



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**Daños en la línea de costa de Holbox y las
localidades con mayor riesgo a inundaciones
por marea de tormenta en la costa de
Quintana Roo.**

MONOGRAFÍA
Para obtener el grado de
INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTA
Dionisio Benjamin Arteaga Macias

Supervisores propietarios
M.I.A Juan Carlos Ávila Reveles
Dr. David Velázquez Torres
M.P. Gerardo Daniel López Montejo

Supervisores suplentes
M.I. José Luis Guevara Franco
Dra. María Luisa Hernández Aguilar



Chetumal, Quintana Roo, México, Julio 23 de 2021





UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Monografía elaborada bajo la supervisión del Comité del programa de licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:

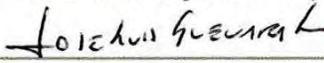
INGENIERIA AMBIENTAL

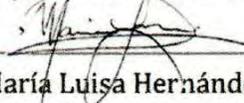
COMITÉ DE MONOGRAFÍA

Supervisor propietario: 
M.I.A. Juan Carlos Ávila Reveles

Supervisor propietario: 
Dr. David Velázquez Torres

Supervisor propietario: 
M.P. Gerardo Daniel López Montejó

Supervisor suplente: 
M.I. José Luis Guevara Franco

Supervisor suplente: 
Dra. María Luisa Hernández Aguilar



Chetumal, Quintana Roo, México, Julio 23 de 20



“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Dionisio Benjamín Artega Macías
Universidad de Quintana Roo
División de Ciencias e Ingeniería
17/02/21

CONTENIDO

CONTENIDO.....	1
LISTADO DE FIGURAS	3
AGRADECIMIENTOS	5
CAPÍTULO 1	6
I. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Descripción del presente documento	7
1.2 Participantes	7
1.3 Habilidades practicadas durante el proyecto de investigación	8
II. DATOS GENERALES.....	9
2.1 Orígenes del proyecto	9
2.2 Información técnica de la propuesta de proyecto	10
2.3 Organización del proyecto	11
III. RESUMEN DE LOS REPORTEES	13
1. Resumen del reporte del taller	13
2. RESUMEN DEL REPORTE FINAL “Determinación de la susceptibilidad y vulnerabilidad a inundaciones en el Estado de Quintana Roo y Evaluación en los cambios de la línea de Costa de Holbox y Chiquilá, Quintana Roo por efectos del huracán Isidoro”	
Objetivo número 4	15
2.1 Introducción	15
2.2 Objetivos	15
2.3 Metodología	16
2.4 Materiales	17
2.5 Determinación de la Susceptibilidad de las Costas de Quintana Roo a Inundaciones por Marea de Tormenta, a escala 1:250,000	17
2.6 Determinación de la Vulnerabilidad de las Costas de Quintana Roo a Inundaciones pluviales, a escala 1:250,000.....	22
2.7 Determinación de los daños por el Huracán Isidoro a la localidad de Holbox y Chiquilá, Municipio de Kantunilkín, Quintana Roo	24
2.8 Conclusiones y recomendaciones	29
IV. METAS Y OBJETIVOS ALCANZADOS	33
V. IMPACTO DEL PROYECTO	35
VI.- ALCANCES Y LIÍMITES.....	37
CAPITULO 2	40
I.- ACTIVIDADES REALIZADAS.....	40
1. A nivel península.	40

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

2. A nivel local	40
Actividades en campo	41
Actividades en Gabinete	43
CAPÍTULO 3	46
I.- RECOMENDACIONES	46
GLOSARIO	50
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	53

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1: Imagen: Trayectoria del Huracán Isidoro generada a partir de datos de Protección Civil del Estado de Quintana Roo. Los puntos de colores indican la fecha de ubicación del meteoro y los rótulos la hora.	9
Ilustración 2: Esquema: Desglose de objetivos del proyecto.	12
Ilustración 3: Esquema: Metodología implementada.....	16
Ilustración 4: Imagen: Análisis realizado para todo el territorio, Las áreas de ciénegas/bajos de las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo, la zona nororiental de la Bahía de Chetumal y las tierras bajas del Municipio de Benito Juárez, son en términos generales las zonas más susceptibles a inundaciones en el Estado.	18
Ilustración 5: Imagen: Este mapa comprende los dos escenarios: en color rojo zonas con susceptibilidad a inundaciones por marea de tormenta de dos metros y en color naranja las zonas susceptibles a inundaciones por olas de hasta cuatro metros. Nótese que prácticamente la totalidad de las zonas costeras del norte de Quintana Roo tienen una alta susceptibilidad.	19
Ilustración 6: Gráfica: Síntesis de resultados obtenidos en cuanto al total de localidades como el total de poblaciones existentes a menos de 1000mts de distancia de la línea de costa...20	20
Ilustración 7: Gráfica: Agrupación de habitantes y número de localidades con base a cuatro rangos de distancia a la línea de costa que brindan una idea del grado de riesgo de las localidades a inundaciones causadas por marea de tormenta.....	21
Ilustración 8: Imagen: Ejemplo de representación de las 3 variables propuestas, para el análisis de vulnerabilidad.	23
Ilustración 9: Imagen: Se recorrieron aproximadamente 5.7kms de línea de costa. En este recorrido, se obtuvieron fotografías, se realizó la correspondiente georreferencia de las mismas para realizar enlaces dinámicos al interior de un programa de sistemas de información geográfica (Arcview GIS 3.2).	24
Ilustración 10: Imagen: Ejemplo de Aerofotomosaicos generados para evaluar los daños a la línea de costa de Holbox	25
Ilustración 11: Fotografía: Se muestra la generación de un canal de desagüe de aguas contenidas en el interior de la Isla de Holbox y daños a la red de energía eléctrica, destacar la anchura del canal así como su profundidad.	26
Ilustración 12: Fotografía: En esta fotografía, se muestra de forma clara un fuerte proceso de erosión. La escollera, cuando fue construida tenía su origen en la línea de costa. Hoy (Octubre 2003), esta escollera tiene su origen a aproximadamente unos 12 metros de la línea de playa.	26
Ilustración 13: Fotografía: Zona donde se deposita la arena. Nótese como la escollera prácticamente ha quedado cubierta de arena. El Isidoro, como lo manifiestan los entrevistados, aceleró en gran medida este proceso de depósito.....	27
Ilustración 14: Fotografía: Ejemplo de inundaciones en la localidad de Holbox.	28
Ilustración 15: Gráfica: Ejemplo de los resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas en Holbox y Chiquilá.	29
Ilustración 16: Fotografía: Entrega de resultados para autoridades de Chiquilá.....	36
Ilustración 17: Fotografía: Entrega de resultados para autoridades de la localidad de Holbox.	36
Ilustración 18: Imagen: portada de el Libro publicado por EPOMEX.	37

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Ilustración 19: Fotografía: Memoria fotográfica de algunas actividades en campo para la obtención de fotografías aéreas no fotogramétricas.....42

Ilustración 20: Mapa: Grado vulnerabilidad por AGEB en la ciudad de Chetumal, Servicio Social, 2003-2005.....44

**“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor
riesgo a inundaciones por marea de tormenta
en la costa de Quintana Roo”**

AGRADECIMIENTOS

A mi País

México

A mi Universidad

La Universidad de Quintana Roo

A mis Padres

**Evarista Macias Rosete (Descanse en paz)
Santiago Dionisio Arteaga Castelan**

A mis Hermanos

**Johnatan Sael Arteaga Macias
Josué Esaul Arteaga Macias
Sergio Daniel Arteaga Macias**

A mis Asesores

**M.I.A Juan Carlos Ávila Reveles
Dr. David Velázquez Torres
MP. Gerardo Daniel López Montejo
MI. José Luis Guevara Franco
Dra. Maria Luisa Hernández Aguilar
Dra. Lourdes Castillo Villanueva (Descanse en paz)
M. en SIG Antonio Iturbe Posadas**

A mis Amigos todos en

La División de Ciencias e Ingeniería

A mi Familia

**Axel Dionisio Arteaga Ávila
Lucy Gabriela Ávila González**

!!!Muchas Gracias!!!

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

“Reportes sobre la pérdida de vegetación, fauna, daños a los arrecifes, línea de costa y otras variables ambientales, no figuran en los datos recopilados. La mayor parte, se avocan a evaluar daños en el sector agrícola, en la pesca, infraestructura, salud y educación, principalmente.”

Fragmento de conclusiones

CAPÍTULO 1

I. INTRODUCCIÓN

Durante los años 2003-04 se desarrolló el proyecto de investigación denominado: **Evaluación de daños en las zonas costeras de la península de Yucatán por el Huracán “Isidoro”. Desarrollo de propuestas de investigación y mitigación en manejo integrado de recursos costeros.**

Por cuestiones personales el presente documento lo finalizo en el año 2015; En él describo mis experiencias durante el proyecto, relacionando mis conocimientos adquiridos en la universidad con las actividades realizadas durante mi participación, para las diferentes etapas de investigaciones y análisis, permitiéndome desarrollar conocimientos para interpretar los daños causados por huracanes, apoyados en herramientas de los Sistemas de Información Geográfica.

Consideré oportuno incluir opiniones sobre ideas que me resultaron importantes incluyéndolas a lo largo del texto, las cuales descubrí durante mi experiencia en el proyecto. Mi intención es crear interés por temas relacionados a ser abordados en trabajos posteriores. Paralelamente incluyo otras actividades que fueron posteriores a los proyectos surgidos a consecuencia de estas experiencias.

Quiero hacer una aclaración respecto al título del presente documento. Debido a que la experiencia fue dentro de un contexto muy amplio, tengo la necesidad de describir las actividades relacionándolas a ejercicios diferentes:

El ejercicio a nivel regional, se compartieron experiencias realizándose un análisis general para la península; El ejercicio a nivel estatal identificando los daños y clasificándolos; Y finalmente, derivado del análisis anterior, los ejercicios de identificación de localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo y en campo la

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

evaluación de los daños en la línea de costa de la localidades de Holbox y Chiquíla.

Enfocare mis esfuerzos en describir las actividades realizadas para valorar la vulnerabilidad de las localidades en la costa, considerando la misma probabilidad a inundaciones por efectos de la marea de tormenta para el estado de Quintana Roo, relacionando el riesgo a las localidades que presentaron mayor vulnerabilidad. De la misma forma, pero no menos importante, la investigación en campo de los daños en la localidad de Holbox enfocándome en los daños a la línea de costa.

1.1 Descripción del documento

En el **Capítulo 1** presento los elementos necesarios para entender el contexto del documento. Siendo en la fracción **III sección 2** donde presento el resumen del informe del objetivo desarrollado para el proyecto de investigación. En el **Capítulo 2** demuestro las actividades y la metodología usada. Concluyo el **Capítulo 3** con mis recomendaciones.

1.2 Participantes

Participaron instituciones de investigación y educación superior de la península de Yucatán, como: El Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida; La Universidad de Quintana Roo; El Colegio de la Frontera Sur y La Universidad Autónoma de Campeche. Estas instituciones compilaron todos los daños causados, unificaron propuestas y metodologías. Con la intención de generar propuestas encaminadas a identificar un método en la comunidad científica para mejorar el desempeño de las tareas gubernamentales en la prevención y mitigación de los daños por huracanes.

1.3 Habilidades practicadas durante el proyecto de investigación

Considerare 3 habilidades como las más importantes que desarrolle durante mi experiencia en el proyecto de investigación:

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Capacidad de síntesis.- Debido a la gran cantidad de información generada en diferentes formatos. Esta habilidad la necesite para identificar las relaciones originadas por el evento y los daños reales; causados por el huracán con la intención de desarrollar un indicador que tuviera la misma utilidad para cada uno de los estados de la península.

Empatía.- Se realizó un **Taller** de integración de datos, en la ciudad de Mérida los días 12,13 y 14 de febrero del año 2004, entre los participantes con investigadores de varias disciplinas.

