



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



Modelación hidráulica y transporte de sedimentos en el área de desembocadura aledaña al área Ramsar Manchón-Guamuchal, Guatemala

Proyecto de Biodiversidad de USAID Guatemala

MODELACIÓN HIDRÁULICA Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL ÁREA DE DESEMBOCADURA ALEDAÑA AL ÁREA SITIO RAMSAR MANCHÓN-GUAMUCHAL

Contrato No. 72052018C000002

Número de Subcontrato: SUB-006

Foto de portada: Los manglares forman parte de la flora característica de la Costa del Pacífico. (Credit: Mario Díaz/USAID).

DISCLAIMER

Los puntos de vista del autor expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	iii
Contenido de figuras y tablas.....	iv
Acrónimos y Abreviaturas.....	v
Resumen Ejecutivo.....	6
Objetivos.....	7
A. Objetivo general.....	7
B. Objetivo específico.....	7
1. Metodología.....	8
1.1 Problemática y riesgos.....	8
1.2 Delimitación de área de estudio.....	9
1.3 Recopilación de datos.....	10
1.4 Ingreso de hidrógrama.....	11
1.5 Ejecución del modelo hidráulico.....	11
1.6 Elaboración de mapas y videos.....	12
1.7 Mapeo de transporte de sedimentos en suspensión.....	12
2. Caracterización zona de estudio.....	13
2.1 Fisiografía.....	13
2.2 Geología.....	14
2.3 Taxonomía de suelos.....	15
2.4 Textura de suelos.....	16
2.5 Hidrografía.....	17
2.6 Uso de la tierra.....	18
2.7 Condiciones Climáticas.....	18
2.8 Topografía.....	19
2.9 Biodiversidad.....	20
2.10 Medios de Vida.....	21
3. RESULTADOS.....	21
4. CONCLUSIONES.....	35
5. RECOMENDACIONES.....	35
6. BIBLIOGRAFÍA.....	37

Contenido de figuras y tablas

Figura 1. Esquema de metodología utilizada en taller de percepción de riesgo a nivel comunitario.	8
Figura 2. Mapa de ubicación zona de estudio.	9
Figura 3. Metodología para la modelación Hidrológica, hidráulica y mapeo de zonas susceptibles de inundación.	10
Figura 4. Fisiografía de la zona de estudio.	13
Figura 5. Composición geológica de la zona de estudio.	14
Figura 6. Taxonomía de suelos de la zona de estudio.	15
Figura 7. Textura de suelos de la zona de estudio.	16
Figura 8. Red hídrica de la zona de estudio.	17
Figura 9. Uso actual del suelo de la zona de estudios.	18
Figura 10. Precipitación media de la zona de estudios.	19
Figura 11. Mapa de pendientes de la zona de estudio.	20
Figura 12. Mapa de zonas de inundación en la vertiente del Pacífico.	24
Figura 13. Mapa de amenaza por inundaciones en el departamento de Retalhuleu.	25
Figura 14. Mapa cuenca del río Ocosito.	25
Figura 15. Mapeo de suspensión de sedimentos en la cuenca del río Ocosito.	28
Figura 16. Cambios morfológicos del área de estudio.	29
Figura 17. Área de inundación en un periodo de retorno de dos años.	30
Figura 18. Área de inundación en un periodo de retorno de cinco años.	31
Figura 19. Altura de inundación en un periodo de retorno de dos años.	32
Figura 20. Altura de inundación en un periodo de retorno de cinco años.	33
Figura 21. Velocidad de inundación para un tiempo e retorno de cinco años.	34
Tabla 1. Principales eventos hidrometeorológicos que han afectado el municipio de Retalhuleu.	26

Acrónimos y Abreviaturas

ArcGIS	Software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica
ArcMAP	Software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG
BANASA	Banamera Nacional S.A
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
ESA	Agencia Espacial Europea
Ha	Hectáreas
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center y River Analysis System
IARNA	Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
MAGA	Ministerio de agricultura y ganadería y alimentación
M/S	Metros por segundo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
MSNM	Metros sobre nivel del mar
TIFF	Tagged Image File Format
TR	Tiempo de retorno
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

Resumen Ejecutivo

Este documento reúne una serie de variables relacionada a la dinámica de inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Ocosito y su relación directa con los impactos causados por este tipo de fenómenos hidrometeorológico, así mismo, se presenta una modelación hidráulica basada en datos climáticos que permitió definir los patrones de conducta natural de la zona de estudio y al mismo tiempo identificar el grado de afectación según los tiempos de retorno establecidos.

Por medio de esta modelación se logró integrar de manera oportuna al componente técnico-científico, el invaluable conocimiento local por medio de la percepción de riesgo comunitario, haciendo uso del amplio conocimiento y experiencia local de los pobladores de las comunidades aledañas a la zona de estudio y de personal de finca Tamaxán y Las Pampas, generando un mapa general de riesgo y la identificación de zonas críticas a inundaciones; validando posteriormente esta información por medio de una identificación en campo en las fincas aledañas al sitio denominado como Ramsar Manchón-Guamuchal.

Por medio de una caracterización en temas socioeconómicos y biofísicos generales del área, se identificaron las condiciones que inciden en las inundaciones de este territorio, comprobando que forman parte de un comportamiento totalmente natural, haciendo de la zona de estudio sumamente compleja y cambiante en cuanto a la dinámica. Factores como la alta carga sedimentaria y una planicie de inundación, son dos variables, que definen las características geofísicas de la parte baja del río Ocosito.

Así mismo, se realizó una modelación hidráulica que evalúa el comportamiento del río y de las diversas corrientes de agua de la zona, basándose los datos obtenidos en el estudio hidráulico unidimensional e hidrológico de la cuenca del río Ocosito, logrando identificar las áreas susceptibles a inundaciones. Para este fin, se utilizó un modelo de elevación del terreno, correspondiente al área definida para la modelación hidráulica. Se tomó en cuenta los resultados del estudio hidrológico existente de la cuenca del río Ocosito, donde se definieron los diferentes tiempos de retorno específicamente en un periodo de 2 y 5 años, siendo los de mayor probabilidad de impacto en la zona evaluada. Se obtuvo información de las estaciones meteorológicas y de la estación hidrométrica del río Ocosito.

Finalmente se presentan los principales hallazgos de la modelación, productos generados por medio de un análisis multidisciplinario y las recomendaciones pertinentes en cuanto a la evidencia técnica.

Objetivos

A. Objetivo general

Generar información que permita conocer el comportamiento de la dinámica hidrológica en la parte baja de la cuenca del río Ocosito, considerando los aspectos biofísicos y socioeconómicos que se ven afectados en el área Ramsar Manchón-Guamuchal para su manejo.

B. Objetivo específico

- Generación de mapas de suspensión de sedimentos y cambios morfológicos en el cauce de la parte baja de la cuenca del río Ocosito
- Generar un modelo hidráulico para analizar la dinámica de inundaciones de la zona.
- Identificar acciones a nivel técnico que permitan mitigar los problemas ocasionados por las inundaciones y generar recomendaciones técnicas para la mitigación de problemas relacionados al área de estudio.

I. Metodología

I.1 Problemática y riesgos

Con el propósito de realizar un perfil histórico y entender la dinámica e impacto que han tenido las inundaciones en la zona de estudio durante los últimos años, se realizó un taller de consulta que contó con la participación de instituciones del sector público, privado y comunitario, figurando INAB, CONRED, CONAP, MAGA, Sociedad Civil Organizada, representantes de finca Tamaxán y Las Pampas, gobiernos locales de las comunidades Las Morenas, Tres Cruces y El Chico.

Esta actividad de carácter participativo permitió que los participantes plasmaran por medio de un mapa todas las acciones y proyectos que se han desarrollado a través del tiempo, para disminuir el impacto negativo de las inundaciones. Información que sirvió de base para comprender el impacto que provoca el desbordamiento de los ríos Ocosito y Pacayá y las obras de mitigación que han desarrollado sin mayor análisis. El taller logro obtener un perfil historio de 40 años aproximadamente, según la información plasmada por los participantes.

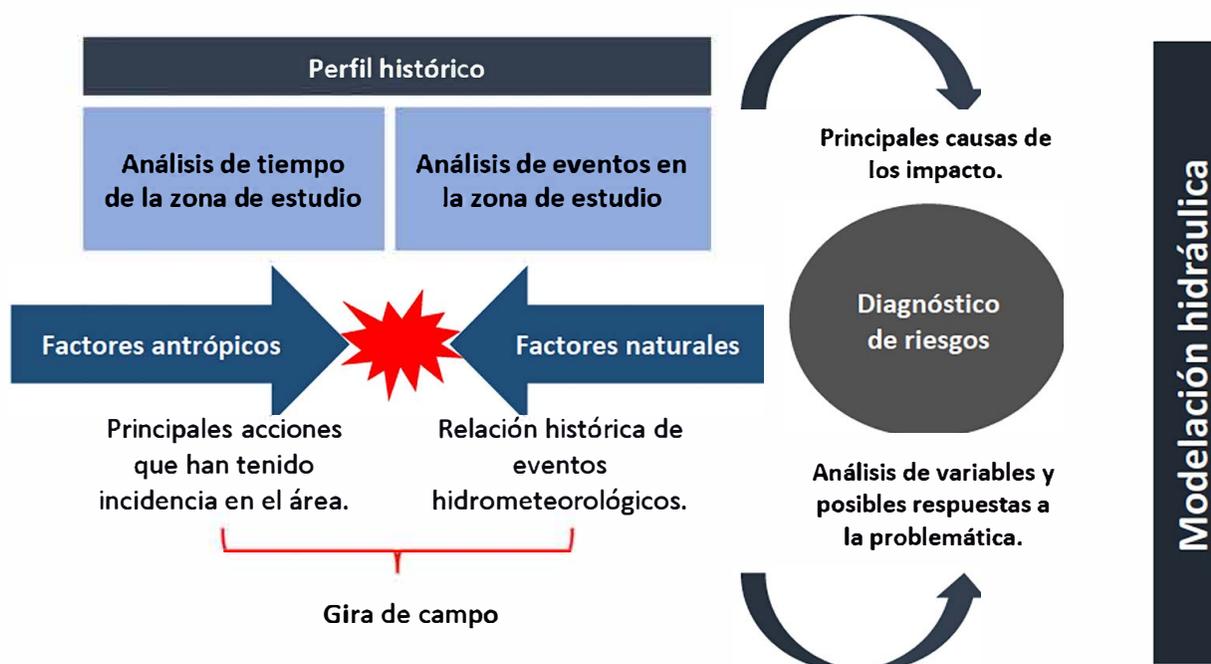


Figura 1. Esquema de metodología utilizada en taller de percepción de riesgo a nivel comunitario.
Fuente: ICC, 2020

Para el desarrollo del taller, se utilizó recurso grafico por medio de mapas cartográficos e imágenes satelitales de la zona, donde los participantes, identificaron y describieron posibles soluciones, para ser evaluadas y tomadas en cuenta al momento de realizar la modelación hidráulica de la zona.

Por último, la actividad se complementó con una gira de campo para validar la información recabada en el taller participativo, en donde se evaluó la zona de estudio y áreas aledañas al Manchón Guamuchal. Esta visita se realizó el día 13 de febrero de 2020, por medio de técnicos de ICC y con el acompañamiento de colaboradores de Finca Tamaxán y Las Pampas, así como, presidentes de COCODE de las comunidades Las Morenas y Tres Cruces. Se realizó un recorrido para reconocer la zona que se identificó durante el taller participativo, logrando la georreferenciación de puntos de interés y un sobre-vuelo por medio de un dron. Luego de esta visita se logró dimensionar y entender de mejor manera los aspectos que fueron descritos en el taller, previamente realizado.

1.2 Delimitación de área de estudio

La delimitación de la zona de estudio fue brindada por medio de personal del Proyecto de Biodiversidad, donde se resaltó el desarrollo de la modelación hidráulica en la desembocadura del río Ocosito y aguas arriba de Manchón Guamuchal. Adicionalmente se brindó un polígono de un Modelo de Elevación de Terreno –MDT que incluye el área que se ha denominado dentro del documento como zona de estudio.

Como apoyo para delimitar el área, se utilizó el programa ArcMAP® utilizando de base la información oficial de cuencas de Guatemala del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) que permitió identificar y delimitar la zona para la modelación hidráulica. Utilizando hojas cartográficas y ríos oficiales del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se identificaron los afluentes existentes dentro de la zona (ríos perennes, ríos intermitentes, canales y quineles) por medio de los programas SIG ArcMAP® y HEC-RAS 5.0.7.

Además, con imágenes satelitales y Google Earth Pro, se corroboró la información de las capas oficiales, y se actualizó la información mediante la delimitación de afluentes de agua que se encontraban descartados.



Figura 2. Mapa de ubicación zona de estudio.

Fuente: ICC, 2020



1.3 Recopilación de datos

En 2016 se generó un modelo hidrológico para la cuenca del río Ocosito, por medio del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Donde se estimaron caudales para diferentes tiempos de retorno (probabilidad de ocurrencia).

Analizando posibles escenarios meteorológicos que se pueden presentar durante la temporada de lluvia, basados en intensidad y tiempo. En la (Figura 2) se realiza un esquema de los pasos a seguir y los elementos o variables a tomar en cuenta al momento de desarrollar una modelación hidrológica e hidráulica, mismo que sirvió de base para el desarrollo de la modelación hidráulica para este estudio.

