



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Boca del Río  
División de Estudios de Posgrado e Investigación



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“ESTUDIO ESPACIO-TEMPORAL DE LAS MODIFICACIONES EN LA LÍNEA  
DE COSTA Y EL IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL EN LAS BARRANCAS-  
VERACRUZ-MÉXICO”**  
TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTA

INDRA GUADALUPE CONTRERAS LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

DRA. VIRGINIA ALCÁNTARA MENDEZ

CO-DIRECTOR

DRA FABIOLA LANGO REYNOSO

ASESOR

DR. ARTURO GARCÍA SALDAÑA

ASESOR

DR. PEDRO CÉSAR REYNA GONZÁLEZ

29 DE NOVIEMBRE DEL 2022 BOCA DEL RIO, VERACRUZ.



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.  
Tel. (229) 690 5010 dir01\_bdelrio@tecnm.mx | technm.mx | bdelrio.tecnm.mx



2022 *Ricardo Flores*  
Año de Magón  
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA



Boca del Río, Ver **22/NOVIEMBRE/2022**

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

**INDRA GUADALUPE CONTRERAS LÓPEZ  
PASANTE DEL PROGRAMA MAESTRÍA EN  
CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
PRESENTE**

De acuerdo con el fallo emitido por los integrantes del Comité Revisor de la **TESIS PARA OBTENCIÓN DE GRADO**, desarrollada por usted cuyo título es:

**“ESTUDIO ESPACIO-TEMPORAL DE LAS MODIFICACIONES EN LA LÍNEA DE COSTA Y EL IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL EN LAS BARRANCAS-VERACRUZ-MÉXICO”**

Esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le concede **AUTORIZACIÓN** para que proceda a su impresión.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica®*  
*Por nuestros mares responderemos*

**DR. JUAN DAVID GARAY MARIN  
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



c.c.p. Coordinación del Programa MCIAMB  
c.c.p. Expediente





### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Número Registro: **A-01206-110221**

En la ciudad de Boca del Río, Ver., siendo las 11:00 horas del día 29 del mes de noviembre de 2022 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Consejo del Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del ITBOCA, para examinar la Tesis de Grado titulada:

### “ESTUDIO ESPACIO-TEMPORAL DE LAS MODIFICACIONES EN LA LÍNEA DE COSTA Y EL IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL EN LAS BARRANCAS-VERACRUZ-MÉXICO.

Que presenta el (la) alumno(a):

**INDRA GUADALUPE CONTRERAS LÓPEZ**

Aspirante al Grado de:

**Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental**

Después de escuchar las opiniones sobre el documento escrito e intercambiar puntos de vista, los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes para su defensa ante el jurado correspondiente.

#### LA COMISIÓN REVISORA:

**DRA. VIRGINIA ALCÁNTARA MENDEZ**

Director

**DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO**

Co-Director

**DR. ARTURO GARCÍA SALDAÑA**

Asesor

**DR. PEDRO CÉSAR REYNA GONZÁLEZ**

Asesor



Boca del Río, Veracruz, 30/Noviembre/2022

Asunto: **CESION DE DERECHOS Y NO PLAGIO**

**H. CONSEJO DE POSGRADO  
PROGRAMA DE POSGRADO MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/ INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO  
PRESENTE**

En la Ciudad de Veracruz, Veracruz a los **\_30\_** días del mes **\_Noviembre\_** del año **2022**. El que suscribe **INDRA GUADALUPE CONTRERAS LÓPEZ** por mi propio derecho y en calidad de autor de la tesis titulada: **“ESTUDIO ESPACIO-TEMPORAL DE LAS MODIFICACIONES EN LA LÍNEA DE COSTA Y EL IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL EN LAS BARRANCAS-VERACRUZ-MÉXICO.”** (en lo sucesivo la “TESIS”) manifiesto que cedo a título gratuito la totalidad de los derechos patrimoniales de autor que sobre ella me corresponden, a favor del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo el “TecNM”). Lo anterior en términos de los antecedentes y consideraciones siguientes:

- I. Que la presente cesión de derechos de la “TESIS” se transfiere en virtud de lo estipulado en los establecido en los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, sin reservarme acción legal de ningún tipo.
- II. Manifiesto bajo protesta de decir verdad, que la “TESIS” es original, inédita y propia, no existiendo impedimento de ninguna naturaleza para la cesión de derechos que se está haciendo, respondiendo además por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir.
- III. Que la titularidad de derechos de autor de la “TESIS” en términos del artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor (reproducción, en todas sus modalidades, transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de explotación que de la “TESIS” se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer, son propiedad única y exclusiva del “TecNM”, adquiriendo el derecho de reproducción en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de uso que de la “TESIS” se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer. La cesión de derechos se realiza con carácter permanente e irrevocable.
- IV. El TecNM podrá exhibir la “TESIS” a través de cualquier medio, en cualquier parte del mundo, incluso ser modificada, comprendida, traducida y de cualquier forma explotada en su totalidad o parcialidad.
- V. Que no he otorgado, ni otorgaré por ningún motivo, consentimiento alguno para la utilización de la “TESIS” por cualquier medio y su materialización en productos o servicios de cualquier naturaleza, a favor de ninguna persona física o moral, distinta a el “TecNM”.



VI. Estoy enterado del contenido y alcance legal de la presente cesión de derechos, firmando al final del presente documento para su certificación.

Señalo como correo electrónico para recibir futuras notificaciones: m20990425@bdelrio.tecnm.mx.

Agradeciendo de antemano sus atenciones, le envío un cordial saludo

**ATENTAMENTE**



Indra Guadalupe Contreras López

---

NOMBRE Y FIRMA DEL ESTUDIANTE DE POSGRADO

c.c.p. Archivo



## RESUMEN

La línea de costa y las playas son vulnerables al sufrir cambios en su dinámica natural, el principal motor de estas transformaciones es la energía del océano presentada a través de tres aspectos fundamentales: oleaje, mareas y transporte de sedimentos. Además de factores externos como vientos, clima, la geomorfología de la zona y la incidencia antrópica en esta. La planicie costera en el estado de Veracruz abarca alrededor del 72.2%.

El presente trabajo de investigación desarrolló un estudio espacio-temporal de la línea de costa que permite evaluar el comportamiento de la dinámica costera y su impacto en Las Barrancas, Veracruz. Para ello, además de un análisis multi-temporal de imágenes satelitales de 2016 a 2022, se realizaron muestreos de campo para detallar perfiles de playa y análisis de granulometría de sedimentos. También, se realizó el análisis para evaluar los impactos positivos y negativos de la comunidad, y a partir de los resultados la implementación de talleres sobre educación ambiental, que incluyó estrategias para fortalecer las debilidades y empoderar las fortalezas de la comunidad.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los grados de erosión de los años 2016 al 2022, con desplazamiento de -2.08 m a -3.46 m respectivamente. Durante el período de estudio, para las tres estaciones analizadas, la forma de la playa reveló momentos de equilibrio dinámico entre el movimiento de los sedimentos hacia el mar, hacia la tierra y hacia la costa; sin embargo la que representó un mayor riesgo de impacto negativo corresponde a la temporada de secas, con valores de 55% de grava y 45% de arenas. Finalmente se que la línea de costa tuvo un desplazamiento de 2.8 m en el análisis de los años 2016 al 2022.

En cuanto al análisis del impacto en la comunidad, se reconoce como un estudio de caso porque los talleres implementados permitieron asignar y potenciar el contexto socioambiental en el que viven los pobladores de Las Barrancas con beneficios a largo plazo en la resolución de conflictos ambientales.