La importancia de las investigaciones desde su opinión así como la percepción de los afectados durante las investigaciones en campo me hizo percatarme que los recursos naturales no se les daban la misma importancia, olvidando el hecho de que lleva tiempo su recuperación.

Capacidad Analítica.- La selección de localidades más afectadas siendo el caso de las localidades de Holbox y Chiquilá. Esta habilidad en ambiente SIG, durante el análisis, hizo más sencillo integrar datos en diferentes formatos logrando también una base para futuras comparaciones. Respecto al modelado experimental en gabinete, que permite la herramienta, se puede realizar varios análisis, como el que realizamos con el modelo de elevación del terreno, el cual nos permitió realizar diferentes escenarios con diferentes alturas de las olas.

Visualizando las extensiones de las inundaciones y las localidades afectadas, teníamos datos socio-económicos de la población que sería afectada en caso de presentarse alguno de los escenarios. La capacidad de las herramientas de los SIG, para permitir ir de lo general a lo particular sin perder la importancia de los datos cualitativos o cuantitativos, hace que las tareas que requieran habilidades analíticas sean por mucho más sencillas.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

II. DATOS GENERALES

2.1 Orígenes del proyecto

En el año 2002, el huracán “Isidoro” fue la novena de 12 tormentas denominadas y el segundo huracán de la temporada de huracanes del atlántico de 2002. Fue el primer huracán de la temporada que entro directamente a México con vientos máximos sostenidos de 205 km/h.

Se trató de un ciclón extenso, lo que le permitió tomar fuerza del mar mientras se desplazaba sobre tierras prácticamente planas y sin salidas importantes hacia el mar, favoreciendo grandes inundaciones por varios días después del fenómeno. Causó importantes pérdidas en el hato ganadero y producción agrícola, interrupción del suministro de energía eléctrica y telefónica, así como destrucción parcial y total de viviendas. (Evaluación de daños)

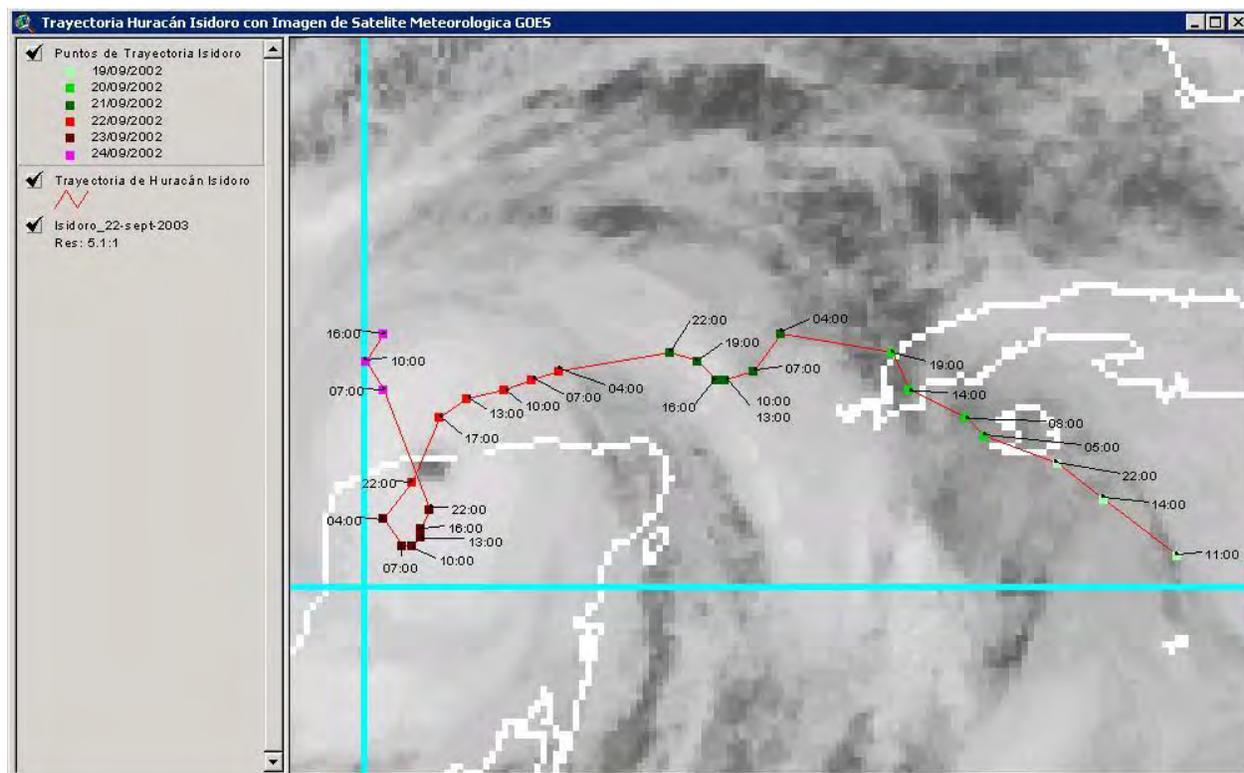


Ilustración 1: **Imagen:** Trayectoria del Huracán Isidoro generada a partir de datos de Protección Civil del Estado de Quintana Roo. Los puntos de colores indican la fecha de ubicación del meteoro y los rótulos la hora.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Lo antes descrito dio origen a la propuesta de investigación que integraría todos los eventos que se suscitaron en la península de Yucatán. En los Estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo: El proyecto se denominó **Evaluación de daños en las zonas costeras de la península de Yucatán por el Huracán “Isidoro”. Desarrollo de propuestas de investigación y mitigación en manejo integrado de recursos costeros (2003-04).**

2.2 Información técnica de la propuesta de proyecto

Proyecto financiado con fondos CONACYT – SISIERRA.
Número de referencia 2002H602.

Instituciones participantes: Cinvestav; Universidad de Quintana Roo (MIRC); ECOSUR; Universidad Autónoma de Campeche (EPOMEX); Grupo de Ingeniería de Costas y Puertos, Instituto de Ingeniería de la UNAM; CRIP-Yucalpetén.

Investigadores participantes por el Cinvestav: Dr. Jorge I. Euán Ávila (responsable), Dra. Silvia Salas M., Dra. M.de los A. Liceaga C., Dra. Julia Fraga V., Dr. Jorge Herrera Silveira.

Investigadores participantes por Universidad de Quintana Roo (MIRC): M.C. Rene Forster Hojer, M.C. Susanne Kissmann.

Investigador participante por ECOSUR: M.C. Adán Caballero.

Investigadores participantes por Universidad Autónoma de Campeche (Epomex): Dra. Evelia Rivera Arriaga, M.C.Guillermo Villalobos Zapata, M.C. Gerardo Palacios.

Investigadores participantes por Grupo de Ingeniería de Costas y Puertos, Instituto de Ingeniería de la UNAM: Dr.Paulo Salles Almeida y Dr. Ricardo Silva Casarín.

Investigador participante por CRIP-Yucalpetén: Dra. Patricia Arceo.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

2.3 Organización del proyecto

El equipo multidisciplinario integrado enfocó los esfuerzos en comprender los daños a los sectores productivos y de servicios en la zona costera, para definir acciones que permitieran fortalecer las carencias reveladas por el huracán y tomar acciones para los sucesivos huracanes.

El trabajo fue separado por Estados, para esto fue nombrado un coordinador por cada uno, el cual tenía la responsabilidad de vigilar el buen desarrollo del proyecto; este a su vez se organizó por objetivos. Se formaron grupos de trabajo dividiendo la investigación en 5 grandes objetivos.

El nombramiento de un coordinador regional por objetivo terminó de organizar la forma en que participaríamos pues él tendría la responsabilidad de definir la metodología, organización y el buen desarrollo del objetivo.

Cada grupo desarrollaría resultados específicos y compartiría metodologías con su contraparte de cada Estado, dentro del mismo objetivo.

El cumplimiento del objetivo 4, para el Estado de Quintana Roo, se delegó al grupo que conformamos las siguientes personas: M. en SIG Antonio Iturbe Posadas (CIG-UQROO), M. C. Holger Weissenberger (ECOSUR – Unidad Chetumal), P. Ing. Amb. Dionisio Arteaga Macias (CIG-UQROO), P. Ing. Amb. Víctor Ucan Herrera (CIG-UQROO), Br. Raúl Patricio Serrano Bores (CIG-UQROO), la tarea la titulamos:

“Determinación de la susceptibilidad y vulnerabilidad a inundaciones en el Estado de Quintana Roo y evaluación en los cambios de la línea de Costa de Holbox y Chíquilá, Quintana Roo por efectos del huracán Isidore”.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

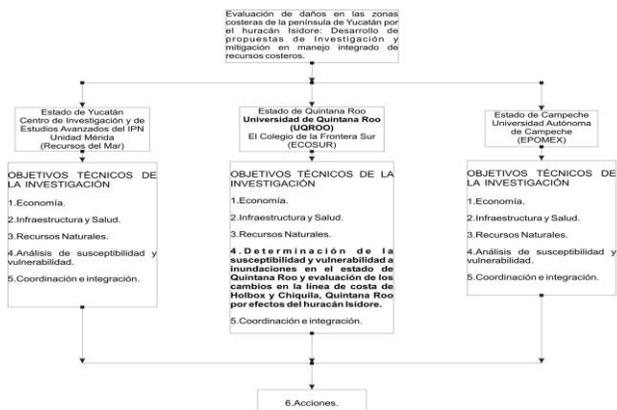


Ilustración 2: **Esquema:** Desglose de objetivos del proyecto.

En nuestro caso, debido a que teníamos más desarrollada una propuesta para el análisis de vulnerabilidad, compartimos el procedimiento con el coordinador de objetivo; él tuvo a su cargo considerar las mejoras como la posterior revisión de la aplicación en los Estados de Campeche y Yucatán.

La observación a este aspecto fue el distanciamiento que existió entre los grupos de los diferentes Estados, que de manera individual impidió desarrollar las mismas metas, pero que aportó puntos de vista al ser considerados como los elementos de mayor importancia para los 3. El Reporte final se entregó en Marzo del 2004.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

III. RESUMEN DE LOS REPORTES

1. Resumen del reporte del taller

Durante el taller de integración de datos para la península de Yucatán se obtuvieron los siguientes resultados de la discusión y generación de las propuestas, construidas a partir de las investigaciones particulares, respetando los diferentes criterios que se consideraron de importancia estratégica por cada Estado y buscando organizar e integrar los 4 principios de Manejo Integral de Recursos Costeros siguientes.

1. Tomar medidas para restringir el desarrollo en zonas potencialmente peligrosas
2. Adoptar medidas para mantener defensas naturales y ser rigurosos con su conservación.
3. Reglamentar las construcciones de acuerdo a las condiciones particulares de la construcción.
4. Prevenir pérdidas futuras adoptando medidas de reconstrucción.

Se desarrollaron 5 objetivos específicos para los 3 Estados con los siguientes enfoques.

1. Daños a actividades productivas

Las ideas se centraron en actualizar un inventario de los subsistemas enfocándose en los subsistemas demográfico-social y económico-productivo poniendo mayor atención a algunas de las actividades y sus procesos para los factores que componen el subsistema Económico-Productivo.

2. Daños a la infraestructura

Las ideas se centraron en un inventario de componentes de los sistemas de subsistencia de las ciudades, como son líneas de comunicación de agua y energía, tales como hospitales, y consideraciones en los reglamentos de construcción de infraestructura social. El enfoque fue un factor del subsistema económico-Productivo.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

3. Ambiente natural

Las ideas se centraron en métodos y propuestas para realizar y asignarle un valor económico a los elementos de los factores del subsistema físico-Biótico.

4. Vulnerabilidad

Las ideas se centraron en estandarizar las escalas de trabajo a 1:25,000 o mayores, y las metodologías para construir análisis para evaluar mejor la vulnerabilidad logrando mejorar la dimensión del riesgo para los factores de los subsistemas Físico-Biótico y Demográfico-social.