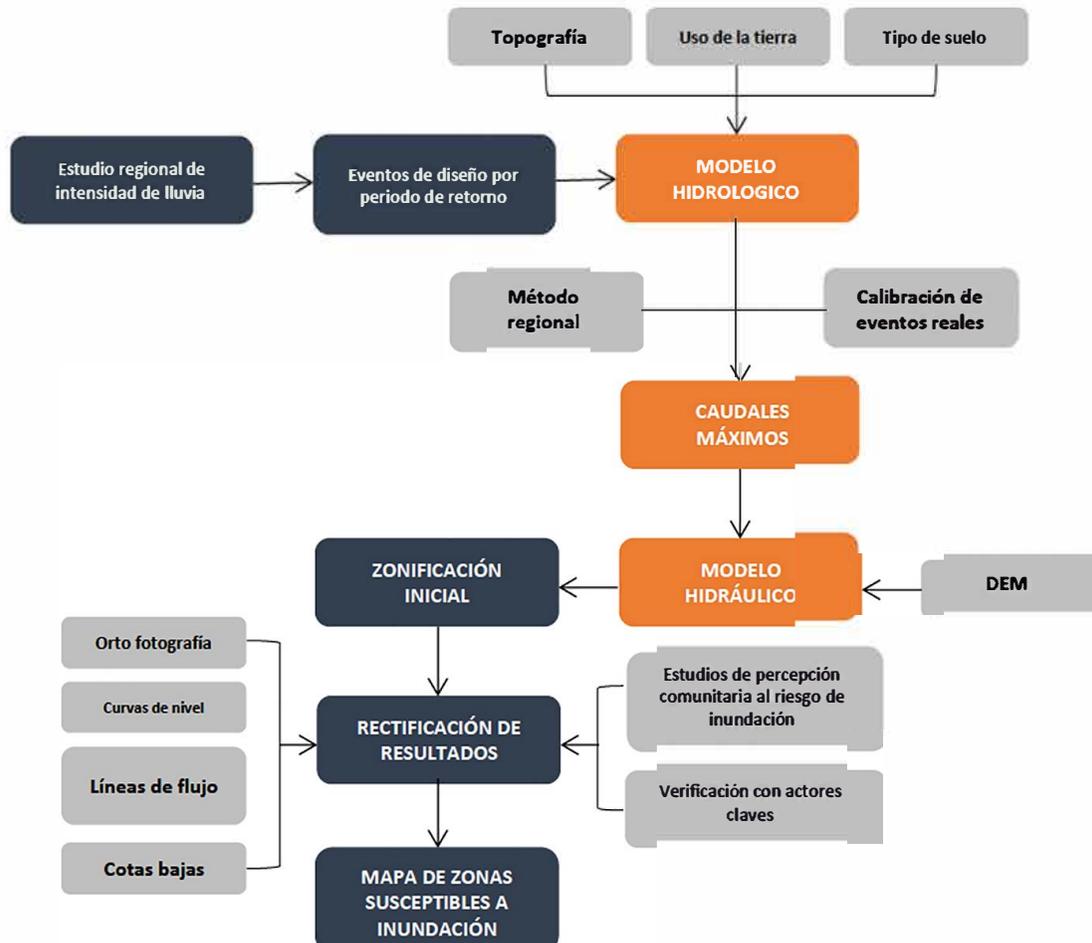


Figura 3. Metodología para la modelación Hidrológica, hidráulica y mapeo de zonas susceptibles de inundación
Fuente: ICC, 2017

1.4 Ingreso de hidrograma

Para la elaboración de un modelo hidráulico (bidimensional) es fundamental conocer cómo se distribuye el caudal de agua en un período de tiempo. La información base para este hidrograma, se obtuvo a través de la estación hidrométrica del ICC, ubicada en la comunidad Chiquirines, sobre el río Ocosito, durante el periodo de la época lluviosa del 2019.

Otro elemento utilizado, el estudio hidrológico de la cuenca del Ocosito, elaborado durante el año 2016, en coordinación del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). La información utilizada pertenece a la base de datos de caudal y los hidrogramas para los periodos de retorno a evaluar. Se utilizó de base los programas Microsoft Excel para el análisis estadístico de variables de precipitación pluvial y caudal y HEC-RAS 5.0.7 para el desarrollo de la modelación hidráulica.

1.5 Ejecución del modelo hidráulico

Para el desarrollo del modelo hidráulico es necesario contar con un Modelo Digital de Terreno (MDT) con alta resolución, debido a que el Modelo Digital de Elevación oficial para Guatemala (2006) se encuentra a una escala de 15m/pixel, lo que hace que la zona de estudio no cuente con mayor detalle, debido a que este valor de pixel y altura es el que determina las dimensiones de las celdas del ráster utilizado para la modelación.

Sin embargo el Proyecto de Biodiversidad de Guatemala, previo al desarrollo de este estudio había contratado servicios de topografía y proporcionó un producto del área de mayor resolución. A este insumo obtenido, se le realizó un pre-procesamiento para poder ajustarlo a los requerimientos dentro del software HEC-RAS, asimismo se realizó una rasterización del archivo. Por medio del software de libre acceso QGIS 3.3.3 with GRASS 7.4.4, para definir el modelo digital a utilizar, se procesaron los afluentes de agua, desde un formato vectorial a un formato ráster. Disponiendo de esta manera la nueva data en dicho formato. Posteriormente se corroboró que el formato resultante se encontrará en GeoTIFF o TIFF, para ser reconocido por HEC-RAS 5.0.7.

Con HEC-RAS 5.0.7. se creó el terreno del área de trabajo, exportando archivo GeoTIFF donde se trazó la geometría del modelo. Luego se delimitaron los límites de la malla sobre el terreno para extraer la información del modelo digital.

Los afluentes de agua (ríos, canales y quíneles) identificados, fueron trazados dentro del formato de geometría de HEC-RAS 5.0.7. Se agregaron bancos de marca (ingreso y salida de agua) en puntos aguas arriba y desembocadura de los ríos que presentaban ambas condiciones. Seguidamente se procedió al ingreso de datos de caudal e hidrograma, según el tiempo de retorno a modelar. Se agregó información de pendiente media de la cuenca e ingresaron valores del factor de Manning para tomar en cuenta la rugosidad y el cambio de uso de suelo e infiltración en los modelos. Finalmente, luego de completar toda la base de datos, se corrió el análisis del modelo.

Este proceso se realizó por cada tiempo de retorno (T_r) que se modelo. Dentro de los principales resultados se generó altura, velocidad y superficie del agua, más un video interactivo de cómo es la dinámica de la inundación, según los distintos escenarios.

1.6 Elaboración de mapas y videos

Por medio de RAS Mapper de HEC-RAS 5.0.7. se exportaron los resultados en formato GeoTIFF para ser utilizados y analizados por medio de ArcMAP®. Donde se calculó el área de mayor impacto de inundación, por medio de una capa vectorial, que permitió conocer el área afectada. Ya que dentro del HEC-RAS 5.0.7. Únicamente se obtiene el resultado de altura y velocidad de las inundaciones. Se utilizó ArcMAP® para realizar el diseño de presentación y exportación de los mapas a generar como producto final.

Otro de los insumos obtenidos dentro de HEC-RAS 5.0.7. es el desarrollo de un video interactivo para conocer el desplazamiento del caudal modelado, el cual se puede observar por medio de RASMAPER. Sin embargo, para la presentación de estos resultados, los videos fueron exportados desde HEC-RAS 5.0.7. a PowerPoint 2013 para su visualización y entrega.

1.7 Mapeo de transporte de sedimentos en suspensión

Debido a que no se cuenta con un estudio específico de esta índole en la zona, se generó un análisis comparativo de mapas durante la época de estiaje y la época lluviosa, por medio del programa Google Earth Engine, para visualizar como es la dinámica e intensidad del arrastre de sedimentos y sólidos en suspensión de la zona. Utilizando imágenes satelitales, se realizó una composición RGB de la imagen que se encontraba en color natural.

Para obtener el resultado final y visualizar el arrastre de sedimentos, se multiplicaron las bandas RGB, que permitieron incrementar la proporción de contrastes de colores y generar una imagen a falso color lo que facilitó realzar los sedimentos en suspensión.

Las imágenes utilizadas fueron de Sentinel 2, que son imágenes satelitales de la misión de observación terrestre, desarrolladas por la Agencia Espacial Europea - ESA, dentro del programa Copérnico. Programa que tiene como objetivo desarrollar observaciones del planeta Tierra para dar servicios como el seguimiento de la evolución de bosques, cambios en la corteza terrestre y la gestión de los desastres (Copernicus, s.f). Imágenes que son de libre acceso.

2. Caracterización zona de estudio

2.1 Fisiografía

El área de estudio se encuentra ubicada en una superficie de inundación que abarca el 90% del área, mientras el abanico aluvial del río Samalá y la planicie aluvial de los río Naranjo–Ocosito representan el 10% del área de estudio. Estos grandes paisajes están dentro de las llanuras costeras del Pacífico, consideradas zonas de material cuaternario, depositado debido a los cambios de pendiente, estas zonas se encuentran en elevaciones menores a los doscientos metros con un drenaje deficiente o muy escaso, presentando características únicas como lo son los pantanos de mangle y algunos esteros.

Las superficies de inundación se caracterizan por tener un micro relieve con pequeñas ondulaciones, presentando en algunas partes y conteniendo áreas de comunicación directa al mar, siendo esta región susceptible a inundaciones. La planicie aluvial de los río Naranjo – Ocosito está formada por arenas y gravas de origen volcánico las cuales son arrastradas por diferentes corrientes (MAGA, 2001).

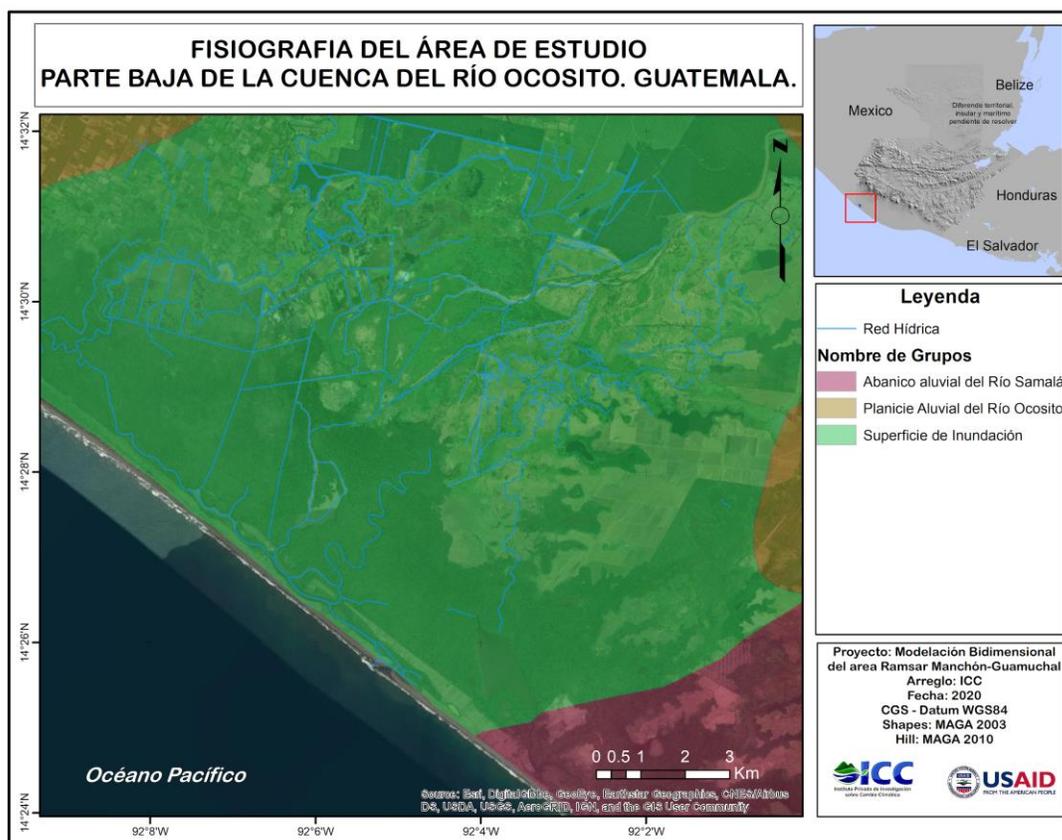


Figura 4. Fisiografía de la zona de estudio

Fuente: ICC, 2020

2.2 Geología

En relación a la carga sedimentaria que se transportan por las diferentes corrientes de agua, responde a una actividad natural y se debe a que la zona se encuentra dentro del drenaje de la cadena volcánica de la costa del Pacífico y su recurrente actividad ha permitido la conformación de esta región, por medio del constante depósito de material dendrítico proveniente de la erosión en la zonas altas de la cuenca, así mismo, por los depósitos dispersos de material producto de la explosión del complejo Santa María en el año 1902, dicha actividad geológica fue de grandes dimensiones lo cual genero un cambio en la fisiografía de ese territorio (CONAP, 2010).

Las rocas sedimentarias se encuentran ubicadas en la parte sur de país, a lo largo de toda la franja costera del Pacífico, siendo estas rocas recientes del cuaternario que aún siguen en proceso de deposición y formación en su mayoría se acumulan en abanicos aluviales, cauces de corrientes fluviales y llanuras de inundación (Herrera, 2005).