## ABSTRACT

The coastline and beaches are vulnerable to changes in their natural dynamics, the main engine of these transformations is the energy of the ocean presented through three fundamental aspects: waves, tides and sediment transport. In addition to external factors such as winds, climate, the geomorphology of the area and the anthropic incidence in it. The coastal plain in the state of Veracruz encompasses about 72.2%.

The present research work developed a spatio-temporal study of the coastline that allows evaluating the behavior of coastal dynamics and their impact on Las Barrancas, Veracruz. To this end, in addition to a multi-temporal analysis of satellite images from 2016 to 2022, field sampling was carried out to detail beach profiles and sediment particle size analysis. Also, the analysis was carried out to evaluate the positive and negative impacts of the community, and from the results the implementation of workshops on environmental education, which included strategies to strengthen weaknesses and empower the strengths of the community.

The results showed significant differences between the degrees of erosion from 2016 to 2022, with displacement of -2.08 m to -3.46 m respectively. During the study period, for the three stations analyzed, the shape of the beach revealed moments of dynamic equilibrium between the movement of sediments towards the sea, towards land and towards the coast; However, the one that represented a greater risk of negative impact corresponds to the dry season, with values of 55% gravel and 45% sand. Finally, I know that the coastline had a displacement of 2.8 m in the analysis of the years 2016 to 2022.

As for the analysis of the impact on the community, it is recognized as a case study because the workshops implemented allowed to assign and enhance the socio-environmental context in which the inhabitants of Las Barrancas live with long-term benefits in the resolution of environmental conflicts.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que con su soporte científico y humano han colaborado en la realización de este trabajo de investigación.

A las instituciones que han hecho posible la realización del trabajo presentado, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) por la ayuda económica brindada y al Tecnológico Nacional de México por la formación y equipos para llevar a cabo un trabajo que hoy se ve concretado.

Especialmente agradezco a mi directora de Tesis, la Dra. Virginia Alcántara Méndez por compartir sus conocimientos, por las asesorías y por la confianza depositada en mí.

## **DEDICATORIA**

A mi tío Pedro, porque sé que si había alguien emocionado de escuchar sobre mi proyecto era él. Y aunque hoy no pueda verlo físicamente, sé que desde donde esta se sentirá muy orgulloso de este logro.

A mis padres, Sergio y Esperanza por ser los principales impulsores de mis metas y sueños, por confiar y creer en mí, motivarme y apoyarme en las decisiones que he tomado, gracias por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

# CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	15
2.	MARCO EPISTÉMICO .....	19
3.	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	21
3.1	Teoría del Cambio Climático .....	21
3.2	Cinemática del océano .....	23
3.3	Hidrodinámica costera .....	23
3.4	Oleaje .....	24
3.4.1	Teoría lineal de oleaje .....	24
3.4.2	Estadísticas del oleaje .....	25
3.4.3	Fenómenos de propagación del oleaje .....	26
3.4.4	Corrientes inducidas por el oleaje.....	26
3.5	Mareas.....	27
3.5.1	Pleamar .....	27
3.5.2	Bajamar .....	27
3.5.3	Zona intermareal.....	27
3.5.4	Corrientes inducidas por mareas .....	27
3.6	Teoría de sedimentación.....	28
3.6.1	Transporte de sedimentos .....	28
3.6.2	Granulometría de sedimentos .....	29
3.7	Línea de costa.....	29
3.7.1	Erosión costera.....	29
3.7.1.1	Tasa de Erosión Costera Lineal.....	30
3.7.2	Playas.....	31
3.7.2.1	Sedimentología de playas .....	31
3.7.2.2	Perfil de playa.....	32
3.8	Vulnerabilidad costera .....	32
3.9	Análisis digital de imágenes satelitales y fotografías aéreas .....	33
3.9.1	Uso de vehículos aéreos no tripulados .....	33
3.9.2	Normatividad para uso de RPAS .....	34
3.9.3	Pix4Dcapture .....	34
3.9.4	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	34
3.9.4.1	Software QGIS .....	35