5. Respuesta institucional

Las ideas se centraron en actualizar los métodos de comunicación, acciones y financiamientos de los subsistemas demográfico-social, económico-productivo y jurídico-administrativo.

Mi apreciación en general fue de no contar con un procedimiento que unificará los criterios de evaluación e integrara los subsistemas que trastornan los huracanes para: el Subsistema Físico-Biótico, Subsistema Demográfico-social y Subsistema Económico-Productivo. Por lo que es importante construir herramientas que permitan la evaluación de daños.

Consideré *interesante* las exigencias que se presentan después de un huracán, particularmente sobre el Subsistema Económico-Productivo y la relación que crea una mayor presión sobre el subsistema Físico-Biótico, teniendo así un mayor impacto, el huracán, sobre los recursos.

La conclusión general que tuve de las investigaciones, que realizamos los diferentes equipos multidisciplinarios que trabajamos en el Estado, fue que el modelo de cultura de prevención de huracanes se encontraba claramente más desarrollado por lo que podría servir de modelo para los Estados de Yucatán y Campeche.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

2. RESUMEN DEL REPORTE FINAL “Determinación de la susceptibilidad y vulnerabilidad a inundaciones en el Estado de Quintana Roo y Evaluación en los cambios de la línea de Costa de Holbox y Chiquilá, Quintana Roo por efectos del huracán Isidoro” Objetivo número 4

2.1 Introducción

El día 22 de septiembre del año 2002, el huracán “Isidoro” impacto a los Estados de Yucatán, Campeche y el Estado de Quintana Roo, siendo las localidades de Holbox y Chiquilá las más afectadas del Estado de Quintana Roo; Como en muchas ocasiones se aplicaron medidas correctivas después de la contingencia, esta experiencia, al ser compartida en un solo proyecto de investigación por los Estados antes mencionados, permitió observar la carencia de herramientas para el análisis de vulnerabilidad en los sistemas costeros, siendo la línea de costa el elemento más afectado después de un huracán.

Uno de los aspectos más importantes de este trabajo, fue la enorme cantidad de datos obtenidos en campo, sobre todo fotografías que son marco fiel del impacto del Huracán Isidoro en la costa, principalmente de la Isla de Holbox. Fotografías, entrevistas, mapas, fotografías aéreas verticales no fotogramétricas y reportes se constituyen como un banco de datos importante que ha sido organizado y estructurado para estudios futuros sobre el tema del impacto de los huracanes en las costas norte de Quintana Roo. (Efectos del Huracán Isidoro)

2.2 Objetivos

- A) Generar un mapa de susceptibilidad a inundaciones por marea de tormenta, a nivel estatal, a escala 1:250,000, que de forma general muestre aquellas zonas costeras con mayor susceptibilidad y vulnerabilidad a inundaciones considerando variables geográficas disponibles en formato y estructura SIG.**

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

- B) Determinar cuáles fueron los daños causados por el Huracán Isidoro en la localidad de Holbox, Quintana Roo, particularmente en la línea de costa.
- C) Determinar cuáles fueron los daños causados por el Huracán Isidoro en la localidad de Chiquilá, Quintana Roo.

2.3 Metodología

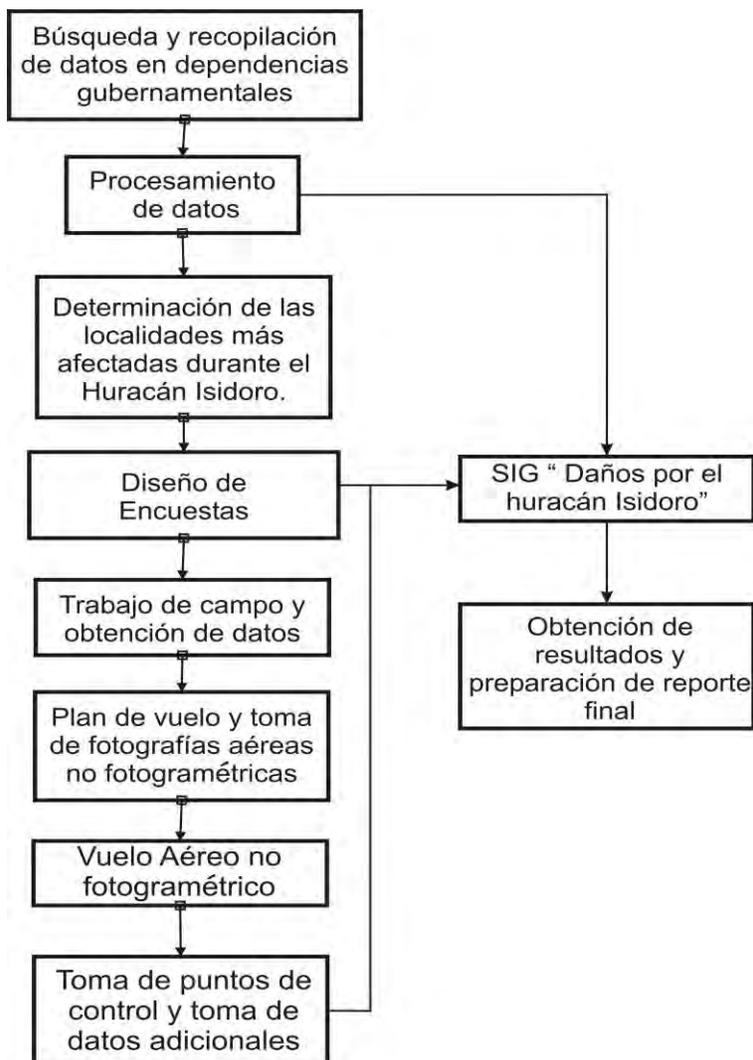


Ilustración 3: **Esquema:** Metodología implementada

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

2.4 Materiales

Software

Arc-View
Erdas

Equipo adicional

GPS
Cámara fotográfica

2.5 Determinación de la Susceptibilidad de las Costas de Quintana Roo a Inundaciones por Marea de Tormenta, a escala 1:250,000

La susceptibilidad, entendida como las características físico-geográficas en exclusivo que favorecen la generación de inundaciones, es aquí realizada con base en una escala 1:250,000. Es importante mencionar que la escala por si misma define una generalización considerable; esta escala fue adoptada por razones de disponibilidad de datos.

Para la generación del mapa con las zonas en el Estado de Quintana Roo más susceptibles a inundaciones por marea de tormenta, se consideraron los siguientes elementos:

a) Modelo digital del terreno. Este mapa proviene de los datos contenidos en el GEMA (Geomodelos de Altimetría), producto generado por el INEGI. Los datos, fueron extraídos en formato ASCII y se aplicaron diversos procesos para dar como resultado un modelo digital del terreno comprendiendo el territorio estatal de Quintana Roo. El tamaño de pixel final de este DEM es de 100mts y la proyección cartográfica empleada para este y todos los mapas de este trabajo es la Universal Transversa de Mercator (UTM), esferoide de Clarke 1866, Datum NAD27 y unidades de metros tanto en el eje XY como Z, según el caso.

b) Mapa de trayectoria del Huracán “Isidoro”. Se elaboró un mapa que de forma puntual y lineal muestra el recorrido del huracán incluyendo diversos atributos como dirección, altura de oleaje, velocidad de los vientos, entre otros.

c) Mapa de localidades del Estado de Quintana Roo. Mapa con la ubicación geográfica de todas las localidades a escala 1:50,000 con 115

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

variables de población y socioeconómicas derivadas del Censo 2000 del INEGI.

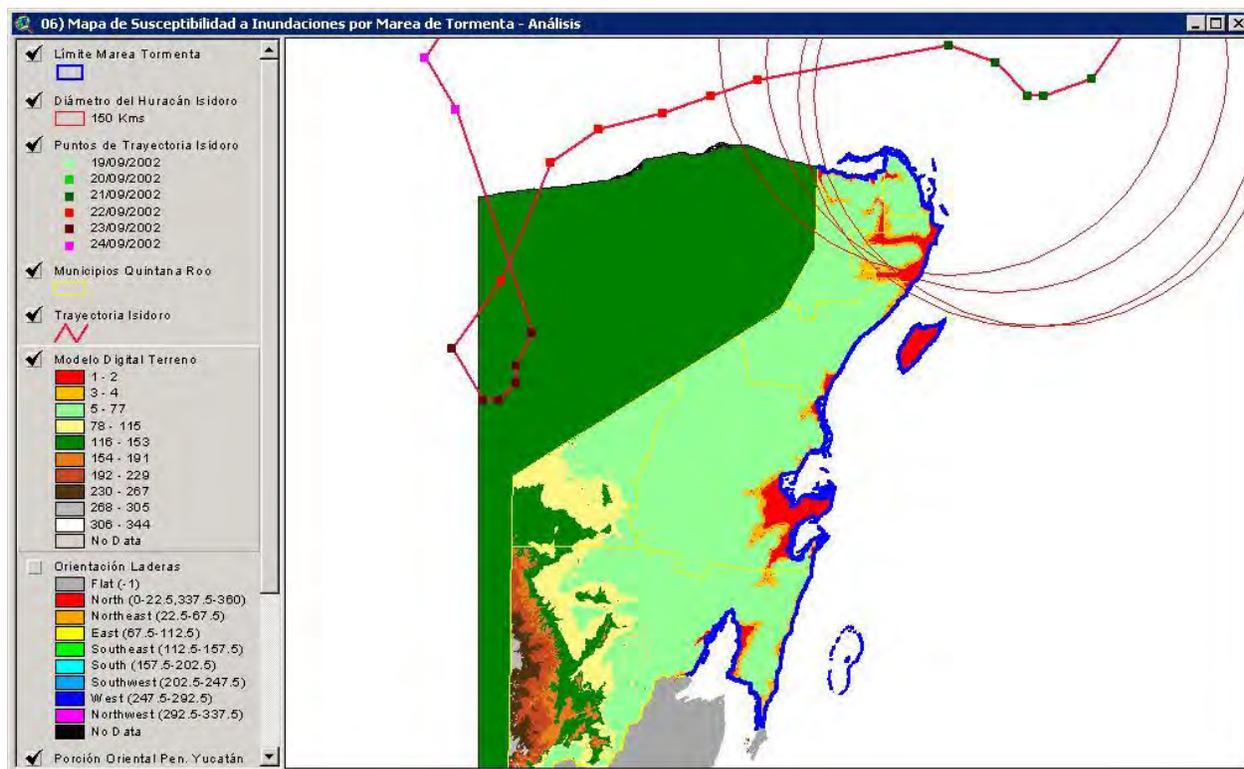


Ilustración 4: Imagen: Análisis realizado para todo el territorio, Las áreas de ciénegas/bajos de las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo, la zona nororiental de la Bahía de Chetumal y las tierras bajas del Municipio de Benito Juárez, son en términos generales las zonas más susceptibles a inundaciones en el Estado.

La determinación de las áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones, se determinó a partir de la ejecución de un query o búsqueda selectiva de las zonas del Estado de Quintana Roo que se encuentran a una altitud de dos o menos metros sobre el nivel del mar (escenario uno) y las zonas con una altitud igual o menor a los cuatro msnm (escenario dos). Estos resultados permiten identificar aquellas zonas que por sus características topográficas fueron las más susceptibles a inundaciones por el Isidoro.

Es importante destacar que este análisis no considera otro tipo de variables, tanto porque no existen datos con una adecuada confiabilidad a causa de los altos costos de obtención de datos así como los recursos asignados para el desarrollo de este objetivo.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

También, se puntualiza que el objetivo es la generación de un análisis general a escala 1:250,000 que tiene la ventaja de analizar todo el territorio estatal y la desventaja de no ofrecer mucho detalle.