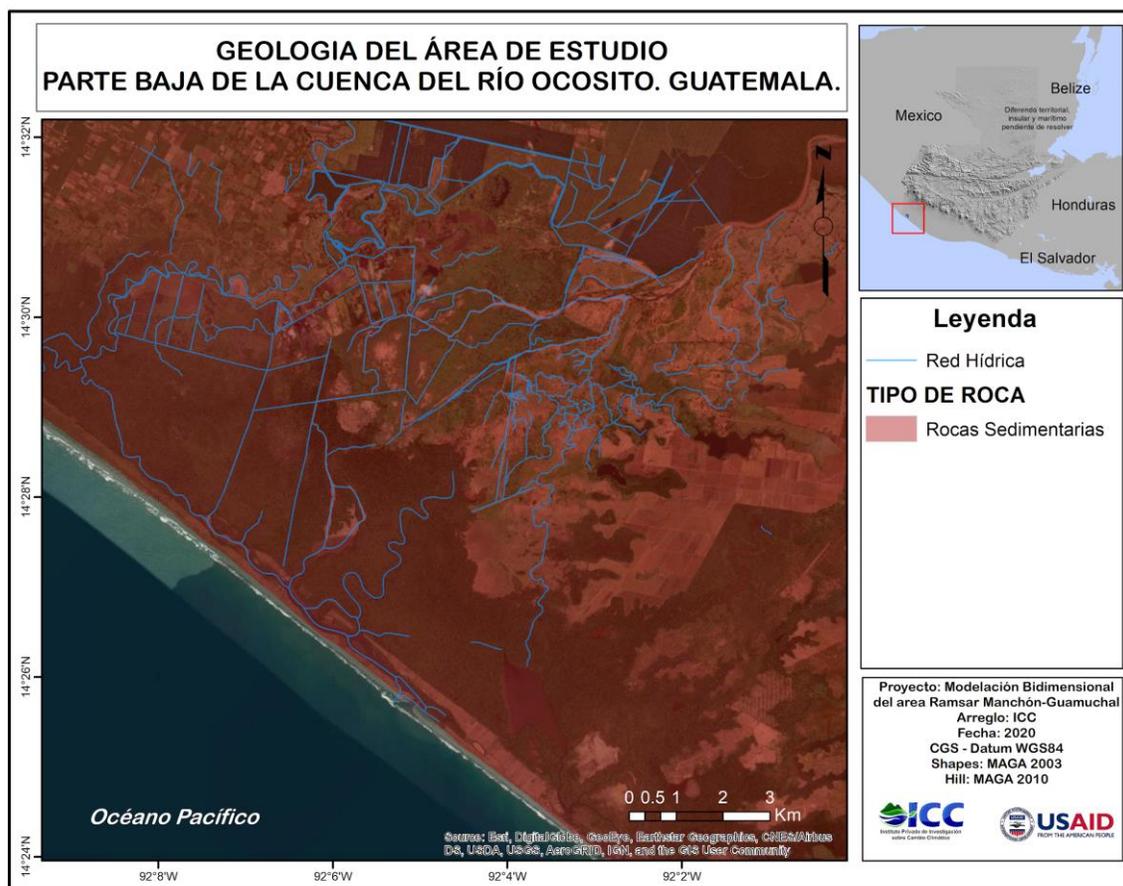


Figura 5. Composición geológica de la zona de estudio

Fuente: ICC, 2020

2.3 Taxonomía de suelos

Se identificaron suelos Aquolls los cuales son del orden Mollisol, abarcando el 80% del área de estudio. Estos suelos presentan un horizonte superficial oscuro con alto contenido de materia orgánica, con buenas características para la producción agrícola. Este tipo de suelos es común encontrarlos en zonas planas o casi planas, presentando una acumulación de agua en su interior por algún tiempo, con tendencia a excesos de agua. Generando inundaciones y saturación de los suelos por periodos superiores a los 90 días.

La suborden de suelo Usterts abarcan el 5%, estos forman parte del orden Vertisol y presenta un alto contenido de arcillas expandibles, estos suelos se mantiene húmedos y presentan una gran plasticidad, este tipo es común en zonas planas principalmente utilizados para actividades agrícolas, presentando una deficiencia en capacidad de humedad (MAGA, 2001).

El suborden Psammments se encuentra en la zona costera del país y representa el 2% del área, estos son suelos que pertenecen al orden de los entisoles, encontrándose en zonas de mucha planicie en los cuales predominan arenas (MAGA, 2001).

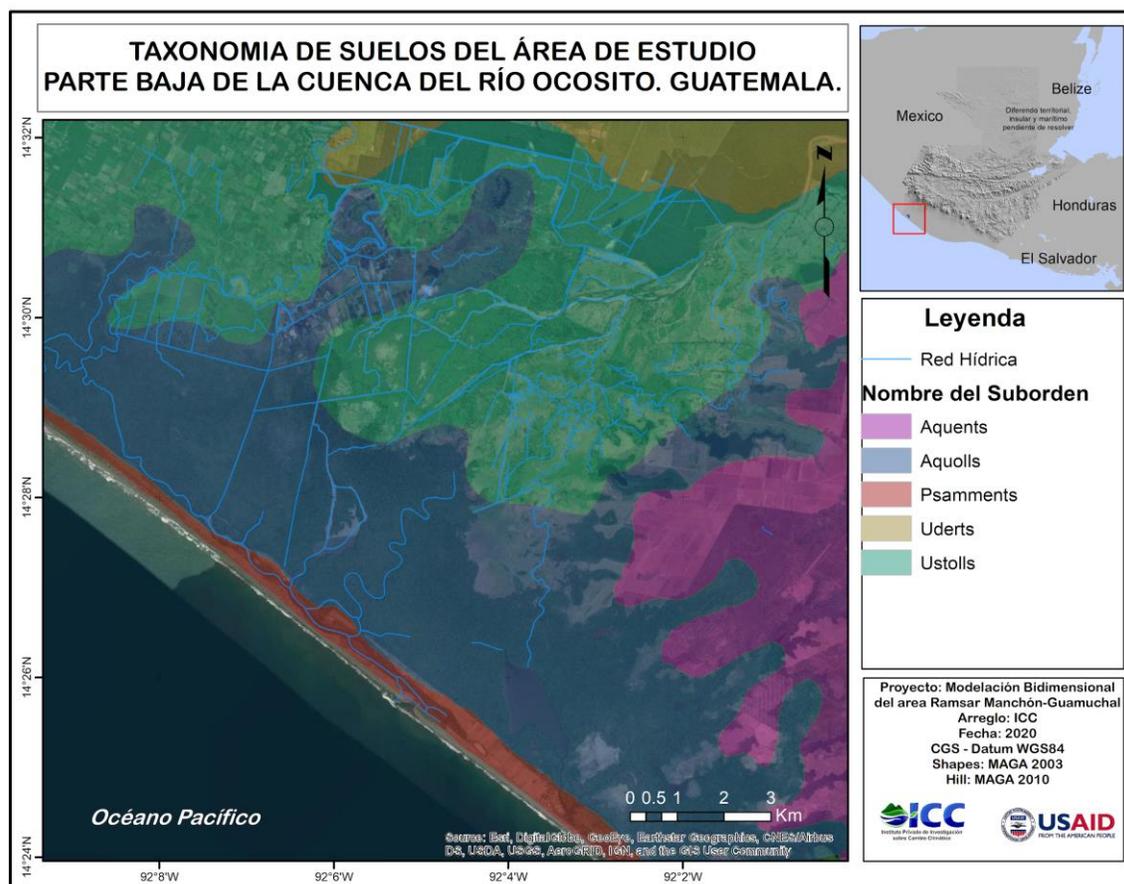


Figura 6. Taxonomía de suelos de la zona de estudio

Fuente: ICC, 2020

2.4 Textura de suelos

La clase textural reconocida dentro del área es franco arcillosas, siendo suelos que presentan conglomerados en forma de terrón con gran cohesión en la composición de sus partículas, dicha textura de suelo, favorece la formación de pequeñas lagunetas de inundación en sus partes más planas.

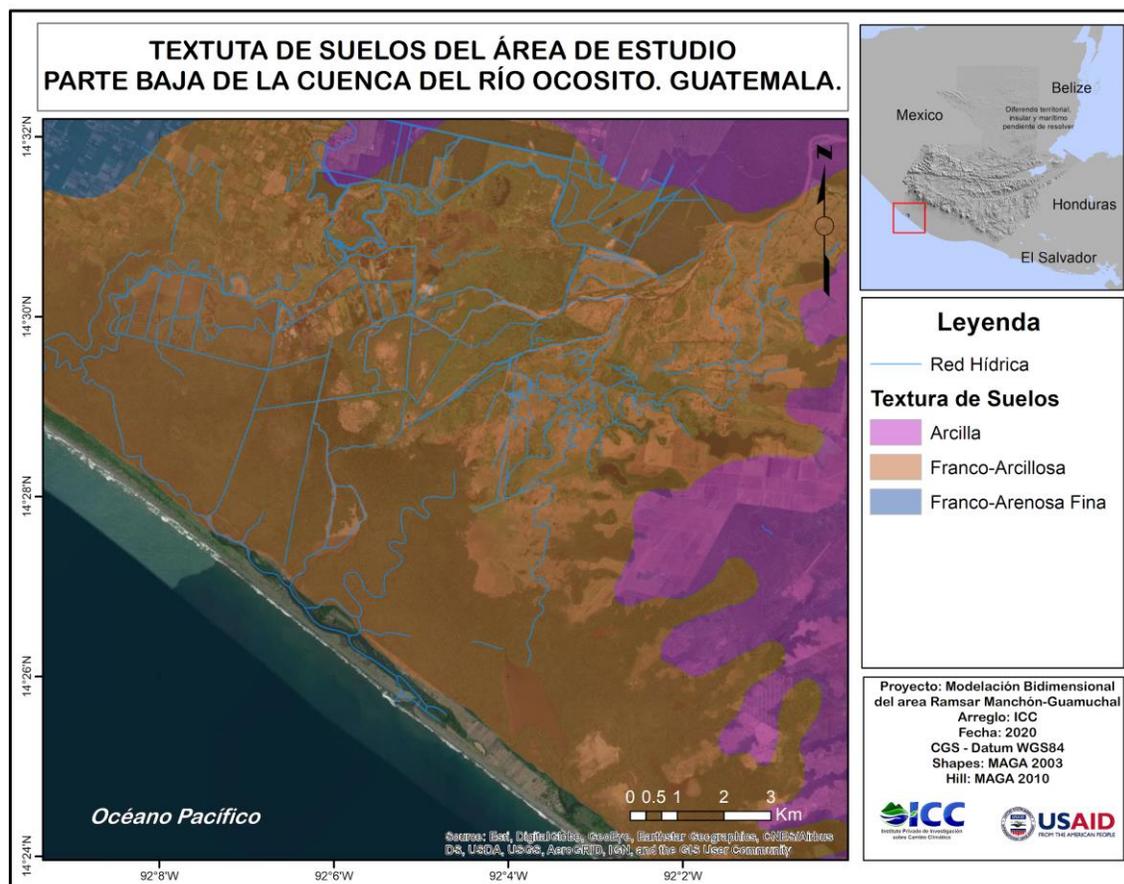


Figura 7. Textura de suelos de la zona de estudio
Fuente: ICC, 2020

2.5 Hidrografía

Según la ficha informativa de los humedales de Ramsar –FIR–, las cuencas de Ocosito y El Naranjo, tienen influencia dentro de la zona, muchas veces condicionado por los regímenes de lluvia. Otro factor que influye se relaciona con la dinámica de mareas, formando lagunas salobres y esteros.

Esta zona presenta una red hidrográfica compleja y compuesta de innumerables corrientes de agua primaria y secundaria, en su mayoría tributarias del río Ocosito. Así mismo, una red de quíneles (según datos de los pobladores de Tres Cruces, El Chico y personal de las fincas Tamaxán y Las Pampas, con más de 40 años desde su construcción), que fueron elaboradas para liberar presión y caudal de río Ocosito; que en su momento cumplieron con su función.

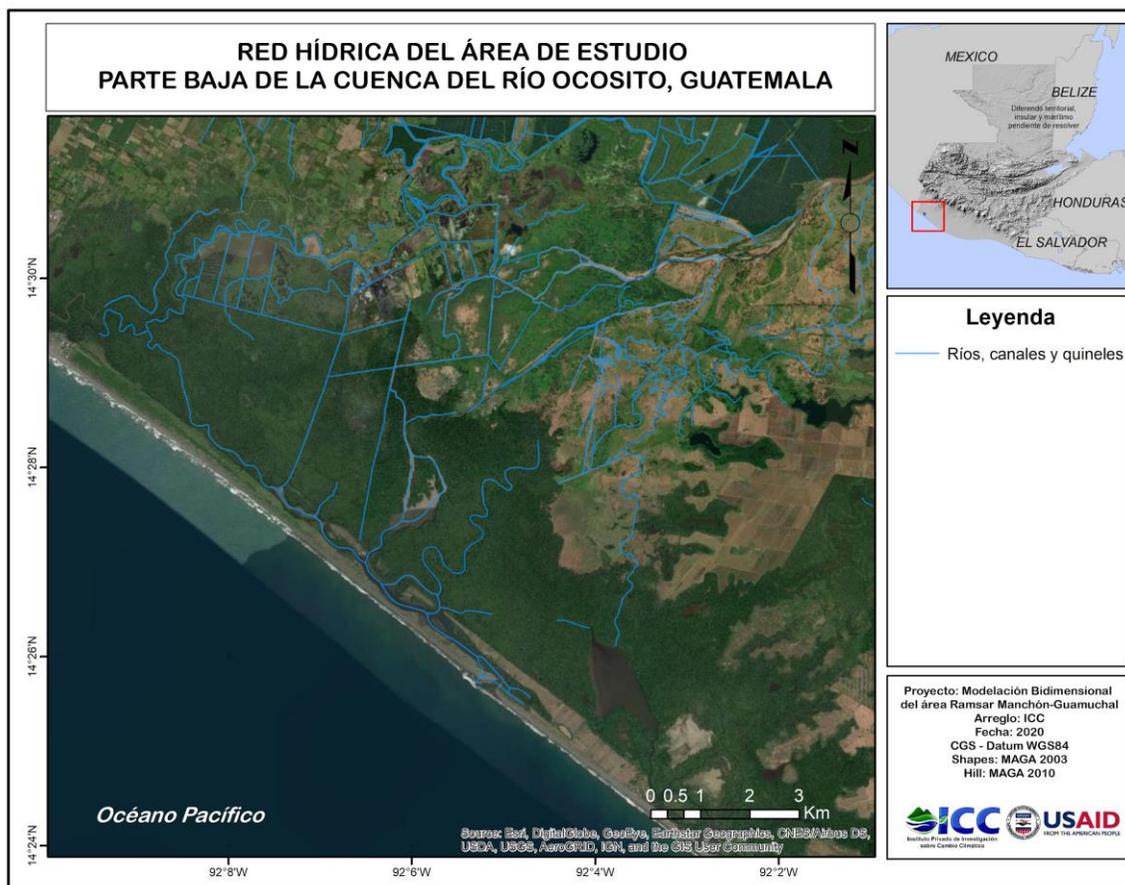


Figura 8. Red hídrica de la zona de estudio.