3.9.4.2	Software Agisoft .....	35
3.9.4.3	AutoCAD .....	36
3.10	Estudios socio-ambientales con enfoque comunitario .....	36
3.10.1	Fundamentos teóricos de Estadística aplicada a Estudios Sociales .....	38
3.10.1.1	Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov .....	39
3.10.1.2	Prueba de Wilcoxon .....	39
3.10.1.3	Software estadístico (IBM SPSS Statistics versión 25).....	39
3.10.2	Sistema de evaluación por competencias.....	40
3.10.2.1	Enfoque por competencias como modelo de enseñanza .....	41
4.	MARCO DE REFERENCIA .....	41
4.1	Lugar de Estudio.....	41
4.2	Eventos hidrometeorológicos extremos en el Puerto de Alvarado .....	43
4.3	Antecedentes .....	44
4.4	Frontera de conocimiento.....	45
5.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	46
5.1	Situación problemática .....	46
5.2	Planteamiento del problema .....	47
5.3	Pregunta de investigación .....	47
5.4	Justificación .....	47
6.	HIPÓTESIS .....	49
6.1	Hipótesis general.....	49
6.2	Operacionalización de hipótesis .....	49
7.	OBJETIVOS .....	50
7.1	Objetivo general.....	50
7.2	Objetivos particulares .....	50
8.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
8.1	Objetivo Particular OP1.....	52
8.1.1	Modelación de la línea de costa.....	52
8.1.1.1	Identificación de desplazamientos en la línea de costa .....	52
8.1.1.2	Características de vuelo con RPA .....	53
8.1.1.3	Procedimiento para georreferenciación .....	54
8.1.2	Perfiles de Playa .....	55
8.2	Objetivo Particular OP2.....	55

8.2.1	Oleaje .....	55
8.2.2	Mareas.....	55
8.2.3	Sedimentos.....	56
8.2.3.1	Análisis granulométrico sedimentológico .....	56
8.2.4	Cálculo de tasa de erosión lineal.....	57
8.3	Objetivo Particular OP3.....	57
8.3.1	Estudio de Impacto Socioeconómico .....	57
8.3.1.1	Análisis estadístico .....	58
9.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	60
9.1	Resultados .....	60
9.2	Discusión .....	81
9.3	Conclusiones.....	85
10.	REFERENCIAS.....	86
11.	ANEXOS .....	95
11.1	Imágenes del Lugar de Estudio .....	95
11.2	Perfiles de playa para todos los meses de las estaciones 1, 2 y 4.....	96
11.3	Cuestionario aplicado de evaluación de aspectos ambientales y socioeconómicos. ....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio. ....	42
Figura 2. Situación problemática en la línea de costa y playas en la localidad de Las Barrancas, Alvarado, Ver. ....	46
Figura 3. Perfil de playa para la Estación 1 agrupando las estaciones de lluvia, secas y nortes en Las Barrancas, Ver, Méx. ....	60
Figura 4. Perfil de playa para la Estación 2 agrupando las estaciones de lluvia, secas y nortes en Las Barrancas, Ver, Méx. ....	60
Figura 5. Perfil de playa para la Estación 4 agrupando las estaciones de lluvias, secas y nortes en Las Barrancas, Ver., Méx. ....	61
Figura 6. Análisis granulométrico para clasificación de Folk y Ward. ....	63
Figura 7. Análisis granulométrico para clasificación de Shepard para muestreo de temporada de lluvias. ....	64
Figura 8. Análisis granulométrico para clasificación de Shepard para muestreo de temporada de nortes. ....	64
Figura 9. Análisis granulométrico para clasificación de Shepard para muestreo de temporada de secas. ....	65
Figura 10. Mapa de representativo de desplazamientos de la línea de costa obtenidos entre 2016 al 2022. ....	66
Figura 11. Comparativa de línea de costa para todos los años estudiados entre 2016 y 2022. ....	67
Figura 12. Mapa de identificación de puntos de erosión y acreción en la línea de costa de Las Barrancas, Alvarado, Ver. ....	69
Figura 13. Triángulo Topológico 1, Estudio socio ambiental. ....	77
Figura 14. Triángulo Topológico 2, Educación y Conciencia Ambiental. ....	78
Figura 15. Triángulo Topológico 3, Estudio sobre el Medio Ambiente. ....	79
Figura 16. Triángulo Topológico 4 para la categoría Impactos Ambientales a la comunidad. ....	80
Figura 17. Zona de estudio 27 de Julio del 2022 en Estación 2. ....	95
Figura 18. Zona de estudio 27 de Julio del 2022 en Estación 4. ....	95
Figura 19. Zona de estudio 27 de Julio del 2022 en Estación 5. ....	96
Figura 20. Perfil de playa para la Estación 1 correspondiente al mes de Julio en Las Barrancas, Ver, Méx. ....	96
Figura 21. Perfil de playa para la Estación 1 correspondiente al mes de Octubre en Las Barrancas, Ver, Méx. ....	96
Figura 22. Perfil de playa para la Estación 1 correspondiente al mes de Mayo en Las Barrancas, Ver., Méx. ....	96