Los resultados del escenario uno y dos indican que prácticamente todas las zonas costeras del norte del Quintana Roo tuvieron un alto grado de susceptibilidad a inundaciones. Esto en la realidad es comprobable sobre todo por la topografía sumamente plana de las costas. En los dos escenarios, sobresalen áreas en forma de lengua que se introducen varias decenas de kilómetros tierra adentro; si bien son zonas donde es muy difícil que ocurran inundaciones por marea de tormenta, el flujo de agua que ingresa tierra adentro y las características geomorfológicas de esas zonas pueden coadyuvar a la generación de zonas inundables; seguramente, esta es una hipótesis a estudiar con mayor detalle.

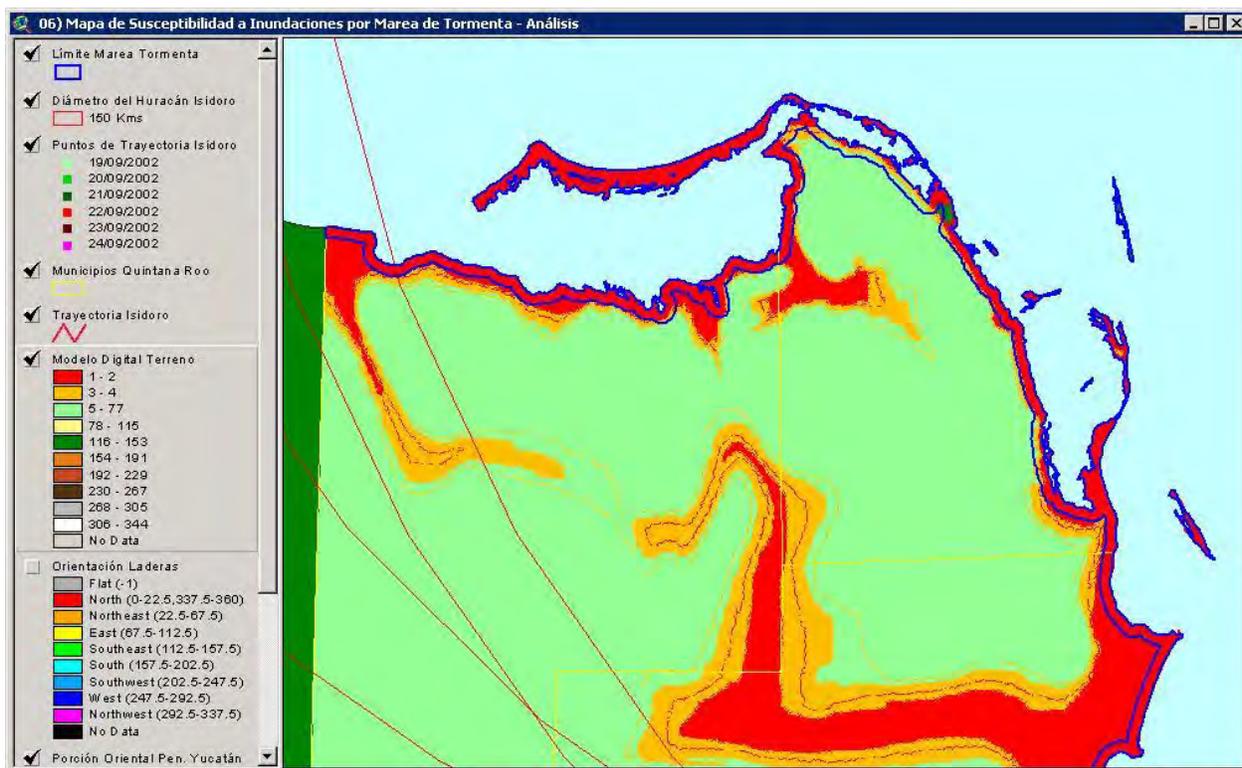


Ilustración 5: Imagen: Este mapa comprende los dos escenarios: en color rojo zonas con susceptibilidad a inundaciones por marea de tormenta de dos metros y en color naranja las zonas susceptibles a inundaciones por olas de hasta cuatro metros. Nótese que prácticamente la totalidad de las zonas costeras del norte de Quintana Roo tienen una alta susceptibilidad.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

En ambos escenarios, el mapa contiene un búfer o área de influencia de un kilómetro a partir de la línea de costa. Esta zona puede considerarse como la más susceptible a inundaciones por marea de tormenta. La distancia utilizada fue considerada como el caso más extremo posible de inundaciones por marea de tormenta.

Como un valor agregado, se calculó la altitud de cada localidad con base en el modelo digital del terreno a escala 1:250,000.

Para la determinación del riesgo de las localidades sujetas a inundación, se realizó un proceso de análisis espacial que incluyó el cálculo de la distancia más corta (euclidiana) entre cada localidad y la línea de costa del Estado de Quintana Roo.

Número de Localidades por Municipio según distancia a la línea de costa					
	≤ 100 mts	≤ 250 mts	≤ 500 mts	≤ 750 mts	≤ 1000 mts
Benito Juárez	14	39	39	39	39
Cozumel	0	3	9	15	18
Felipe Carrillo Puerto	6	15	15	15	15
Isla Mujeres	40	56	56	57	59
Lázaro Cárdenas	0	0	2	2	2
Othón P. Blanco	59	83	87	92	96
Solidaridad	42	92	100	111	136

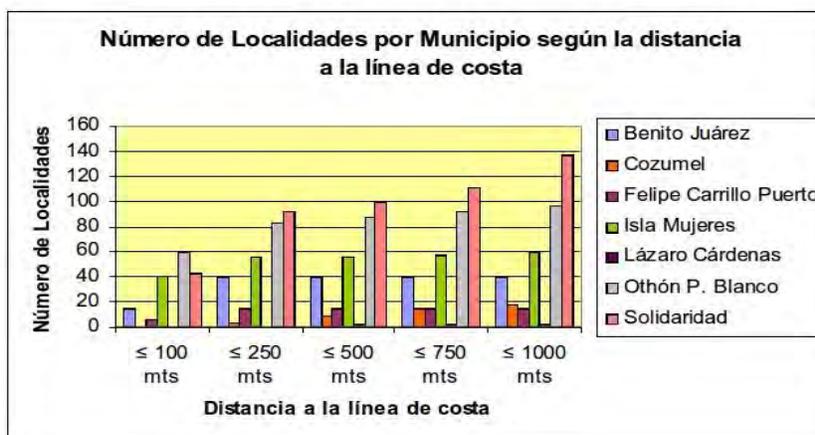


Ilustración 6: **Gráfica:** Síntesis de resultados obtenidos en cuanto al total de localidades como el total de poblaciones existentes a menos de 1000mts de distancia de la línea de costa.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Los datos de localidades y variables socioeconómicas asociadas, fueron tomados del producto SCINCE 2000 (Sistema para la Consulta de Información Censal), generado por el INEGI y que comprende la descripción política administrativa de cada localidad y variables estadísticas derivadas del XII Censo Nacional de Población y Vivienda.

De forma general, se tiene que son 365 localidades las que se ubican a 1000mts o menos de distancia de la línea de costa en Quintana Roo.

Número de Habitantes por Municipio en zonas de susceptibilidad a inundaciones según distancia a la línea de costa					
	≤ 100 mts	≤ 250 mts	≤ 500 mts	≤ 750 mts	≤ 1000 mts
Benito Juárez	1260	1532	1532	1532	1532
Cozumel	0	65	59298	59311	59319
Felipe Carrillo Puerto	77	120	120	120	120
Isla Mujeres	437	10661	10661	10662	10669
Lázaro Cárdenas	0	0	2331	2331	2331
Othón P. Blanco	324	672	724	5227	127067
Solidaridad	364	2092	46317	46391	49745

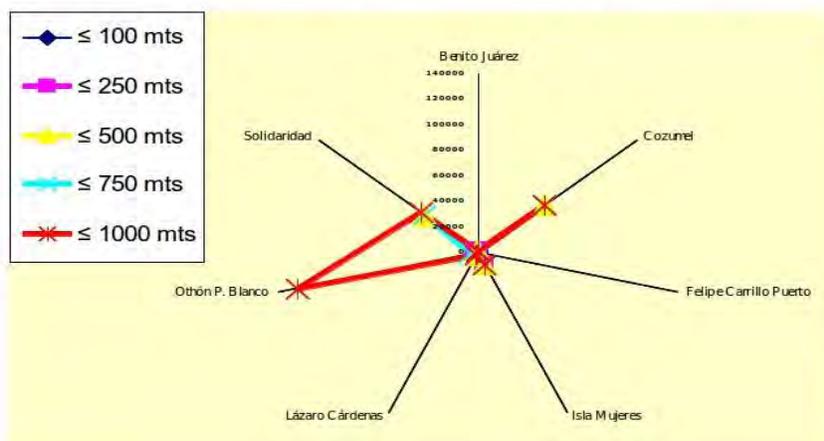


Ilustración 7: **Gráfica:** Agrupación de habitantes y número de localidades con base a cuatro rangos de distancia a la línea de costa que brindan una idea del grado de riesgo de las localidades a inundaciones causadas por marea de tormenta.

Con un total de 250,783 habitantes.

Con relación a estos resultados, es importante destacar que no está incluida la ciudad de Chetumal y Cancún, que si bien una considerable porción de la ciudad y por ende de población se encuentran a 1000mts o

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

menos de distancia de la línea de costa, la ubicación puntual de la ciudad se halla fuera de este criterio establecido. También, es importante mencionar que el total de población corresponde a los resultados censales de población y vivienda del año 2000 con base en el INEGI.

Los rangos de distancia (0-100; 100-250; 250-500; 500-750 y 750-1000mts) fueron definidos tanto por las características generales de los datos de entrada así como por diversas evidencias empíricas que denotan que hasta 1000 metros pueden llegar a suceder inundaciones por marea de tormenta, sobre todo en tierras extremadamente bajas y con geomorfología adecuada para esto, como en el caso de las tierras planas y de pantanales del área natural protegida de Sian Ka'an.

A partir de los resultados obtenidos, se puede apreciar que existen más de un centenar de localidades (a menos de 250mts de la línea de costa) que se encuentran expuestas ante problemas de inundaciones por marea de tormenta. Es cierto que cruzando los datos de población, la mayor parte de las localidades son muy pequeñas en población (menores a 10 habitantes).

2.6 Determinación de la Vulnerabilidad de las Costas de Quintana Roo a Inundaciones pluviales, a escala 1:250,000

Con la finalidad de generar un panorama general del grado de la **vulnerabilidad** (Vulnerabilidad) de la población, se procedió a considerar una serie de variables socioeconómicas.

Este criterio permite unificar en un criterio variables sociales al ponderarlas para construir un elemento. Con valores cuantitativos que permitan dar una idea de cuál es la capacidad de recuperación de la población en caso de ser afectada por fenómenos perturbadores como huracanes, tormentas, explosiones, etc. (Navegando entre brumas)

Los huracanes, elemento perturbador en estudio, son los que más afectan al conjunto de poblaciones cercanas a la línea de costa. Los riesgos más importantes durante el fenómeno son por la marea de tormenta.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Tomando como base los resultados de las localidades próximas a la línea de costa a una escala 1:250,000 se generaron mapas que dan una idea de la vulnerabilidad. Esta escala fue adoptada por disponibilidad de datos.