Fuente: ICC, 2020

2.6 Uso de la tierra

El área de estudio se encuentra en una zona de humedales y tierras de inundación, en la que predominan actividades productivas de camarón y ganadería, este es el caso de las fincas Tamaxán y Las Pampas, que se han visto afectadas por la recurrencia de inundaciones, por tal motivo han realizado diferentes obras de mitigación como lo son diques longitudinales (bordas) con el fin de proteger las áreas productivas en época de lluvias.

En las áreas colindantes a la zona de amortiguamiento del Manchón-Guamuchal, se encuentran zonas de cultivo de banano y palma de aceite.

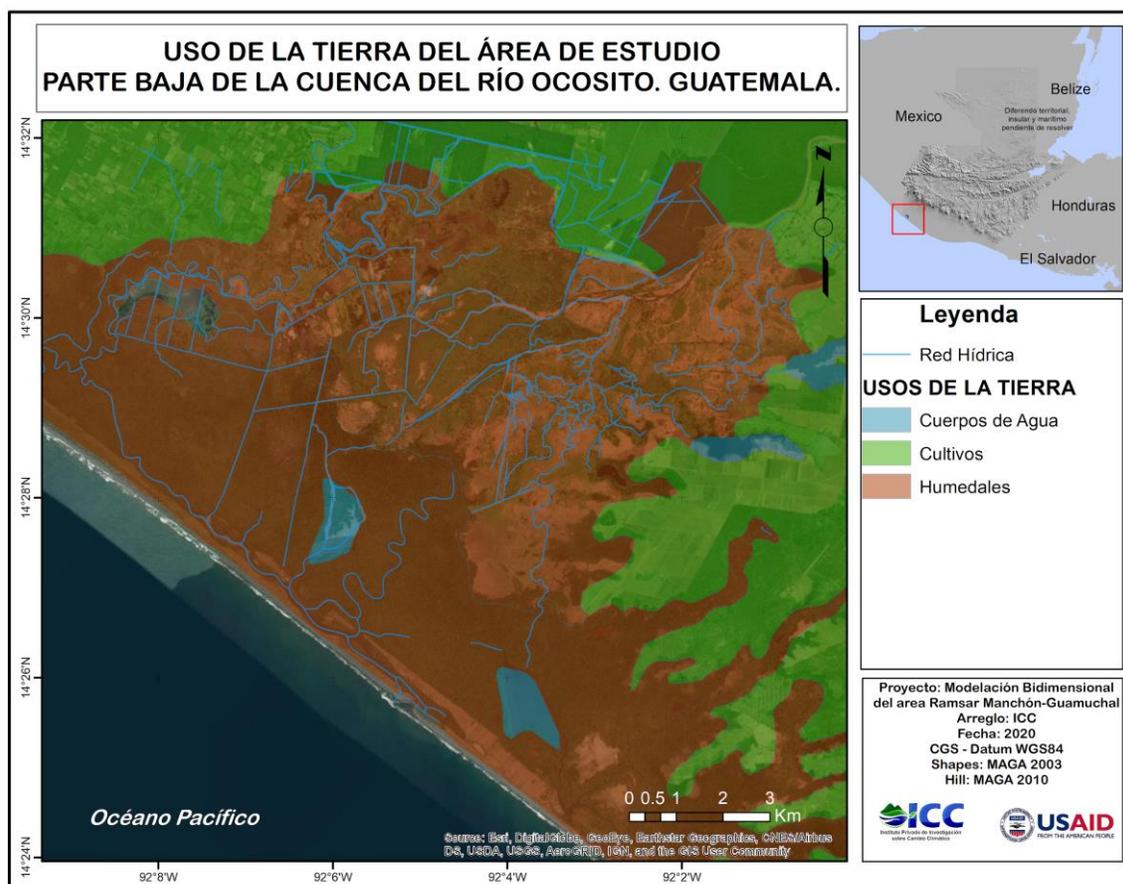


Figura 9. Uso actual del suelo de la zona de estudios

Fuente: ICC, 2020

2.7 Condiciones Climáticas

El clima es predominantemente cálido en la zona, común de la franja costera del Pacífico de Guatemala, según el INSIVUMEH la temperatura media anual es de 25°C, con una mínima promedio de 21°C y alcanzando temperaturas de 33°C.

La precipitación pluvial promedio anual en el área se encuentra entre los 1200 a 2000 mm anuales. Los meses con mayor precipitación pluvial son agosto, septiembre y octubre. La zona cuenta con una dinámica muy alta y frecuente de tormentas electro-atmosféricas.

En las partes altas, se registran precipitaciones de más de 3000mm anuales, siendo un factor que incide de manera indirecta y significativamente en las partes bajas.

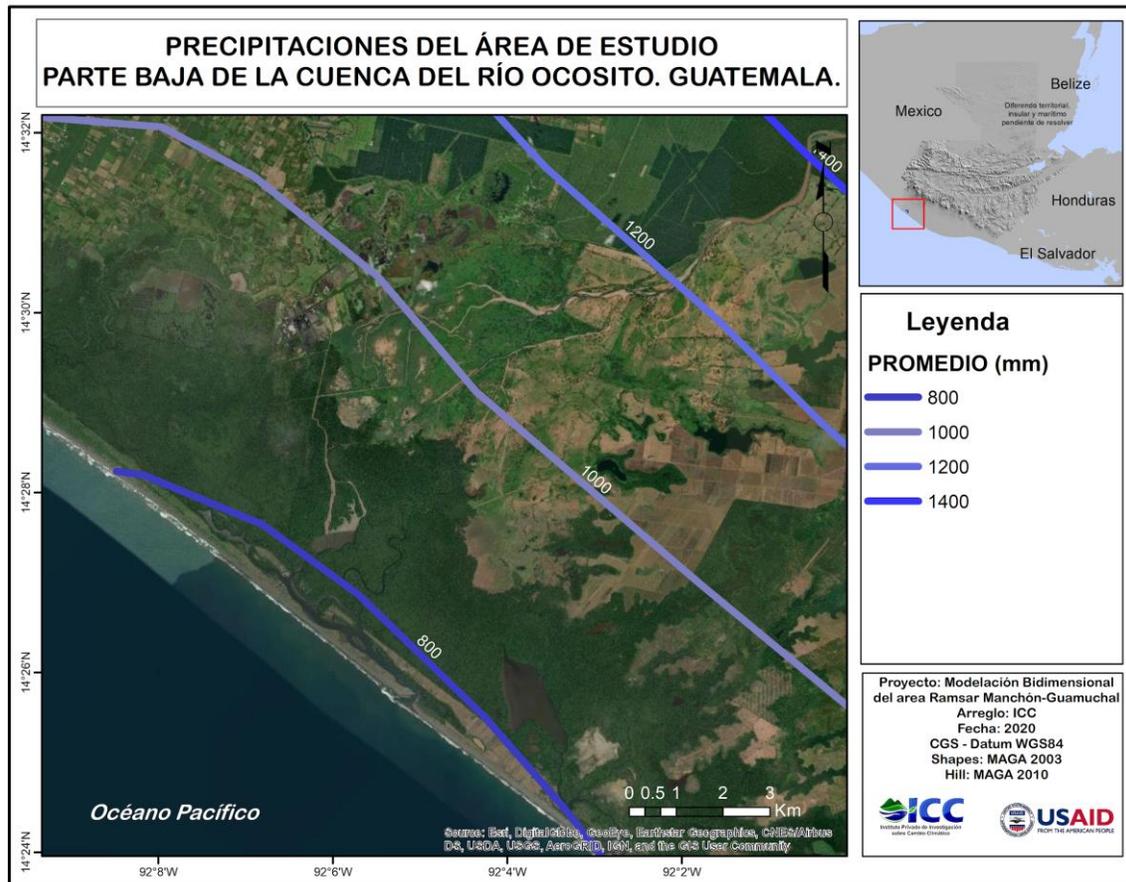


Figura 10. Precipitación media de la zona de estudios
Fuente: ICC, 2020

2.8 Topografía

Dentro del área de estudio, se presenta una topografía prevalentemente plana, con elevaciones promedio respecto al nivel del mar de 5 metros, estas zonas presentan pequeños cambios altitudinales y ondulaciones del terreno lo que lo hace propenso a la acumulación de agua y la formación de ciénagas, con un porcentaje de pendiente de 1.5 % aproximadamente. en estas áreas el rango altitudinal se encuentra de 0 a 200 msnm. De manera indirecta el área de estudio presenta incidencia de la parte media y alta de la cuenca esto debido a la pendiente.



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

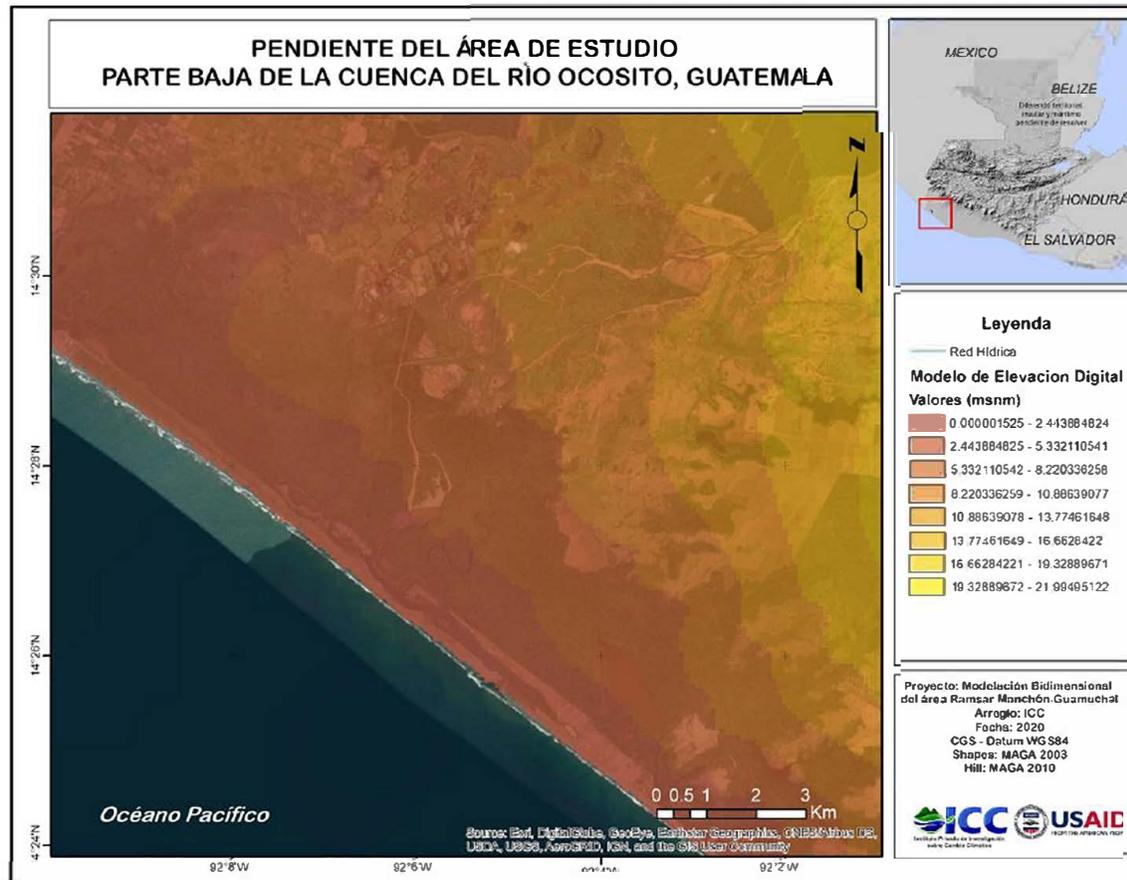


Figura 11. Mapa de pendientes de la zona de estudio
Fuente: ICC, 2020

2.9 Biodiversidad

Según datos de la ficha Ramsar del CONAP (2010), Manchón Guamuchal cuenta con una extensión territorial de 13,942 hectáreas, encontrándose dentro de ellas, cuatro especies de mangle, rojo (*Rhizophora mangle*); blanco (*Laguncularia racemosa*); botoncillo (*Conocarpus erectus*) y negro o madre sal (*Avicennia germinans*), posee una elevación de 10 metros en los puntos alto, hasta decaer a 0 metros en la costa marina.

Este humedal marino costero se caracteriza por una combinación de diversas comunidades vegetales, mencionado duna costera, bosque seco, bosque de mangle, bosque de palma, bosque de sauce, macrofitas acuáticas, lagunas de agua dulce y salobres, humedales de agua dulce, zonas de pantano y vegetación secundaria. En la áreas pantanosas y pastizales (por ejemplo dentro de la zona evaluada), en época de lluvia son anegados por agua dulce, hay palmas (*Arecaceae*), conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), palo de jiote (*Bursera simaruba*), zapotón (*Pachira aquatica*), sauce (*Salix*) y árboles de guamuch, entre otros (Calderón, 2017).

Se cuenta con una riqueza muy importante de fauna marina, terrestre y aves, en donde especies consideradas en peligro de extinción realizan actividades dentro de la zona. La importancia natural de este territorio según Eco ciencia (s,f), se debe a que cada año, el humedal se convierte en un

punto de paso y descanso para gran cantidad de aves migratorias y como punto de reproducción y crecimiento de fauna marina: camarones, cangrejos, conchas, peces, tortugas, aves playeras, patos y garzas.