Figura 23. Perfil de playa para la Estación 4 correspondiente al mes de Julio en Las Barrancas, Ver, Méx .....	97
Figura 24. Perfil de playa para la Estación 4 correspondiente al mes de Octubre en Las Barrancas, Ver, Méx. ....	97
Figura 25. Perfil de playa para la Estación 4 correspondiente al mes de Mayo en Las Barrancas, Ver. México.....	97
Figura 26. Cuestionario aplicado a la comunidad Las Barrancas sobre Información de aspectos socioeconómicos para caracterización de la población.....	98
Figura 27. Cuestionario aplicado a la comunidad Las Barrancas sobre Información de Impactos en la comunidad. ....	99
Figura 28. Cuestionario aplicado a la comunidad Las Barrancas sobre Información de Educación y Conciencia Ambiental. ....	101

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Eventos hidrometeorológicos que afectaron al estado de Veracruz en los últimos 20 años.....	43
Cuadro 2. Operacionalización de hipótesis .....	50
Cuadro 3. Imágenes satelitales y fotografías aéreas utilizadas para el análisis espacial .	53
Cuadro 4. Características de dron modelo Phantom 3 Standard .....	53
Cuadro 5. Especificaciones de vuelo con dron.....	54
Cuadro 6. Prueba de hipótesis para estudio de impactos ambientales y sociales de la comunidad Las Barrancas. ....	59
Cuadro 7. Promedios de oleaje por temporada (datos obtenidos del sitio tabla de mareas . com) .....	61
Cuadro 8. Promedios de coeficientes de mareas por temporada (datos obtenidos del sitio tabla de mareas . com) .....	61
Cuadro 9. Tasa de Erosión Lineal para el municipio de Alvarado. ....	67
Cuadro 10. Relación de puntos de erosión-acreción para la zona de Las Barrancas.....	70
Cuadro 11. Puntaje de valoración y descripción para cuestionario aplicado a la cooperativa Las Barrancas. ....	73
Cuadro 12. Resultados obtenidos de los cuestionarios para las variables: Conocimientos de Impactos ambientales a la comunidad y Conocimientos de Educación Ambiental y Servicios Ambientales.....	73
Cuadro 13. Resultados de la prueba estadística para las variables Conocimientos de Impactos ambientales a la comunidad y Conocimientos de Educación Ambiental y Servicios Ambientales.....	74

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Caracterización de la población por edades de los integrantes de la cooperativa Las Barrancas, Ver. ....	71
Gráfico 2. Caracterización de la población por ocupación de los integrantes de la cooperativa Las Barrancas, Ver. ....	71
Gráfico 3. Caracterización de la población por nivel de estudios de los integrantes de la cooperativa Las Barrancas, Ver. ....	72
Gráfico 4. Apropiación de conocimiento de la Variable Impactos Ambientales en la comunidad. ....	76
Gráfico 5. Apropiación de conocimiento de la Variable Educación Ambiental y Conciencia Ambiental. ....	76