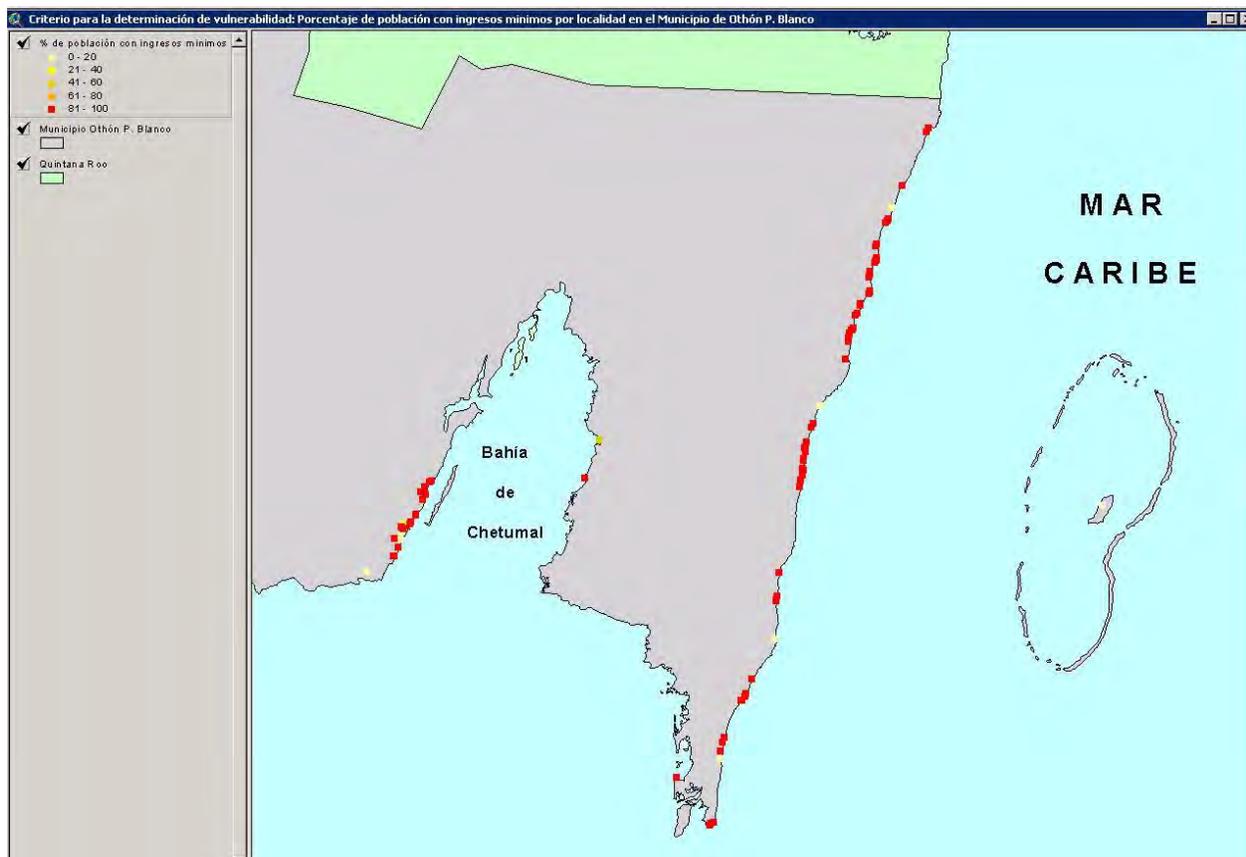


Ilustración 8: **Imagen:** Ejemplo de representación de las 3 variables propuestas, para el análisis de vulnerabilidad.

Los factores socioeconómicos considerados:

- (α) Porcentaje de población con ingreso mínimo por localidad. Permite tener una idea de la capacidad que tiene la localidad para regresar a la normalidad después de un fenómeno perturbador como un huracán.
- (β) Porcentaje de viviendas particulares con radio por localidad. Da una idea del grado de recepción de información con relación a un evento hidrometeorológico y la forma en que puede actuar adecuadamente la población.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

(χ) Porcentaje de viviendas particulares con paredes de material ligeros por localidad. Permite generar un panorama de la vulnerabilidad de la población con base en viviendas resistentes a vientos.

2.7 Determinación de los daños por el Huracán Isidoro a la localidad de Holbox y Chiquilá, Municipio de Kantunilkín, Quintana Roo

Una de las primeras acciones para determinar cuáles fueron los daños causados por el Isidoro a la localidad de Holbox y Chiquilá, en particular a las respectivas líneas de costa, fue proceder a la búsqueda de cartografía, imágenes de satélite, fotografías aéreas, fotografías oblicuas y otro tipo de documentos a partir de los cuales una serie de análisis derivarán resultados precisos en torno a los cambios.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

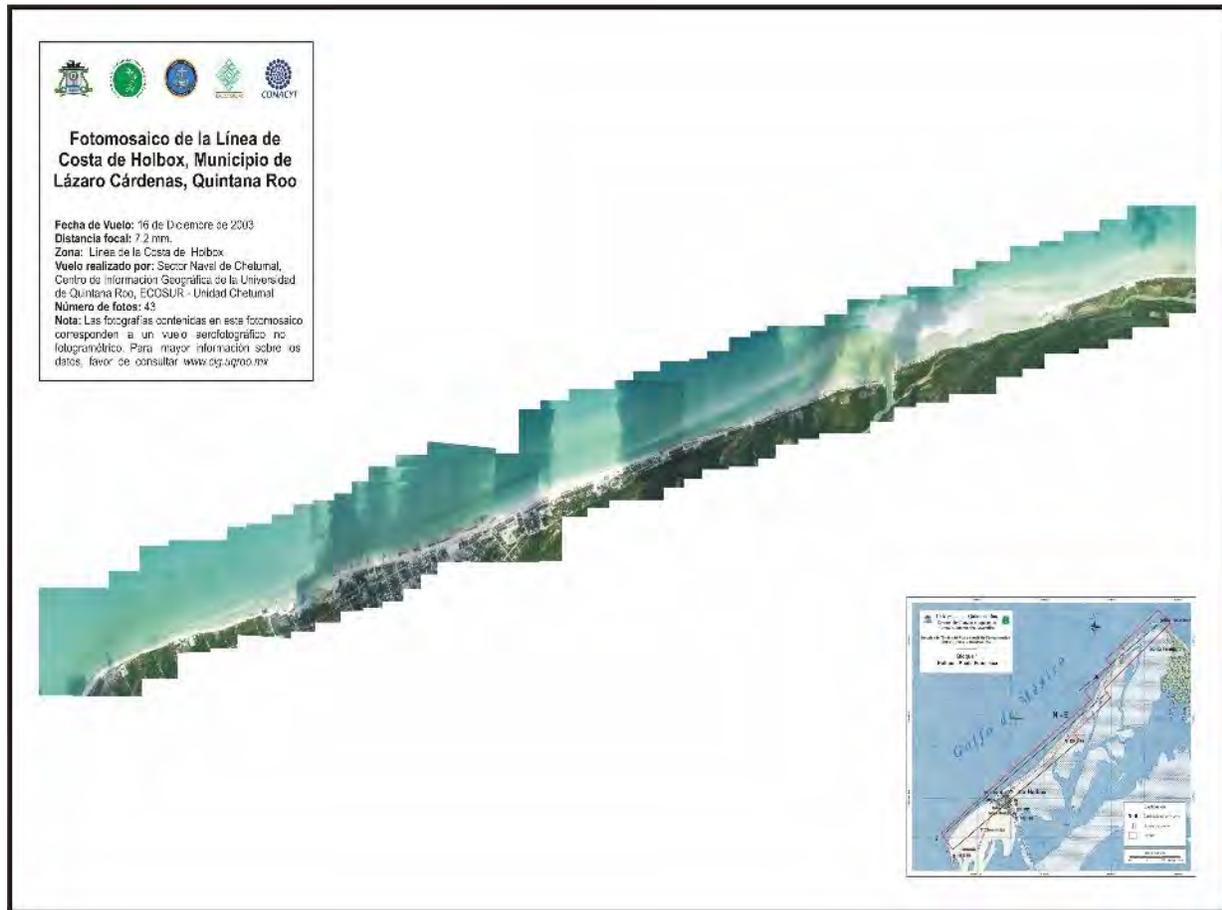


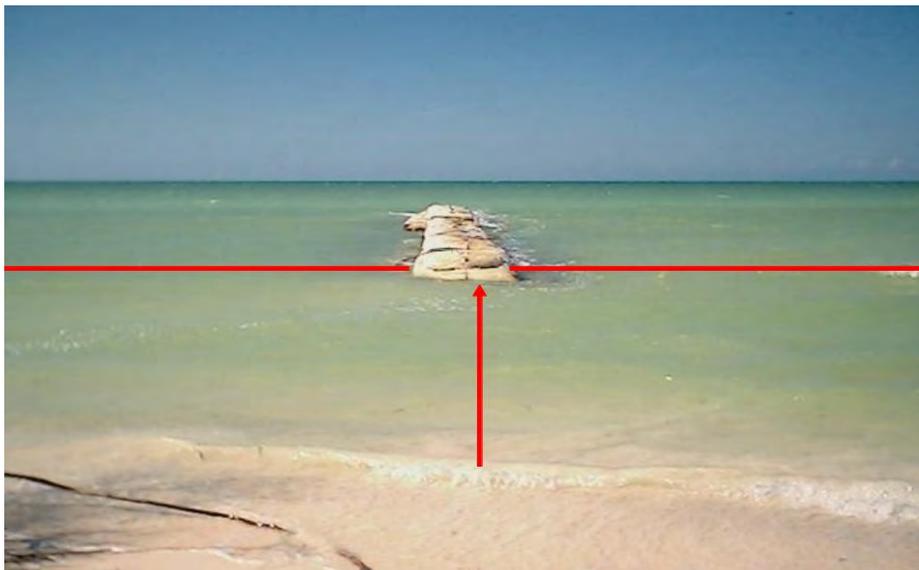
Ilustración 10: **Imagen:** Ejemplo de Aerofotomosaicos generados para evaluar los daños a la línea de costa de Holbox

La precisión de los daños causados por el “Isidoro” en la línea de costa y en las localidades fue limitada por el periodo de tiempo transcurrido desde el evento hidrometeorológico.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”



*Ilustración 11: **Fotografía:** Se muestra la generación de un canal de desagüe de aguas contenidas en el interior de la Isla de Holbox y daños a la red de energía eléctrica, destacar la anchura del canal así como su profundidad.*



*Ilustración 12: **Fotografía:** En esta fotografía, se muestra de forma clara un fuerte proceso de erosión. La escollera, cuando fue construida tenía su origen en la línea de costa. Hoy (Octubre 2003), esta escollera tiene su origen a aproximadamente unos 12 metros de la línea de playa.*

Con la finalidad de conocer cuáles fueron algunos de los daños a la línea de costa que la población a raíz del Isidoro, se procedió al diseño y aplicación de una encuesta/entrevista. Se aplicaron 12 encuestas en Chiquilá y 14 en Holbox.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Con base en los resultados, se puede mencionar de forma sintética lo siguiente:

En Holbox, se detectaron considerablemente más cambios en la línea de costa que en comparación con Chiquilá. Casi el 60% de los encuestados en Holbox, mencionan que la línea de costa ha regresado a la normalidad después de los impacto por “Isidoro”.



*Ilustración 13: **Fotografía:** Zona donde se deposita la arena. Nótese como la escollera prácticamente ha quedado cubierta de arena. El Isidoro, como lo manifiestan los entrevistados, aceleró en gran medida este proceso de depósito.*

67% de los encuestados en Chiquilá y el 71% en Holbox, consideran que el Isidoro afectó a la vegetación, principalmente por el derribo de árboles y pérdidas de vegetación arbórea.

58% y 57% de los encuestados en Chiquilá y en Holbox, mencionaron que el Isidoro afectó a la fauna, principalmente las aves que habitan en la Isla de las Aves.

Respecto a la afectación en calidad de agua potable, la mayor parte de los resultados tienden a indicar que no hubo tal afectación.

73% de los resultados en Chiquilá y el 100% en Holbox, indican que si existieron inundaciones tanto en el poblado como en las partes bajas frecuentadas por los pobladores.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”



Con relación a la altura promedio de las olas (marea de tormenta), las respuestas fueron inconsistentes y la mayoría no sabía. Gran parte de los pobladores de ambas localidades fueron evacuados antes de la llegada del Isidoro.