2.10 Medios de Vida

Aunque existe una riqueza de la biodiversidad, cabe resaltar, que el territorio cuenta con limitadas fuentes de ingreso para los pobladores ubicados dentro del área de estudio, la principal fuente de ingresos está relacionados a temas agrícolas, agropecuarios y acuícolas, las comunidades aledañas Tres Cruces y El Chico, realizan actividades de pesca de subsistencia y artesanal, como medio principal de aprovisionamiento de alimentos y fuente de ingresos económicos. En muchos de los casos se convierten en la única fuente económica y de subsistencia para varias familias de estas comunidades. Esta condición se agrava por la recurrencia de inundaciones en la zona, llegando a generar impactos a la economía familiar y productiva.

Según datos obtenidos en el taller participativo, se indicó que el cultivo de camarón se realiza de manera extensiva en fincas ubicadas dentro del área de estudio, funcionan como medio de vida para muchos de los habitantes de esta área, esto debido al convenio que existe entre los propietarios de la finca y los comunitarios de la zona en donde las ganancias son repartidas para ambas partes esta información fue proporcionada por los mismos comunitarios, en los últimos años este medio de vida se ha visto afectado debido a la pérdida del cultivo de camarón ocasionado por las frecuentes inundaciones derivadas de los taponamientos en los cauces de ríos, canales y quineles.

La pesca se realiza en el agua salobre formada en el Manchón-Guamuchal, según la percepción a nivel comunitario, debido al taponamiento de muchos de los quineles aguas arriba, el flujo de agua se ha visto interrumpido, repercutiendo en la laguna La Colorada. Los líderes comunitarios de Tres Cruces indican que al bajar los niveles de agua en esta laguna se ven afectados en la pesca artesanal, siendo esta laguna años atrás una de las más importantes para la realización de esta actividad.

La ganadería y la agricultura son actividades realizadas en la zona de tipo intensiva y genera fuentes de trabajo para muchos de los habitantes de la zona, los principales cultivos del área son banano y palma. Este tipo de actividades se ven afectadas por las inundaciones debido a la pérdida de cultivos por la frecuencia de inundación en época de lluvia ocasionados por el constante cambio en el cauce del río y la saturación de los suelos.

3. RESULTADOS

La problemática actual se basa en dos escenarios, según la percepción comunitaria. La primera es durante la época de estiaje, donde los niveles del agua del río Ocosito descienden a causa de la extracción para riego en las fincas que se encuentran al norte de las comunidades, adicionalmente el taponamiento de los canales, provocando que la poca agua que llega de manera superficial se vea interrumpida en su paso y de esta manera no llegue hasta la zona manglar y desciendan los niveles de agua en la laguna La Colorada. El segundo factor es durante la época lluviosa, donde se incrementan los caudales de los ríos y al tener los quineles llenos de sedimentos no tienen la capacidad de evacuar o conducir el agua hasta la desembocadura con el mar. Lo que provoca mayor impacto por la pérdida de cultivos, ganado y como un ingreso bipartito según expresan, la muerte de camarón, viéndose afectado por el ingreso en exceso de agua dulce a las zonas de cultivo.

Los dos escenarios tienen en común la preocupación del taponamiento de los quineles, lo que conlleva a realizar la pregunta si ¿es necesario dragar dichos quineles? Para que el agua fluya nuevamente y llegue hasta la desembocadura, o bien, ¿realizar un nuevo canal para conducir el río? De esta manera garantizar la conducción del caudal tanto en época de estiaje, pero sobre todo, durante la época lluviosa. Siendo esta segunda opción por la cual muchos líderes que participaron dentro del taller hacían la sugerencia.

De tal manera que el Proyecto de Biodiversidad de Guatemala, contrató servicios para realizar la **modelación Hidráulica** la cual sirve para simular por medio de modelos numéricos una situación real que se puede producir a causa del incremento del caudal principal del río, de esta manera conocer el comportamiento, fluidez y puntos de posible desbordamiento del cauce, para determinar algunas obras de mitigación y disminuir el impacto de las inundaciones en la zona. Para este estudio se realizó una modelación hidráulica bidimensional, como se habló en la metodología. Lo cual dará como resultado, la identificación de zonas de inundación y la cantidad de hectáreas que pueden ser afectadas según los diferentes tiempos de retorno modelados.

Asimismo por medio de esta modelación se logró observar los lugares de fluidez del recurso hídrico dando una primer conclusión del porque se han azolvado los canales de la zona, que naturalmente no son área donde fluye el cauce principal.

La estructura del trabajo consistió en conocer por medio de fuentes secundarias la información existente, realizar la caracterización y modelar el tema de inundaciones, siendo el segundo escenario presentado por los líderes de la zona y por lo cual fue contactado el ICC. Partiendo de esta premisa se realizó una recabación de información de inundaciones.

La costa sur del país, durante varios años se ha visto afectada por el impacto de las inundaciones, la alta precipitación pluvial de la región y la dinámica de los ríos, incrementan el nivel de riesgo sobre los centros poblados, medios de vida e infraestructura, provocando innumerables pérdidas a la economía local, regional y nacional, así como, la pérdida de vidas humanas (Fuentes, 2017).

En el año 2017, el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático realizó la unificación de varios estudios en la región de la vertiente del Pacífico de Guatemala, relacionados al resultado de mapeo de inundaciones por medio de modelación hidráulica, para conocer las áreas de mayor riesgo de inundaciones. La fuente de la integración, se basó en estudios realizados por instituciones como JICA (Japan International Cooperación Agency), SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación de la República de Guatemala) y los que ha desarrollado el ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático), dando como resultado el mapa de zonas de Inundación de la Vertiente del Pacífico de Guatemala (**Figura 12**).

El propósito, unificar en un solo mapa los estudios que existían de la Costa Sur e identificar poblados de mayor riesgo de inundaciones. Dentro de estos, se incluye el área de estudio para conocer la zona de mayor inundación, el cual fue validado por medio de líderes comunitarios en el año 2016 y elaborado por medio de una investigación de tesis de licenciatura de la Universidad de San Carlos de Guatemala y con el apoyo del ICC. Donde se observa que la zona del presente estudio, en la cuenca del río Ocosito debido a sus condiciones topográficas, es un área de inundación con poca capacidad de drenaje superficial, lo que genera no solo inundaciones de tipo fluvial, si no también de tipo pluvial.

En la **Figura 13**, se hace referencia del mapa de amenaza por inundaciones del departamento de Retalhuleu, el cual fue desarrollado por CONRED. Esta modelación se realizó con una metodología diferente a la desarrollada por el ICC en el 2016, las dos siguen siendo modelos unidimensionales. En ambas modelaciones coinciden los resultados, donde se logra identificar que la parte baja de la cuenca del río Ocosito, es un área con amenaza de inundaciones de medio a muy alta, dentro de este mapa se tienen identificados los poblados que reportaron inundaciones previo a la edición del mapa, lo que sirvió para la validación de los resultados. Información que se grafica nuevamente en otro mapa compartido por la empresa ██████████, el cual fue elaborado en el 2012 (**Figura 14**).

Estos modelos dan a conocer el impacto que históricamente han tenido las inundaciones en la cuenca del río Ocosito, y como el área de interés se encuentra en una zona de mayor riesgo y puede ser afectada recurrentemente por el incremento de lluvia y caudales de los principales ríos de la zona, dando como resultado el desbordamiento de sus cauces, en la actualidad el aumento en los sedimentos y basura se ha vuelto un factor más a tomar en cuenta en el estudio realizado en la parte baja de la cuenca, esto debido a que estos factores han venido a cambiar los cauces y flujos de agua ocasionando inundación y aumentando el riesgo en zonas donde antes no existía por lo cual el estudio hidráulico en dos dimensiones funciona como una herramienta para establecer los posibles escenarios que ocurrirán en la zona de estudio.

Otra de las fuentes de verificación que se realizó, fueron los reportes por medio de medios escritos, generando una tabla donde se resume el impacto que han tenido los eventos hidrometeorológicos en los últimos 46 años en la cuenca del río Ocosito.

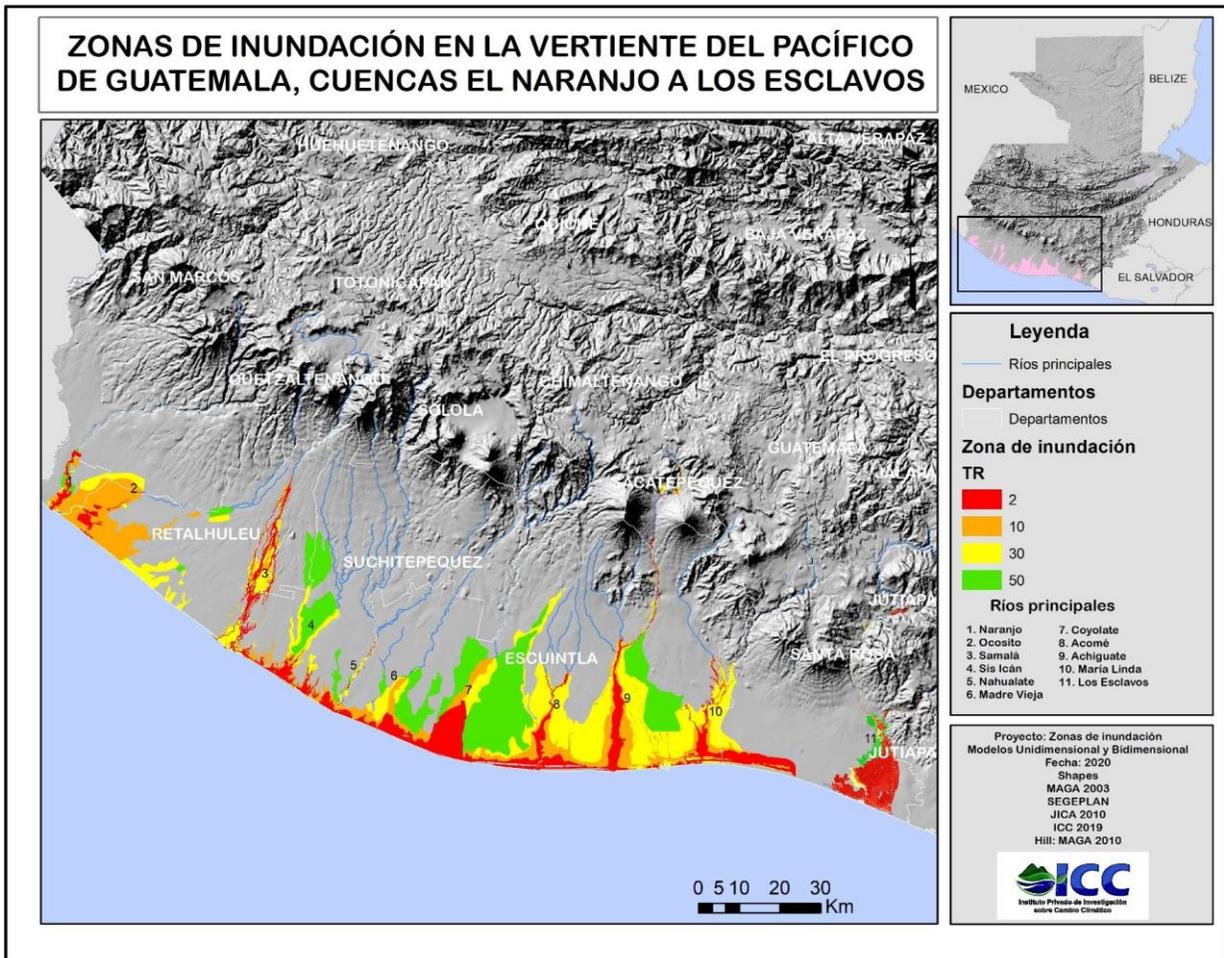


Figura 12 Mapa de zonas de inundación en la vertiente del Pacífico
Fuente: ICC, 2020

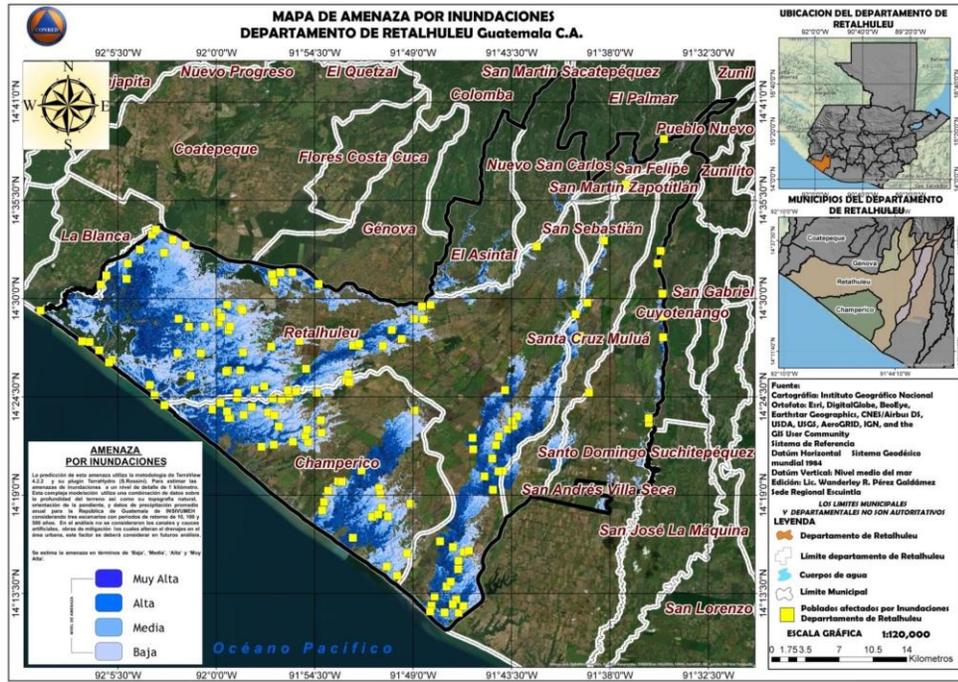


Figura 13. Mapa de amenaza por inundaciones en el departamento de Retalhuleu
Fuente: ICC, 2020

