I., Langford, I. y McDonald, A. 1998. Coastal Management for Sustainable Development: Analysing Enviromental and Socio-Economic Changes on the UK Coast. En: *The Geographical Journal*. Vol.164, No.3, Noviembre 1998, pp. 269-281.
- UNESCO (2012). Guardarenas: adaptarse al cambio climático y educar para el desarrollo sostenible, Paris, 146 p.
- Consejo de cuencas de la costa de Chiapas. Octubre 2014. Comisión nacional del agua, Recuperado el 17 de noviembre 2023 en: [https://sursureste.org.mx/wp-content/uploads/2022/09/PMPMS\\_CC\\_Costa\\_de\\_Chiapas.pdf](https://sursureste.org.mx/wp-content/uploads/2022/09/PMPMS_CC_Costa_de_Chiapas.pdf)
- Zambrano-Medina, Y., Franco-Ochoa, C., Plata-Rocha, W., García-Páez, F., Montoya-Rodríguez, M., y Mendoza-Baldwin, E. (2022). Shoreline analysis and erosion risk assessment of a coastal strip subjected to high anthropogenic pressure. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(6), 249-300.