Un 83% en Chiquilá y un 71% en Holbox de los encuestados señalan que se han recuperado por completo de lo sucedido en el 2002 a raíz del Isidoro.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Porcentaje de encuestados que a un año se ha recuperado del huracán Isidoro

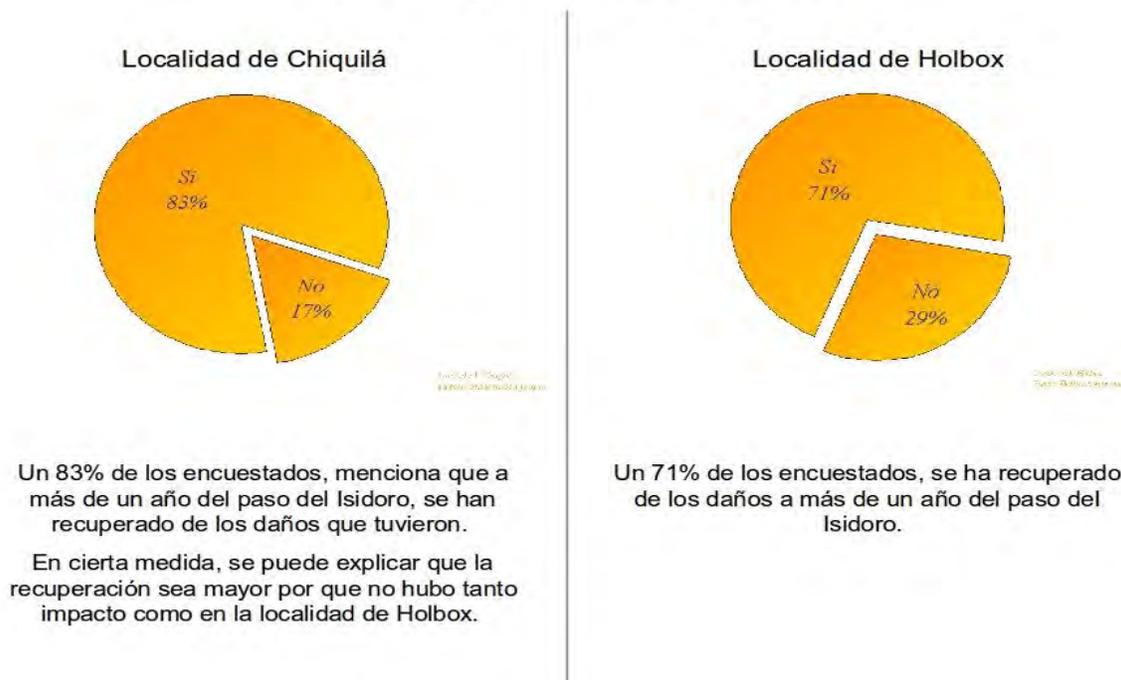


Ilustración 15: **Gráfica:** Ejemplo de los resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas en Holbox y Chiquilá.

2.8 Conclusiones y recomendaciones

En el proceso de evaluación de daños a la línea de costa por efectos de fenómenos hidrometeorológicos como huracanes, tormentas tropicales o ciclones, es fundamental que las actividades de trabajo de campo, adquisición de fotografías aéreas verticales no fotogramétricas y levantamientos geodésicos sean realizados en un plazo no mayor a 15 días después de concluido el evento hidrometeorológico. Esto, brinda la posibilidad de obtener datos precisos y adecuados.

El presente proyecto fue realizado en poco más de un año de haberse presentado el Isidoro lo que impidió determinar cuáles fueron los daños. En un lapso de tiempo tan largo posterior al Isidoro, suceden procesos de

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

recuperación natural y de restauración antrópica de las costas cubriendo evidencias detalladas acerca de los impactos de huracanes.

La línea de costa norte de Holbox sufrió modificaciones considerables como resultado del paso del Huracán Isidoro. Como se muestra en el mapa relativo a estos procesos, existen áreas en donde el Isidoro vino a incrementar los procesos de erosión o pérdida de arena; también, hay áreas en las cuáles, por un balance de energía y materia, se tienen zonas de depósito que incrementaron superficies de playa de forma considerable.

La línea de playa ubicada al norte de Holbox, ha sufrido en los últimos 25 años un proceso de erosión continuo modificando sensiblemente la forma y límites de la misma; este proceso se incrementó de forma rápida y considerable con el Huracán Isidoro. Datos cuantitativos precisos no pudieron ser generados desde que no existen datos previos y posteriores al Isidoro con la calidad y características necesarias.

La pérdida de vegetación a consecuencia de actividades antrópicas, la construcción de hoteles y bardas principalmente, son elementos que favorecen la pérdida de playas. Se hace necesaria la realización de investigaciones más precisas para determinar cifras y lugares precisos en torno a este proceso, aunque como se ha comentado, la inexistencia de datos en ocasiones hace imposible análisis espacio temporal a escala y exactitudes posicionales detalladas.

“Isidoro” generó un fuerte proceso de acumulación de aguas pluviales y por marea de tormenta al interior de la isla, específicamente en la zona poblada de Holbox. En un proceso natural de desagüe o salida de las aguas hacia tierras bajas, se generaron tres canales de aproximadamente casi un centenar de metros de longitud y hasta seis metros de ancho. Estos canales, vinieron a modificar considerablemente el paisaje costero. Obras realizadas por algunos hoteleros, están eliminando del paisaje estos canales.

La existencia de una serie de escolleras obedece a la intención de disminuir los procesos erosivos en la costa norte de Holbox. De forma general, se puede mencionar que estas escolleras no han cumplido del todo su objetivo. Algunas han favorecido a la acumulación de playas

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

mientras que en la mayoría no se ha preservado la arena o han acelerado la pérdida de playas.

La marea de tormenta durante el Isidoro de hasta tres-cuatro metros, impactó en la vegetación (en la zona NO de la isla de Holbox) y en la fauna, principalmente aves; de igual forma, la inexistencia de datos inmediatamente antes y después del Huracán impide dar con precisión resultados cuantitativos. Personal científico especializado puede encontrar en este tópico una línea de investigación importante, sobre todo considerando el impacto de esto en las actividades económicas (recorridos a la Isla de las Aves, por ejemplo).

La línea de costa sur en la Isla de Holbox y la zona norte de la localidad de Chiquilá, no sufrieron impactos considerables o detectables hasta un año después del Isidoro. Esto, porque los fuertes vientos y la marea de tormenta no tuvieron contacto directo y por qué la vegetación en estas áreas no ha sufrido desmonte o tala, lo que funciona como protección para estas zonas.

Los resultados de las entrevistas y encuestas aplicadas, demuestran que la población de Holbox tiene una mayor apreciación de la línea de costa y en generación de elementos físico-geográficos que los habitantes de Chiquilá. En gran medida, esto puede ser resultado del uso y aprovechamiento económico que tienen de las playas en Holbox.

En los procesos de levantamiento de daños ocasionados por huracanes realizados por las diversas dependencias de gobierno estatal y municipal, consideran la parte ambiental. Reportes sobre la pérdida de vegetación, fauna, daños a los arrecifes, línea de costa y otras variables ambientales, no figuran en los datos recopilados. La mayor parte, se limitan a evaluar daños en el sector agrícola, en la pesca, infraestructura, salud y educación, principalmente.

Se considera que existe un vacío importante en materia de datos acerca de la morfometría dinámica de las corrientes marinas y en general de una serie de variables, que de forma sistémica y con una perspectiva de monitoreo, permitan conocer las características de la línea de costa a lo largo de determinados periodos de tiempo. Como resultado del trabajo de

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

campo y de investigación en gabinete, se tiene que no existen estaciones de monitoreo o estudios continuos sobre los procesos geomorfológicos en esta zona; esto debe revestir gran importancia sobre todo por la fragilidad geosistémica de la línea de costa y por la importancia de la playa en el devenir económico de los habitantes de Holbox.

Es necesario valorar la importancia de diversos productos cartográficos que generen una idea del estado de los recursos naturales y de la costa para la realización de evaluaciones multitemporales. Los resultados de este proyecto, considerando la parte costo-beneficio, resultan en la generación de una base de datos muy importante que sirve de plataforma para comparaciones en el futuro. Una cantidad importante de datos ha sido estructurada y puesta en formato de sistemas de información geográfica lo que significa una excelente oportunidad para realizar procesos posteriores de análisis y modelación sobre el concepto de cambios en la línea de costa por efectos de eventos hidrometeorológico.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

IV. METAS Y OBJETIVOS ALCANZADOS

Los 5 objetivos acordados en conjunto fueron alcanzados en los 3 Estados.

Las metas alcanzadas para el proyecto regional fueron de varios niveles de profundidad e importancia, desde mi punto de vista, pues la recopilación de los diferentes grupos complementó e íntegro todas las experiencias de los efectos que dejó el huracán.

Lo cual permitió revisar los métodos aplicados de manera general para cumplir con las expectativas principalmente en la evaluación de daños y, en gran medida, a proponer líneas de investigación y algunas propuestas para mitigar daños.

En el caso de Quintana Roo, fueron presentados a través del MIRC con una publicación, producto de la compilación de los informes de 108 páginas.

Las principales observaciones de daños fueron las pérdidas que causaron al subsistema Económico-Productivo, presentando ideas para futuras investigaciones y las ideas respecto a los análisis de vulnerabilidad del subsistema Demográfico-social y Económico-Productivo.

Los objetivos que nos fijamos para desarrollar **"el objetivo 4"** los cumplimos completamente.

Las metas se dieron de acuerdo con la evaluación de daños y propuestas de investigación como fruto del análisis que realizamos, pero no pudimos presentar algo de mayor aplicación por la falta de experiencia y bibliografía; pues en los años que se desarrolló el trabajo se empezaban a presentar cambios en las condiciones regulares del clima, considerándose aún eventos extraordinarios, por lo que la bibliografía especializada estaba en procesos de actualización y era difícil de conseguir; sin embargo desde mi punto de vista las metas fueron logradas por arriba de mis expectativas.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Incluso tuvimos oportunidad de aplicar métodos para innovar sobre nuestras herramientas, compitiendo en capacidades con centros de educación superior de mayor trayectoria.

Desde un principio las metas a lograr respecto a las propuestas de mitigación dentro del objetivo eran limitadas por los siguientes factores:

1. Lo complejo que resultaba desarrollar propuestas; considerando cada localidad o, por lo menos, dividir las en regiones.
2. El periodo de aprendizaje del que disponíamos fue corto para profundizar en el tema de Riesgos Hidrometeorológicos, pues éste incluye a los huracanes.
3. La metodología para modelar las inundaciones por marea de tormenta requerían actividades de mayor profundidad y las consecuentes propuestas de mitigación que pudiéramos considerar para cada localidad. Las inundaciones provocadas por la marea de tormenta, es la causa mayor de pérdidas humanas asociadas a los huracanes. (Marea de Tormenta)
4. El estado de Quintana Roo, fue uno de los menos afectados por el huracán Isidoro.

Nuestra propuesta estuvo en las metas de investigación pero a través de los análisis de vulnerabilidad pretendíamos lograr desarrollar una adecuada metodología que sirviera para tomar la decisión de que cuales comunidades atender de manera prioritaria como una propuesta de mitigación. Las propuestas que incluimos fueron producto del conocimiento empírico que nos transmitieron en las localidades.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

V. IMPACTO DEL PROYECTO

Considero que el proyecto compilado para la península de Yucatán fue el más importante para el Estado de Yucatán y Campeche pues permitió hacer una revisión de las debilidades que tenían ambos Estados en cultura de prevención para el caso de huracanes, al haber sido los Estados más afectados por la trayectoria que presento el Huracán Isidoro.

Actualizo las herramientas e instrumentos de evaluación de daños, influyo sobre los instrumentos de planificación y desarrollo capital humano para futuras investigaciones en los 3 Estados.