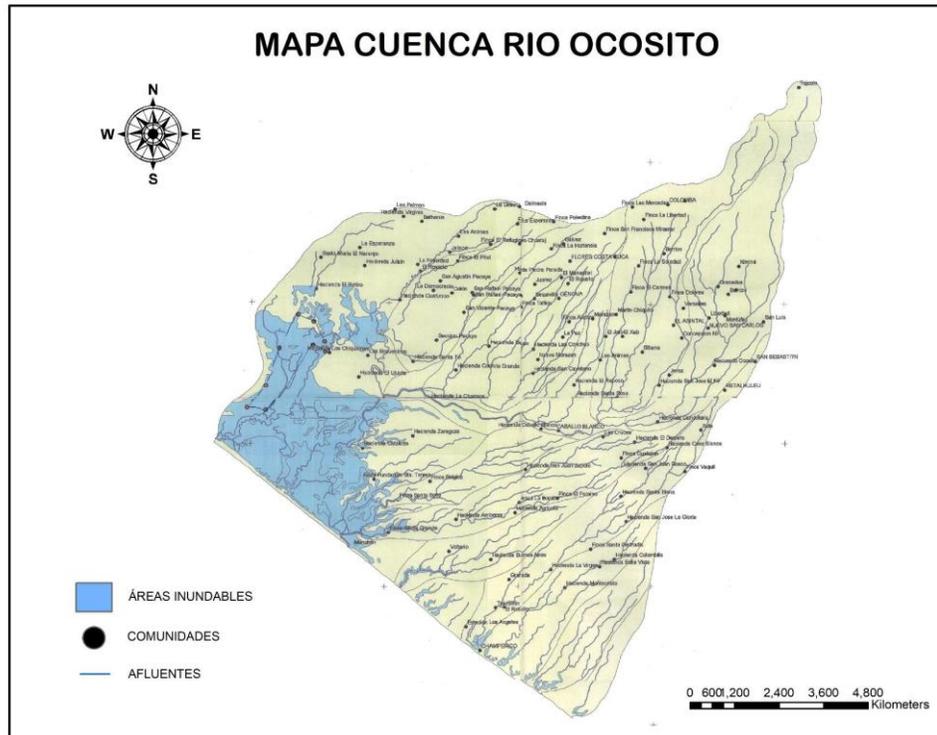


Figura 14. Mapa cuenca del río Ocosito
Fuente: BANASA, 2012

Tabla 1. Principales eventos hidrometeorológicos que han afectado el municipio de Retalhuleu

Departamento de Retalhuleu (Fenómenos de orden hidrometeorológicos)			
Fec	Centro poblado	Municipio	Efectos
20/09/1974	La Maquina San Andrés Villa Seca Caballo Blanco Monterrey Las Cruces	Retalhuleu	Huracán Fifi. Inundaciones por el desborde de los ríos Nil y Ocosito. Daños en cultivos, las cuales se perdieron por el exceso de lluvia (Fuente: Prensa Libre).
11/06/1990	Santa Cruz Muluá Finca El Palmar Finca San Felipe	Santa Cruz Muluá	Riesgo el puente ferroviario de Santa Cruz Muluá por la corriente del Samalá, así mismo el colapso del puente colgante que comunica a la comunidad El Palmar (Fuente: Prensa Libre).
16/06/1990		Santa Cruz Muluá San Sebastián	La lluvia y la cantidad de material (lahares) del Volcán Santiaguito amenaza con sepultar algunos pueblos del suroccidente, la lava ha azolvado gran parte del cauce del río Samalá, poco interés institucional en la problemática (Fuente: Prensa Libre/El Quetzalteco).
02/11/1992		Champerico El Asintal Nuevo San Carlos San Felipe San Martín Zapotitlán Santa Cruz Muluá San Andrés Villa Seca Cabecera deptal.	Torrenciales lluvia en la costa del Pacífico, causaron daños materiales dejando sin energía a 9 municipios del Retalhuleu por casi 24 horas (Fuente: Prensa Libre).
19/05/1993	El Porvenir	Retalhuleu	Niña de 8 años murió arrastrada por una corriente de lava, al momento de que pasaba en compañía de su padre por el río Nimá I (Fuente: Prensa Libre).
31/05/1993		San Sebastián	El azolvamiento del río Salamá pone en riesgo la estructura del puente del mismo nombre y dejar incomunicada por vía terrestre la zona occidental (Fuente: Prensa Libre).
01/09/1993	Kilómetro 175 y 176	Retalhuleu	Autoridades del CONRED visitaron el área de desbordamiento del río Samalá, sobre la carretera que une Mazatenango y Retalhuleu, para evaluación de daños y agilizar la ayuda a los damnificados (Fuente: Prensa Libre).
06/10/1995	El Reposo Caballo Blanco Comunidad Agraria Valle Lindo	Retalhuleu	Numerosos agricultores se han visto afectados por las inundaciones provocadas por el desbordamiento de varios ríos en Retalhuleu. Se dice que las pérdidas son elevadas. La lluvia no cesa y en algunos lugares la lluvia inicia desde horas de la mañana. Incrementando el nivel de agua en las áreas inundadas (Fuente: Prensa Libre).
30/07/1996		Retalhuleu	Debido a su trayectoria en el Océano Pacífico, el huracán Douglas proveniente de Nicaragua, perdió fuerza, convirtiéndose en una tormenta tropical, pasando a kilómetros de las costas guatemaltecas provocó intensas lluvias y vientos que ocasionaron cuantioso daños (Fuente: Prensa Libre).
27/10/1998		Retalhuleu	Huracán Mitch. Cuantiosas pérdidas en cultivos, desbordamiento de varios ríos, población afectada por inundaciones (Fuente: Prensa Libre).
30/05/2010		Retalhuleu	Ingreso al país de la tormenta Ágatha que afectó once departamentos causando inundaciones, deslaves, destrucción de infraestructura y pérdidas económicas (Fuente: Prensa Libre).
24/10/2008		Retalhuleu	Inundaciones en diferentes municipios del departamento por los efectos de la lluvia producto de la tormenta I6, crecida del río Ocosito y Pacayá. (Fuente: Prensa Libre).
27/09/2010		Retalhuleu	Las lluvias mantienen en alerta a los pobladores de la parte baja de Retalhuleu, donde se reportan crecidas de ríos (Fuente: Prensa Libre).
18/09/2017		Retalhuleu	Desbordamiento del río Samalá a la altura del Km. 178 Vuelta del Niño, obstrucción del paso vehicular (Fuente: PublineWS).
12/10/2017	La Maquina	San Andrés Villa Seca	Contaminación de pozos artesanales a causa de las inundaciones en la zona (Fuente: Diario de Centro América).
31/05/2018	Zonas 1 y 3	Retalhuleu	Las zonas 1 y 3 de la cabecera departamental resultaron afectadas por la crecida de los ríos Bolas, Tzununá y Xulá, que inundaron al menos 35 casas (Fuente: Prensa Libre).

Fuente: Proyecto "Alianza Público-Privadas para Gestionar el Riesgo a Desastres en Guatemala" 2016-2017

3.1 Sedimentos en suspensión

Debido a las características físicas del territorio, existe una alta carga sedimentaria en la zona, respondiendo a un patrón típico de una planicie de inundación proveniente de una cadena volcánica maga (MAGA, 2001), esta condición junto a los cambios de pendiente, altas precipitaciones y cambio de uso de la tierra favorecen la erosión de los suelos y el transporte de sedimentos por medio de escorrentía. Los sedimentos adheridos en los cauces de los ríos logran ser removidos por fuertes precipitaciones o por eventos extremos (tormentas tropicales) que son poco recurrentes, haciendo que la capacidad de los cauces aumente.

Debido a las condiciones de topografía de la zona y las fuertes precipitaciones, hacen que el material transportado se deposite en diferentes puntos, ocasionando el azolvamiento del lecho del río y red de canales de la zona, esto sumado al transporte de basura en el cauce del río aumenta el azolvamiento y taponamiento, información que fue validada por medio de los líderes comunitarios. Asimismo, al no ser corrientes definidas y ser canales artificiales se logra observar por medio de la modelación que no es una zona natural de desfogue del cauce, lo que provoca mayor deposición de material y por la falta de mantenimiento hace que estos vayan cerrándose naturalmente.

Los sedimentos se han depositado a lo largo del tiempo, lo que ha ocasionado el aumento de las probabilidades de inundaciones y cambios drásticos en la dirección de los diferentes afluentes, tanto principales como secundarios al río Ocosito. La sedimentación de los canales y cauce del río ha ocasionado la obstaculización de la corriente continua de agua hacia el área Ramsar Manchón-Guamuchal teniendo efectos en el ecosistema. Ocasionando la pérdida de flora y fauna de la zona, así como de actividades productivas. Con el paso del tiempo puede llegar a alterar el hábitat de las especies de este territorio.

En la

Figura 15 se realizó el mapa de transporte de sedimentos en suspensión por medio del agua, este mapa se realizó con imágenes satelitales a través de la composición de la imagen en color natural. Esta imagen se trabajó con el propósito de identificar la intensidad de arrastre de sedimentos e identificar las zonas de mayor deposición de materiales. Por tal motivo se realizaron imágenes comparativas de los años 2017 y 2019 tanto para la época de estiaje como la época lluviosa, donde se logra observar fácilmente el incremento de sedimento que es arrastrado durante la temporada de lluvias.

Por medio del contraste de colores se genera una imagen a falso color lo que facilita realzar los sedimentos en suspensión (tonalidades en color magenta), mientras que el agua se identifica en tonalidades de color negro. Durante la época de estiaje se observa los lugares donde se tiene mayor depósito de material.

Es importante mencionar que esta no es una modelación de sedimentos, sin embargo en una segunda fase de este subcontrato se realizará una modelación de erosión hídrica en la cuenca del río Ocosito, donde se podrán tener más insumos y contribuirá para determinar la problemática de sedimentos en la zona.

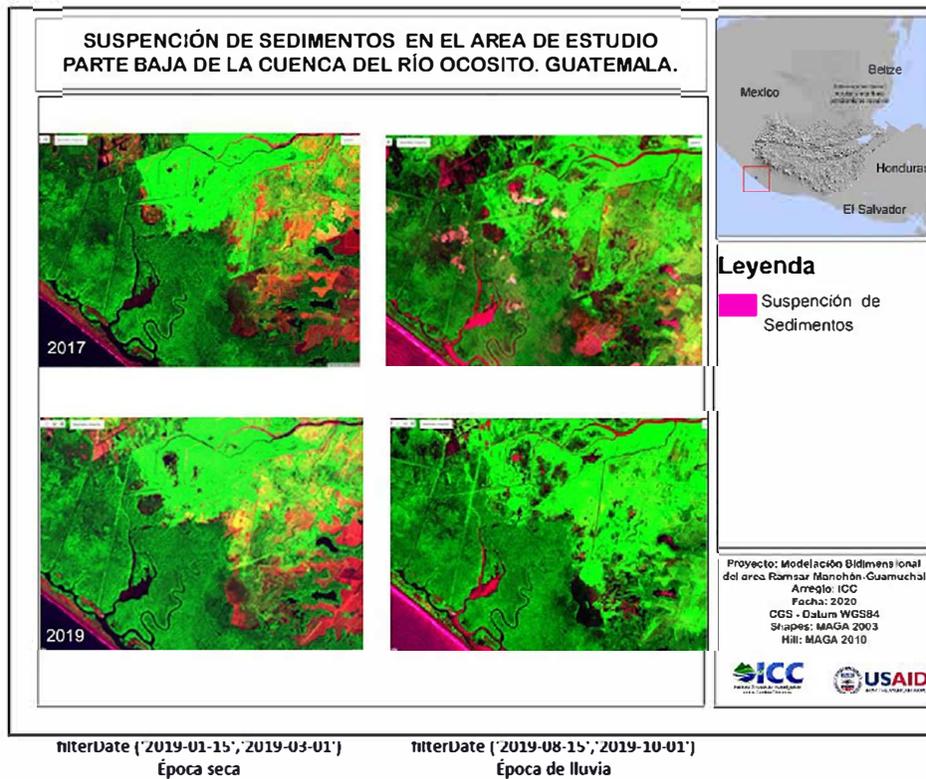


Figura 15. Mapeo de suspensión de sedimentos en la cuenca del río Ocosito
Fuente: Google Earth Engine, 2020

3.2 Cambios morfológicos del cauce del río Ocosito a causa de la sedimentación

A través de los años se logra evidenciar el cambio morfológico en el cauce del río y quineles, esto por la acumulación de sedimentos provenientes de las partes media y alta de la cuenca. La deposición de sedimentos en esta área es un proceso natural debido a la pérdida de energía del agua, ocasionado por la pérdida total o parcial de la pendiente en el terreno.

En la **Figura 16** se hace una comparación de los cambios morfológicos del cauce del río durante los últimos 7 años. El año 2013 se representa con el color rojo, donde se logra observar que la mayoría de canales y quineles del área de estudio transportaban agua hacia el área Ramsar Manchón-Guamuchal, estaban funcionando en su totalidad, por lo cual el agua llegaba sin ningún problema hacia la laguna La Colorada.