Propuso nuevos escenarios a través de modelos matemáticos como parte de los instrumentos de prevención de riesgos asociados a los huracanes al identificar características de vulnerabilidad en los Subsistemas Demográfico-social y Económico-Productivo e hizo evidente la necesidad de realizar mayores estudios relacionados con el cambio climático.

En el caso particular de **"el objetivo 4"**.

Socializamos los productos generados después del proceso, entregando un juego de datos de manera independiente con la intención de mejorar sus herramientas para los procesos de planificación de las comunidades de Holbox y Chiquilá conteniendo en formato digital resultados de las localidades e incluyendo principalmente los foto mosaicos realizados con las fotografía verticales no fotogramétricas con las fotografías originales que podrían ser utilizadas por las autoridades de las localidades.

Pude constatar que en las 2 comunidades, si bien eran recibidos con agrado, no causaron mayor interés, probablemente por los años transcurridos entre el huracán Isidoro y el proyecto realizado. Por lo regular esperan instrucciones por parte de autoridades de mayor jerarquía.

Pero las personas por experiencia están a la expectativa y de manera individual se preparan como mejor pueden.

Esto desde mi punto de vista, evita tragedias mayores siendo el conocimiento empírico de los pobladores.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”



*Ilustración 16: **Fotografía:** Entrega de resultados para autoridades de Chiquilá.*



*Ilustración 17: **Fotografía:** Entrega de resultados para autoridades de la localidad de Holbox.*

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

VI.- ALCANCES Y LÍMITES

Los efectos y desastres, consecuencia del cambio climático, hicieron necesario el contar con información como la presente investigación; realizada hace casi 12 años y reflejándose su utilidad en la adecuación de las políticas y programas de gobierno.

El proyecto compilado para la península de Yucatán afinó instrumentos de evaluación y modeló escenarios que afectaron a los 3 Estados durante el huracán Isidoro, y se han perfeccionado hasta el presente. Consecuentemente actualizó las políticas y programas de gobierno en un principio en materia de prevención para el caso de huracanes.



Ilustración 18: **Imagen:** portada de el Libro publicado por EPOMEX.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Una observación en especial para el grupo de trabajo de Campeche que publicó un libro con información del reporte final del proyecto, enfocándose en definir moderación de mareas de tormenta y organizando las acciones para mitigar daños en el Estado de Campeche, llevando estas acciones a la práctica y organizando los procesos de información a la sociedad enfocadas a la cultura de prevención de huracanes.

Las limitaciones presentadas por el proyecto en general, desde mi punto de vista, son que se evalúan los daños directos, prestando poca atención a los daños recesivos que dejan los huracanes.

En el caso de **"el objetivo 4"**.

La línea de playa ubicada al norte de Holbox ha sufrido, en los últimos 25 años, un proceso de erosión continuo modificando sensiblemente la forma y límites. El vuelo fotogramétrico nos aportó un elemento de innovación tecnológico para desarrollar por cuenta propia tecnología de obtención de datos. Se tomaron puntos con el GPS de diferentes afectaciones en campo para usos posteriores. No fue posible, por cuestiones de equipo, realizar el levantamiento de la línea de la costa de Holbox, por lo que los alcances que tiene el trabajo realizado en Holbox es el de servir de base de datos para evaluaciones posteriores de mayor confiabilidad, pues el resultado que obtuvimos estuvo basado en las entrevistas/encuestas, como sobre posición de datos de cartas topográficas del INEGI 1:50,000 en donde se apreciaban cambios significativos, como se puede apreciar en la *ilustración 9*.

Donde se aprecian las escolleras que se encontraban en la línea de costa tomadas con el GPS como unas líneas sobrepuestas de color negro, sobre la carta topográfica. Al Noroeste de la isla, la limitante fue que no pudimos generar una propuestas para evitar cambios.

Durante mi servicio social en la Dirección Estatal de Protección Civil logré desarrollar un análisis de vulnerabilidad con criterios del Subsistema Demográfico-social, tomando en consideración las siguientes variables:

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Población con discapacidad, población total, población ocupada que recibe menos de un salario al mes, viviendas particulares con paredes de materiales ligeros realizando por AGEB censo 2000 del INEGI. (Servicio social)

Presentando el mapa de la *Ilustración 20*, el cual logre generar gracias a las experiencias aprendidas durante el proyecto de investigación que origino el presente documento.

Las investigaciones aplicadas y los métodos de análisis para modelar procesos reales y simular situaciones fueron elementos que despertaron mi interés por incrementar mis conocimientos en las tecnologías SIG.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

*“Me lo contaron y lo olvide
lo vi y lo entendí
lo hice y lo aprendí”*

Confucio

CAPITULO 2

I.- ACTIVIDADES REALIZADAS

Las actividades directas e indirectas en las que tuve oportunidad de participar fueron:

1. A nivel península.

Previamente a realizarse el taller de integración iniciamos las actividades de recopilación de información. El lugar donde obtuve mayor cantidad de información fue en la Secretaria de Planeación del Gobierno de Estado.

En la Dirección Estatal de Protección Civil me facilitaron poca información pero abundante sobre sus procesos de operación en caso de contingencias.

Mi participación fue de manera indirecta en el **taller de integración de información**, donde se realizó el ejercicio de homologar y enfocar los diferentes resultados que se pretendían obtener, considerando principalmente la etapa posterior de los huracanes, sobre los Subsistema Demográfico-social y Económico-Productivo, buscando criterios de evaluación, para posteriormente buscar estrategias que permitieran mitigar daños.

2. A nivel local

Las actividades en las que participe, tanto en campo como en gabinete, fueron las siguientes:

Búsqueda y recopilación de información. Este ejercicio dejo la impresión de que mucha información se podía manipular.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

En otros casos, no servía para tener una idea clara de la dimensión real de los eventos y sus efectos en los Subsistemas Demográfico-social, Económico-Productivo y Físico-Biótico; Por lo que se decidió tomar datos de primera mano con trabajo de campo.

Sin embargo se incluyó toda la información obtenida de las diferentes dependencias de gobierno en el documento final.

Actividades en campo

Solicitud de información por oficio y su recopilación a las diferentes instituciones de Gobierno Estatal.

El uso del GPS fue uno de los conocimientos previos que había adquirido como parte de la curricula de la especialidad, por lo que no tuve ningún contratiempo en las siguientes actividades.

Toma de puntos de daños, visibles en la localidad de Holbox con sus respectivas fotografías.

Georreferenciación de las escolleras situadas en el noroeste de la isla de Holbox

Realización de las entrevistas/encuestas a las poblaciones de Chiquilá y Holbox.

Al considerar las diferentes limitaciones que tenían los datos disponibles, para evaluar las modificaciones a la línea de costa, y dado que por las actividades realizadas en el Centro de Información Geográfica de la Universidad de Quintana Roo por estar a la vanguardia nos brindó el apoyo la secretaria de marina para realizar un vuelo en el helicóptero para la obtención de fotografías no fotogrametrías. Fui considerado dentro de la tripulación para realizar el trabajo de campo. Para la adquisición de las fotografías.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Esta fue una de las experiencias, en lo personal, más sobresalientes de las actividades que realice, principalmente porque me permitió vivir de primera mano todo el proceso de obtención y procesamiento de datos en ambientes SIG. Amplió mi criterio, respecto a los conceptos de los sistemas de información geográfica, la importancia de la correcta forma de representación de los datos y la interpretación de los mismos, dejando más claro los conceptos aprendidos durante mi proceso de formación.



*Ilustración 19: **Fotografía:** Memoria fotográfica de algunas actividades en campo para la obtención de fotografías aéreas no fotogramétricas.*

De manera experimental georreferenciamos algunas de las fotografías verticales no fotogramétricas obtenidas, para validar la utilidad de los datos.

Aprendiendo que era viable el método para obtener datos con alto grado de detalle. Resultando de gran utilidad para obtener datos confiables con múltiples aplicaciones en herramientas SIG.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Actividades en Gabinete

Programa de actividades a realizar en las comunidades de Chiquilá y Holbox.

Elaboración de encuestas para aplicarse en las localidades de Chiquilá y Holbox como su posterior procesamiento en forma de Gráficas.

Captura e integración de puntos tomados en campo con el GPS con sus respectivas fotografías e integradas a el proyecto SIG a través de vínculos directos.

Conversión de escolleras tomadas en campo con el GPS a formato de sistemas de información geográfica para arcview 3.3 e integradas al proyecto SIG.

Georreferenciación de fotografías no fotogramétricas en el proyecto SIG con los puntos tomados en campo.

El riesgo por marea de tormenta fue simulado a partir del modelo de elevaciones realizado en un ambiente SIG en base a los datos del INEGI descritos anteriormente considerando alturas de la marea de tormenta de diferentes magnitudes a través de un buffer que permitió evaluar las áreas con mayores inundaciones.

Realice sugerencias para la selección de criterios que permitirán definir las variables socio-económicas, que pudieran servir para la elaboración de la propuesta de análisis de vulnerabilidad, que posteriormente sobrepondríamos a la modelación de inundaciones por mareas de tormenta.

En este punto quisiera mencionar la integración de conocimientos previos puesto que tenía una idea de riesgos, con un enfoque más puntual como es el caso de los riesgos de la industria hacia el medio ambiente. En este tipo de riesgo considero que uno tiene la ventaja prevenir muchos daños a los subsistemas tomando decisiones antes de iniciar operaciones.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

El concepto de vulnerabilidad ya lo había empezado a analizar producto de un interés para fines individuales, pero tuve necesidad de documentarme más para sugerir ideas.

El resultado fue que a partir de algunos criterios presentes en los censos del INEGI, podíamos inferir condiciones particulares para identificar localidades. La mayoría de los datos eran ranchos costeros que presentaran todos los elementos marginales al mismo tiempo. Siendo consideradas como las localidades con mayor vulnerabilidad.

La propuesta fue que asignaríamos valores a cada uno de los criterios considerados, conservando su valor cuantitativo, pero asignándole un valor cualitativo definido. Para finalmente sumar los valores e identificar las localidades de mayor vulnerabilidad.

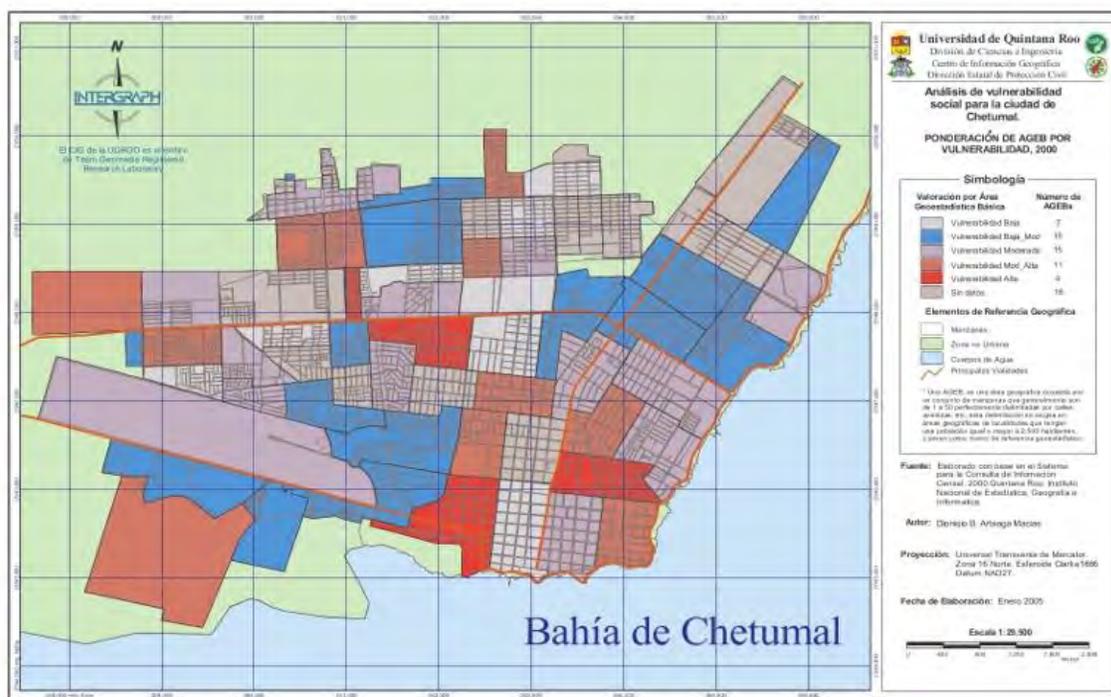


Ilustración 20: **Mapa:** Grado vulnerabilidad por AGEB en la ciudad de Chetumal, Servicio Social, 2003-2005.