El año 2017 se representa de color amarillo, y se logra observar que en cuatro años el rumbo del cauce ha sido re direccionado, este ha cambiado su dirección y se empieza a observar ya quineles azolvados. Sin embargo el flujo de agua hacia el área del mangle y la laguna se mantiene. Precisamente coincide con la información que se generó durante el taller, donde indican que entre el 2016 y 2017 se azolvo un brazo del quinel que se encontraba cerca de las piletas de camarón en dirección hacia el sur de la finca, resaltando que a causa del mismo tuvieron problemas de inundaciones.

3.3 Modelación hidráulica bidimensional

Para el desarrollo del modelo Hidráulico se utilizó la información obtenida en el estudio hidrológico (ICC, 2016) que corresponde a un tiempo de retorno de 2 y 5 años, probabilidad que existe en la zona de ser impactada por el desbordamiento de los ríos y quineles a consecuencia del incremento de caudales y azolvamiento de los cauces. También se tomó en cuenta la información obtenida de la estación hidrométrica del río Ocosito.

El modelo hidráulico para un tiempo de retorno de dos años (**Figura 17**) según el modelo Hidrológico estima un caudal promedio de 236m³/s, dando como resultado un área de inundación de 27.81 km², afectando todas las fincas ubicadas en la parte norte y sur del cauce natural.

Para determinar esta modelación se realizó inicialmente bajo las condiciones originales del Modelo Digital del Terreno (MDT), para conocer la dinámica del flujo del agua y su desplazamiento. Seguidamente se realizó una limpieza de canales, definiendo sus cauces dentro del MDT y se corrió nuevamente el modelo, dando como resultado el desbordamiento del cauce aguas arriba. En ninguno de los modelos que se hizo con el trazo de quineles existente y que en la actualidad se encuentran azolvados, se logró obtener una modelación adecuada y que corriera agua dentro de lo quineles de manera natural. El agua siempre tuvo el mismo desplazamiento, lógicamente hacia las áreas más de mayor depresión topográfica.

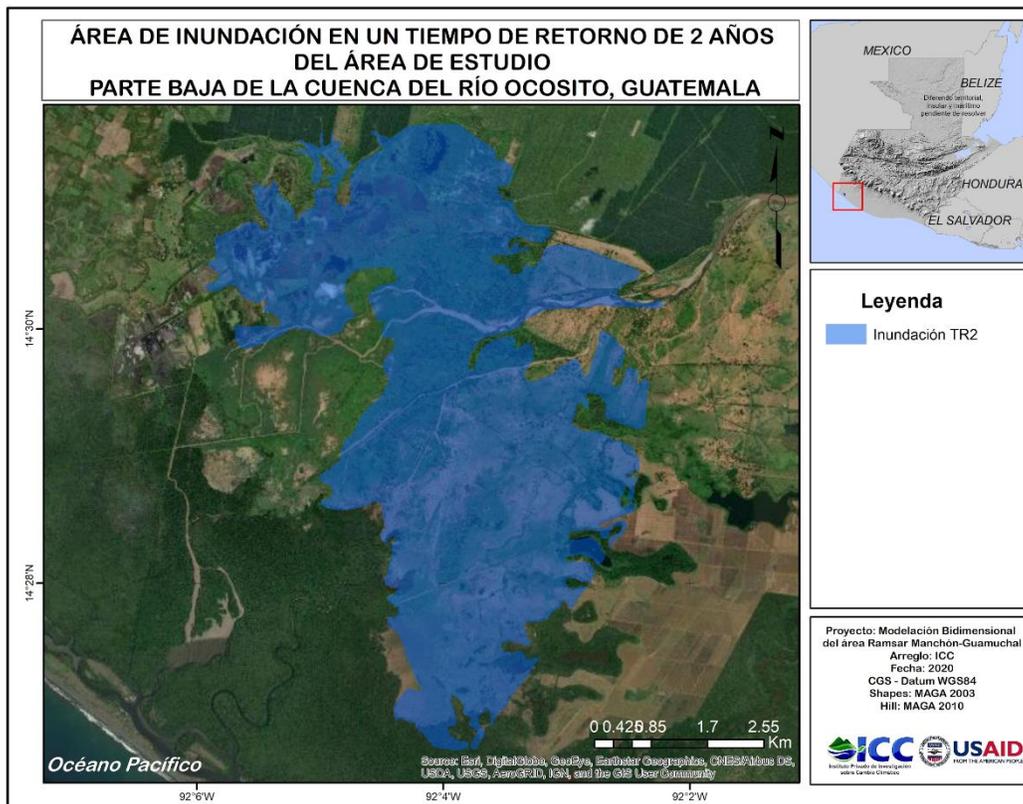


Figura 17. Área de inundación en un periodo de retorno de dos años.
Fuente: ICC, 2020.

El modelo hidráulico para un tiempo de retorno de 5 años (**Figura 18**), se trabajó con un caudal de 395 m³/s, proyectando inundaciones en un área de 35.56 km², aumentando el área de afectación en las fincas ubicadas en la parte norte como se puede observar en el mapa. Siendo específicamente la zona donde se empiezan a ubicar las piletas de cultivo de camarón.

La dinámica del bosque manglar, representa un rol de barrera ante inundaciones. Esto hace que una pequeña parte ingrese al bosque y reduzca el caudal que se encuentra estancado según los modelos. Sin embargo esta fue una de las limitantes que se tuvieron con el MDT, la tecnología que se utilizó para el levantamiento no logro pasar la densidad del manglar, por lo cual, en los modelos que se generaron existe una barrera densa que dé cobertura vegetal y hace que el desplazamiento de agua en ese punto no logre pasar en el modelo. Lógicamente esto pasa únicamente con el modelo numérico, sin embargo en la realidad se sabe que el mangle ayuda a mitigar el impacto de inundaciones, crea una barrera natural y disipa la energía del agua, entonces existe una filtración y escorrentía superficial que se desplazará dentro del bosque manglar, que no se logró realizar por medio de la modelación.

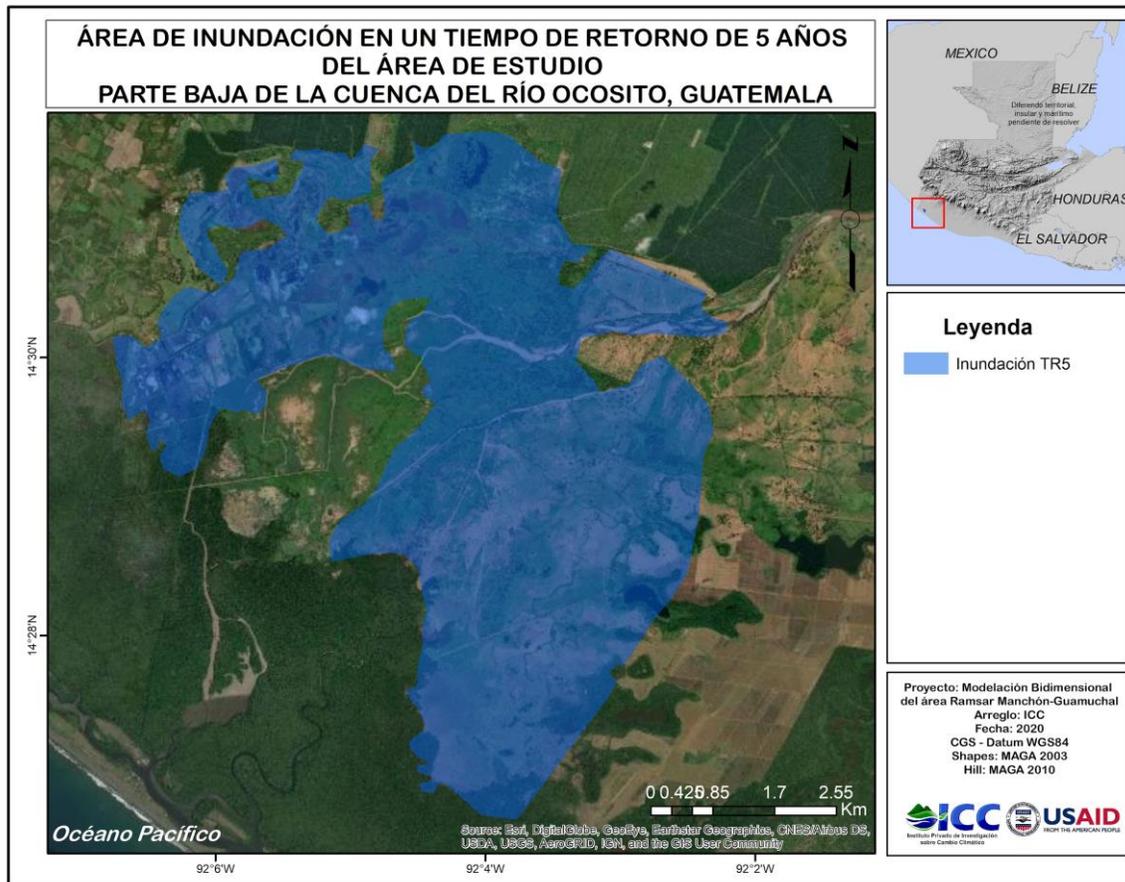


Figura 18. Área de inundación en un periodo de retorno de cinco años.
Fuente: ICC, 2020.

Según el modelo hidráulico las inundaciones en un tiempo de retorno de dos años pueden alcanzar alturas hasta de 4.5 m en el cauce del río. Debido a la topografía de la zona, los terrenos aledaños al cauce pueden ser anegados por alturas que van de 0.5 m hasta 2 m.

Las fincas las Pampas y Tamaxán se pueden ver afectadas por inundaciones entre 1 y 2 metros de altura, mientras que en la zona aledaña al sitio Ramsar Manchón-Guamuchal, las inundaciones pueden llegar a tener una altura de 1.5 m. Esta información se logró validar durante la visita de campo que se realizó a la zona de estudio, donde los líderes comunitarios y personal de las fincas indicaron que han tenido inundaciones hasta de 1.5 metros de altura logrando verificar por medio de las marcas de agua en postes de la finca.

Para un tiempo de retorno de cinco años el modelo genera alturas de inundación hasta de 6.5 m en los cauces del río, lagunas y ondulaciones naturales del terreno ocasionado por el desbordamiento del río. El área aledaña al sitio Ramsar Manchón-Guamuchal presenta inundaciones que pueden llegar hasta los 5 metro, esto debido al aumento del caudal, la pendiente del terreno y su lenta capacidad de infiltración y drenaje.

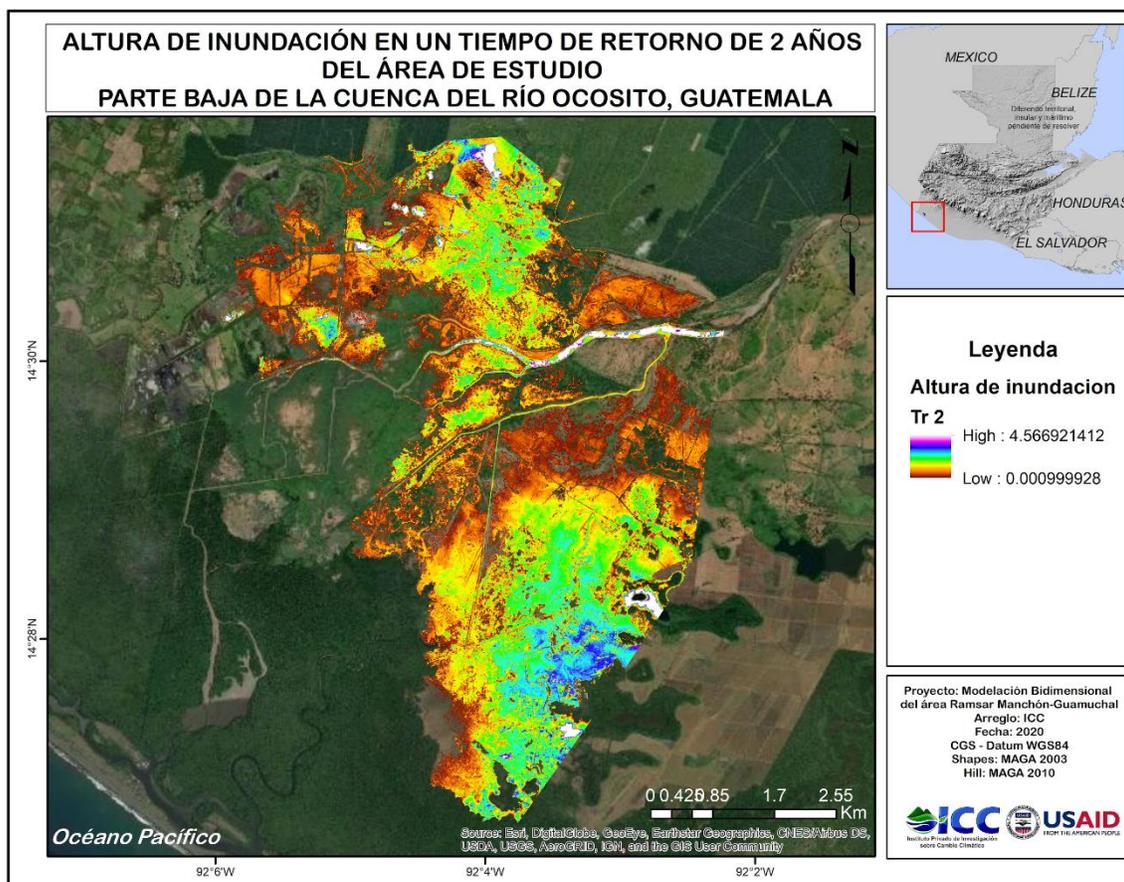


Figura 19. Altura de inundación en un periodo de retorno de dos años.
Fuente: ICC, 2020.

La velocidad del flujo de inundación generada para el tiempo de retorno de dos años oscilan entre 3.5 m/s y 6.4 m/s, teniendo mayores velocidades dentro del cauce del río en donde las velocidades oscilan entre 4.8 m/s y 6.4 m/s.