Ejemplo para ilustrar la propuesta de análisis de vulnerabilidad.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

El problema fue que no existía la suficiente bibliografía para respaldar este procedimiento en particular y a falta de tiempo no podíamos realizar los estudios para validar los resultados; Sumado a esto la información del INEGI presentaba inconsistencias por lo que optamos. Por sugerir la idea antes expuesta a el coordinador de objetivo, pero presentar en el reporte final los valores del INEGI, con cada uno de los criterios separados. Para mantener la veracidad de los datos.

Esta experiencia en particular, me dio los primeros conocimientos sobre los criterios utilizados para análisis realizados con álgebra de mapas.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

*“Somos como enanos a los hombros de gigantes.
Podemos ver más, y más lejos que ellos,
no porque la agudeza de nuestra vista
ni por la altura de nuestro cuerpo,
sino porque somos levantados por su gran altura.”*

Bernardo de Chartre

CAPÍTULO 3

I.- RECOMENDACIONES

Sugerencias relacionadas con el proyecto de investigación.

Los criterios que definen la vulnerabilidad de una localidad a través de elementos cualitativos de los factores que a su vez permiten evaluar y poner en práctica estrategias de mitigación para los subsistemas Económico-productivo y Demográfico-social. Para incidir en el subsistema Jurídico-administrativo como estrategias a adoptar en una localidad en caso de ser afectada por un huracán. Es en términos prácticos un conjunto de sistemas complejos.

Haciéndose necesario un análisis integral que permita disminuir la dificultad en la práctica propongo:

Apoyándose en herramientas SIG

1. Robustecer la metodología planteada para el proceso de análisis de la vulnerabilidad; permitiendo aplicar el modelo de valoración de vulnerabilidad obtenido a diferentes tipos de amenazas logrando la evaluación de los riesgos de manera integral y disminuyendo la dificultad.
2. Las diferentes metodologías para la obtención de datos, así como las metodologías implícitas para el tratamiento de la información a ser ingresada a los sistemas de información geográfica hacen que sea una tarea bastante especializada, más no por eso libre de errores; en este punto, es muy importante la experiencia con el manejo de la información y su impacto real en campo.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Se presta atención de manera superficial a los daños más significativos que en muchos casos se limitan a daños causados a la infraestructura.

Para el caso de usar la herramienta SIG en evaluación de daños, mi propuesta es:

El análisis multidisciplinario es vital, permite aprovechar al máximo la información, actualizando de manera flexible los cambios de cada elemento del Subsistema Físico-Biótico antes y después de un huracán, no solamente con acciones y medidas temporales destinadas a disminuir los daños causados por un huracán así como evaluando los cambios antes y después. Logrando en conjunto medidas que permitan la sustentabilidad a largo plazo.

Mi recomendación

Desarrollar un método que integre los elementos de los factores que componen el subsistema Físico-Biótico directos como: la recuperación de la vegetación e indirectos - presencia de organismos indicadores-, para lograr valorar de mejor manera los grados de recuperación.

Debido a que se han desarrollado instrumentos varios para medir algunos elementos que componen los factores del subsistema Físico-Biótico incluso a nivel de indicadores, como el caso del libro *"Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio"* describiendo algunos trabajos como *Indicadores para el subsistema natural* (Indicadores Subsistema Natural) , independientemente de la consolidación de los métodos que permiten medir los elementos que construyen factores antes mencionados, No existe uno que integre todos los factores.

La extracción de los recursos naturales como parte de las actividades sistemáticas realizadas, principalmente con fines comerciales, propicia una presión adicional sobre el subsistema cuando se presenta un huracán teniendo afectaciones acumulativas durante su recuperación.

Por ser un proceso dinámico complejo se tiene una idea superficial del subsistema y de su proceso de recuperación, por lo cual es necesario ser

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

flexible y visualizar la sobre explotación de los recurso, los cuales considero se aceleran como ya mencione por efecto de los huracanes.

Mi sugerencia para el caso.

Valorar entre varias especies biológicas que pudieran servir como especies indicadoras ubicando para luego dividir las áreas en unidades de paisaje. Monitoreando estas especies indicadoras en las diferentes áreas con la finalidad de tener una idea clara de la recuperación; Además de las áreas que se encuentren en proceso de recuperación asignando un lapso de tiempo como parte de los criterios.

Para programar la subsecuente utilización favoreciendo un aprovechamiento sustentable.

Mis recomendaciones para los Subsistemas Demográfico-social y Económico-Productivo serian:

1. Desarrollar procesos de aprovechamiento de recursos para implementarse en caso de huracanes; Modificando la forma de obtener ingresos económicos, realizando un reciclado artificial de los recursos naturales, aficionando los ciclos naturales de descomposición en especial vegetación muerta a través de compostaje y elaboración de pellets de carbón vegetal.
2. Crear la cultura para crear conciencia sobre el aprovechamiento de los recursos naturales después de un huracán.
3. Campañas de reforestación de plantas que ayuden y den soporte a los bosques que fueron afectados como por ejemplo: el Guarumbo. En las costas asociaciones de vegetación, no solo una especie como ha sido exclusivamente de mangle.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

GLOSARIO

Criterio.- Es una aptitud cognitiva humana para comprender, sopesar, discernir y evaluar los elementos a disposición para adoptar un comportamiento adecuado tomando las decisiones o estableciendo conclusiones en forma asertiva ante las circunstancias, o bien resolver situaciones problemáticas con sabiduría. (Wikipedia Criterio)

Cualitativo.- Hace referencia a las cualidades específicas que tiene un objeto o una persona. Se refiere a la calidad de dicho objeto y se usa para describir cómo es el objeto. Por ejemplo: bueno, malo, aburrido, oscuro, claro, suave, sucio, feo, bello....
(Cualitativo)

Cuantitativo.- Hace referencia a la cantidad específica asociada a un objeto o persona. Es algo que se puede medir o cuantificar, a su magnitud. Por ejemplo: Calor, frío, lento, grande, pequeño.... (Cuantitativo)

Factores.- Entendemos por factores a aquellos elementos que pueden condicionar una situación, volviéndose los causantes de la evolución o transformación de los hechos. (Factores)

Indicador.- El término "Indicador" en el lenguaje común, se refiere a datos esencialmente cuantitativos, que nos permiten darnos cuentas de cómo se encuentran las cosas en relación con algún aspecto de la realidad que nos interesa conocer. Los Indicadores pueden ser medidos, números, hechos, opiniones o percepciones que señalen condiciones o situaciones específicas. Los sistemas de indicadores, es un conjunto interrelacionado de ellos que abarca la mayor cantidad posible de magnitudes a medir. (Indicador)

Subsistema Demográfico-social.- Comprende factores de la población, como edad, sexo y las actividades que comparten para dar identidad a una comunidad como la cultura y la religión.
(Definición propia)

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

Subsistema Económico-Productivo.- Comprende los factores como el aprovechamiento de los recursos a través de actividades primarias, secundarias o terciarias y los sistemas de comercialización dentro de la comunidad y fuera de la comunidad, incluyendo la infraestructura. (Definición propia)

Subsistema Físico-Biótico.- Comprende los factores biológicos presentes en cada componente de la vegetación como en la fauna y modelo de elevación, Edafología, Geología, Belleza escénica. (Definición propia)

Subsistema Jurídico-Administrativo.- Comprende los factores integrados por instrumentos legales y la jerarquización estructural de las instituciones de administración. (Definición propia)

Riesgo.- Probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y **económicos en un lugar y en un tiempo determinado**. (Navegando entre brumas)

Vulnerabilidad.- Una medida objetiva de pérdida o daño, hacia una medida relativa de la capacidad de una población de absorber y recuperarse de un daño o pérdida determinada. (Navegando entre brumas)

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Maskrey, A. (1998). *Navegando entre brumas: La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina*. Lima: Red de Estudios Sociales en Prevención de desastres en América Latina.
- Mendoza Estrada, D. R., Fuentes Mariles, Ó. A., Jiménez Espinosa, M., Matías Ramírez, L. G., & Eslava Morales, H. (2008). *Aplicación de la metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones costeras por marea de tormentas. Caso Isla Arena, Municipio de Calkíni, Campeche*. Chetumal: CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES.
- Rivera Arriaga, E., Palacio Aponte, G., Siva Casarín, R., & Alfonso de Almeida, P. S. (2004). *Evaluación de daños en las zonas costeras de la península de Yucatán por el huracán "Isidoro". Desarrollo de propuestas de investigación y mitigación en manejo integrado de recursos costeros, sección Campeche*. Chetumal: Universidad Autónoma de Campeche.
- Sara Gutiérrez, C. A., Iturbe Posadas, A., Afoso de Almeida, P. S., & Silva Casarín, R. (2007). *Atlas del riesgo oceanográfico del estado de Quintana Roo*. Chetumal: Centro de información geográfica de la Universidad de Quintana Roo.

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”

ANEXOS

Constancia de participación en proyecto de investigación.



“Fructificar la Razón: Trascender Nuestra Cultura”



CEMIRN

CONSTANCIA

Por medio de la presente se hace constar que el C. **Dionisio B. Arteaga Macías** participó en el proyecto SISIERRA-CONACYT “Evaluación de daños en las zonas costeras de la Península de Yucatán por el huracán Isidoro: Desarrollo de propuestas de investigación y mitigación de manejo integrado de recursos costeros”; desarrollando el capítulo 2.4: “Determinación de la susceptibilidad y vulnerabilidad a inundaciones en el Estado de Quintana Roo y evaluación de los cambios en la línea de costa de Holbox y Chiquilá, Quintana Roo por efectos del huracán Idisoro”, dentro del periodo comprendido entre mayo del 2003 a marzo del 2004.

Se extiende la presente constancia en Chetumal, Quintana Roo a los 22 días del mes de abril de 2004.

René A. Forster Hojer
Investigador Responsable

Dr. Ricardo Torres Lara
Jefe del CEMIRN

“Daños en la línea de costa de Holbox y las localidades con mayor riesgo a inundaciones por marea de tormenta en la costa de Quintana Roo”



“Fructificar la Razón: Trascender Nuestra Cultura”



CONSTANCIA

Por medio de la presente se hace constar que el C. **Dionisio B. Arteaga Macías** participó en el proyecto SISIERRA-CONACYT “Evaluación de daños en las zonas costeras de la Península de Yucatán por el huracán Isidoro: Desarrollo de propuestas de investigación y mitigación de manejo integrado de recursos costeros”; desarrollando el capítulo 2.4: “Determinación de la susceptibilidad y vulnerabilidad a inundaciones en el Estado de Quintana Roo y evaluación de los cambios en la línea de costa de Holbox y Chiquilá, Quintana Roo por efectos del huracán Idisoro”, dentro del periodo comprendido entre mayo del 2003 a marzo del 2004.

Se extiende la presente constancia en Chetumal, Quintana Roo a los 22 días del mes de abril de 2004.

René A. Forster Hojer
Investigador Responsable

Dr. Ricardo Torres Lara
Jefe del CEMIRN