En las áreas aledañas al sitio Ramsar Manchón Guamuchal las velocidades no son mayores a los 4.5 m/s, el flujo de agua en esta área se hace de una manera lenta y constante debido a la saturación de los suelos.

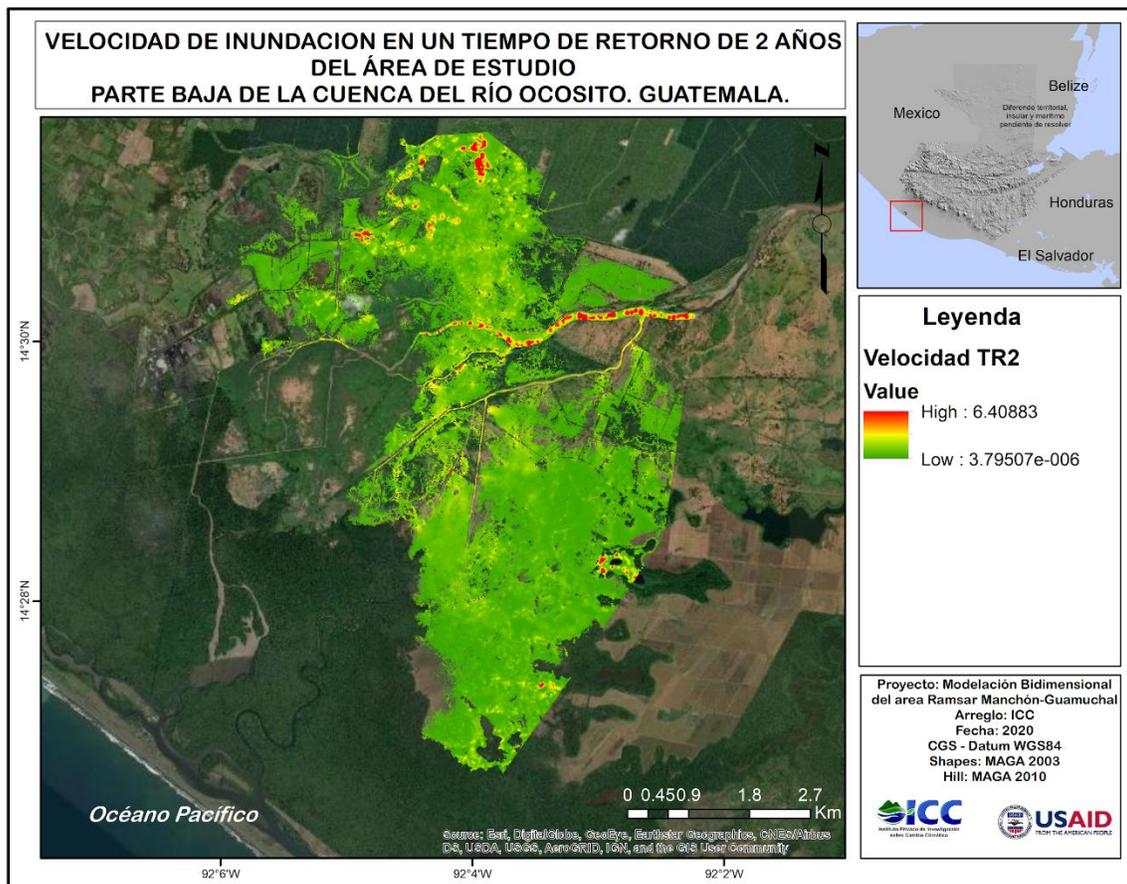


Figura 20. Altura de inundación en un periodo de retorno de cinco años.
 Fuente: ICC, 2020.

La velocidad del flujo de inundación generada por medio del modelo hidráulico en un tiempo de retorno de cinco años oscila entre 5.3 m/s y 7.8 m/s, teniendo velocidades dentro del cauce del río que oscilan entre 6.1 m/s hasta 7.8 m/s.

En las zonas aledañas a Manchón-Guamuchal siendo esta una planicie de inundación se encuentra entre 5.34 m/s y pueden llegar hasta 6 m/s, estas velocidades. Estas velocidades aumentarán a causa del incremento de lluvias y por la existencia de un evento extremo de precipitaciones superiores a un tiempo de retorno de 5 años.

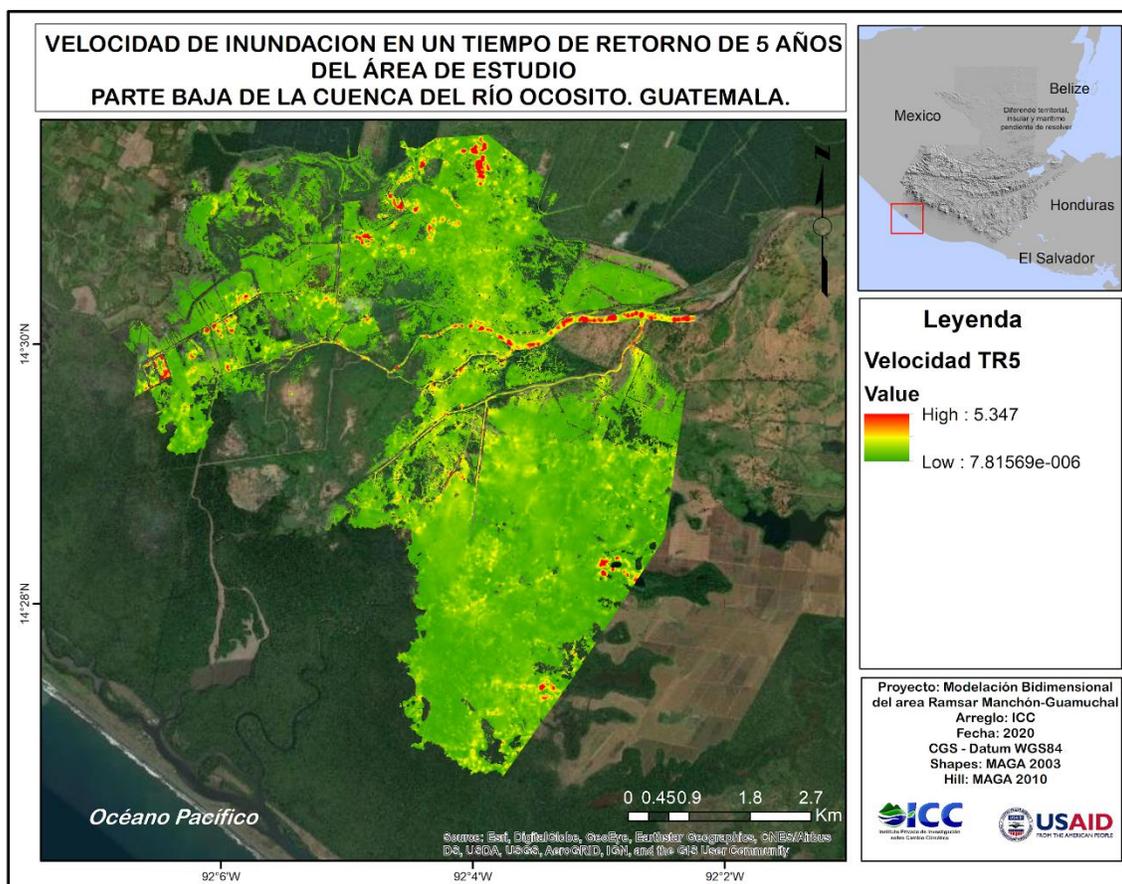


Figura 21. Velocidad de inundación para un tiempo e retorno de cinco años
Fuente: ICC, 2020.

4. CONCLUSIONES

Ante la naturaleza de la zona (condiciones fisiográficas, geológicas y edafológicas) presenta condiciones que caracteriza como zonas inundables. Por medio del modelo hidráulico bidimensional, permitió conocer cómo es la dinámica de una inundación de tipo fluvial (desbordamiento de río). Con caudales de 236 m³/seg este puede generar inundaciones de 27.81 km² de extensión de área, mientras que con caudales de 395 m³/seg puede afectar hasta 35.56 km² de área. Además de las condiciones naturales, la creación de quineles y falta de mantenimiento ha disminuido la capacidad de escurrimiento de agua, influyendo a las inundaciones. Según la modelación del área evaluada, no tiene una conexión directa con la laguna La Colorada, el mayor aporte de agua no depende del agua superficial posiblemente, se estima que el aporte proviene del agua subterránea.

El arrastre de sedimentos en ríos derivado de los cambios de uso de la tierra, actividades agrícolas, y otros elementos contaminantes hace que pierda la capacidad de evacuación el río y disminuyendo su profundidad. Las partículas que quedan adheridas en los cauces logran ser arrastrados por fuertes lluvias o eventos poco frecuentes (tormentas tropicales) que logran mejorar la capacidad de los ríos. Este comportamiento ocasiona cambios morfológicos, importante mencionar, que la zona es un área natural de depósito de sedimentos y tiene la característica de azolvar zonas, abandonar lechos de ríos, llenar lagunetas, dinámica que dependerá del incremento y velocidad de las crecidas para movilizar los sedimentos.

Las posibles alternativas para mitigar la problemática de inundaciones puede ocasionar alteraciones dentro del área Ramsar Manchón-Guamuchal. Siendo un área de importancia por su biodiversidad, se considera pertinente la intervención de autoridades para la evaluación de las posibles alternativas.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un estudio hidrogeológico en el área para conocer el aporte de agua subterránea a los cuerpos de agua superficial.

Como un siguiente paso se recomienda la elaboración de un plan de manejo integrado a nivel de cuenca, que permita establecer un proceso donde se integre a todos los actores a nivel de cuenca, con un enfoque de gobernanza, donde se creen y apliquen normativas que persigan el uso racional y la conservación de los recursos naturales, acciones que pueden repercutir de manera positiva en la parte baja de la cuenca.

Se recomienda que las autoridades participen y estén informadas durante todo el proceso para facilitar la toma de decisiones.

Es importante mencionar que toda acción que se realice en la zona de amortiguamiento puede provocar daños irreversibles en la zona de protección o tener impactos negativos en el ecosistema.

Abrir nuevos canales no necesariamente es la solución más viable, ya que depende de un costo inicial y de mantenimiento a lo largo de los años, el cual se ha dejado de hacer y no garantiza evitar el desbordamiento del río y que este llegue a la laguna o desembocadura del canal.

Debido a la dinámica y desplazamiento del agua en la zona, al momento de ejecutar nuevos quíneles se recomienda considerar el cauce mayor, con el objetivo de canalizar el 100% de agua, se debe tomar en cuenta el espejo de agua, el caudal máximo, topografía, desniveles, tirante máximo, entre otros. Sin embargo, es importante resaltar que el río buscará su cauce natural o buscará depresiones donde desplazarse. En la medida de lo posible se recomienda evitar la creación o expansión de canales para re-direccionar y liberar presión de la corriente del río dentro de la zona de estudio, si no se toman en cuenta todas las variables correspondientes.

Una alternativa puede ser, identificar zonas de inundación y trabajar un quínel con el ancho mínimo del cauce y adicionar diques longitudinales (bordas) para encausar y canalizar el agua, o únicamente destinar áreas de inundación y ejecutar los diques longitudinales, de esta manera evitar el desplazamiento de la inundación por toda la zona. Estos diques deben calcularse respecto a un espejo máximo de agua, donde se pueda desplazar e inundar, se debe determinar una altura máxima de tirante para definir la corona del dique, la longitud del mismo se debe extender hasta el cauce o zona donde se quiera realizar el desfogue del caudal.

Sin embargo es importante resaltar que el incremento de estas obras de ingeniería puede incidir directamente en cambios futuros de la trayectoria de las inundaciones e interrumpen el ciclo natural de la zona, adulterando sus procesos.

El tratar de eliminar escombros, basura, sedimentos de los canales/quíneles actuales, no garantiza que solucione el problema de inundaciones y que llegue agua hasta la laguna, según lo verificado por medio de los modelos estos quíneles no logran evacuar el río de manera natural, por tal razón no correrá adecuadamente sobre esos canales, lo que provocará que se tenga una deposición de material y azolvamiento rápidamente.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, C. (02 de 05 de 2019). *Así es la biodiversidad en Manchón-Guamuchal, donde un incendio forestal ha causado daños*. Obtenido de Prensa Libre: <https://www.prensalibre.com/ciudades/retalhuleu/asi-es-la-biodiversidad-en-manchon-guamuchal-donde-un-incendio-forestal-ha-causado-danos-desde-hace-cinco-dias/>
- Barrientos, P. B. (2009). *Dstrucción y contaminación del ecosistema manglar por parte de personas que lo utilizan para el cultivo de camarón*. Guatemala.
- Barrientos, M. E. (2009). *Monografía del municipio de Siquinalá*. Guatemala.
- Calderón, L. (01 de 10 de 2017). *Manchón Guamuchal, un majestuoso humedal de la Costa Sur de Guatemala*. Obtenido de Ecocienciagt: <https://www.ecocienciagt.com/articulos/manchon-guamuchal-un-majestuoso-humedal-de-la-costa-sur-de-guatemala>
- CONAP–, C. N. (02 de 2010). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)*. Obtenido de conap.gob.gt: <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2019/09/725-Manchon-Guamuchal.pdf>
- Fuentes, F. (2017). *Análisis costo-beneficio de las obras de mitigación ante inundaciones y su aporte en el crecimiento económico de las comunidades, caso caserío Canoguitas, Nueva Concepción, Escuintla*. Guatemala.
- Herrera, C. (2005). *Caracterización e investigación geológica de los materiales utilizados en la construcción civil en Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria.
- ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático). 2016. *Determinación de las áreas susceptibles a inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Ocosito mediante modelación y percepción comunitaria*. Guatemala. 119 p.
- MAGA. (2001). *Mapa Fisiografico-Geomorfologico de la República de Guatemala*. Guatemala.