## 1. INTRODUCCIÓN

Las áreas costeras como zonas de transición e interacción entre ambientes terrestres y marinos son respuesta a la incidencia de agentes naturales o antropogénicos. Cerca del 40% de la población mundial vive en zonas costeras y la mayor parte de las grandes concentraciones urbanas se encuentran en la costa (Burke, et ál., 2001).

Según estudios realizados por el INEGI (1995), México tiene poco más de 11 mil kilómetros de costa abierta al mar, dentro de los cuales 3,294 kilómetros pertenecen al Golfo de México y Mar Caribe. Hablar de la zona costera en Veracruz, implica hablar de todo el estado, ya que la planicie costera abarca alrededor del 72.2%.

Se debe agregar que, la línea de costa suele estar en continuo movimiento, cambiando de forma y posición en función de agentes externos como vientos, clima y la geomorfología de la zona, los cuales actúan sobre esta; además de factores internos como corrientes litorales, mareas y oleaje. Estos cambios pueden ser estudiados para distintas escalas de tiempo, desde pocos segundos hablando de periodos de olas, hasta una escala de tiempo geológica. Es relevante mencionar que estos cambios, conducen al estrechamiento o incluso desaparición de las playas (Jiménez-Quintana y Sánchez- Arcilla, 1992).

Desde hace algunas décadas, los procesos naturales y antropogénicos que influyen en estas zonas han ido en aumento, por esto, es necesario llevar a cabo estudios de monitoreo de las líneas de costa a nivel mundial de manera constante.

Asimismo, al interactuar con estímulos externos, las playas son susceptibles a sufrir cambios en su dinámica natural. La vulnerabilidad de las mismas está relacionada con las características morfológicas y con la dinámica sedimentaria en la que se involucran (Jiménez et ál., 2011). La dinámica se determina por el transporte y pérdida de sedimentos en la línea de costa. A su vez el principal motor de sus transformaciones dinámicas es la energía del mar, a través de las olas, mareas y corrientes o factores externos como el viento, el clima y la geomorfología de la zona (Marinas y Serrato, 2017).

Es necesario mencionar que, además, las playas sustentan las principales actividades económicas de muchos sitios, con actividades como el tráfico comercial marítimo y el turismo. Como consecuencia de ello, gran parte de los estudios realizados en ellas tienen como objetivo mitigar los comportamientos que afecten directamente en la zona.

Múltiples trabajos (Hernández Santana et ál., 2008; Morton et ál., 2005; Ortiz Pérez, 1992) reflejan la influencia de los procesos de retroceso en costas del Golfo de México. Es por todo esto que estudios sobre las modificaciones de las costas, la vulnerabilidad las playas, o algunos otros procesos que están en función la dinámica costera, son imprescindibles. Por ello es importante prestar principal atención a las zonas que han sufrido mayores cambios y se encuentran más expuestas.

Desde hace algunos años, la erosión costera es un problema que se ha originado en algunas costas del estado de Veracruz. En Las Barrancas localidad ubicada en el municipio de Alvarado ha presentado efectos erosivos críticos reflejados en la pérdida de sedimentos.

Se debe agregar que, en la comunidad Las Barrancas una de sus fuentes de ingresos es la actividad turística, la cual permite un aporte al sector económico. La problemática presentada por sus habitantes hace necesario un estudio referente a la perdida de playa que fundamente la toma de decisiones y la gestión de soluciones con responsabilidad social y educación ambiental.

El presente trabajo de investigación desarrolló el estudio espacio-temporal de la línea de costa que permitió evaluar el comportamiento de la dinámica costera y los impactos de estos en la zona. Fueron analizados tres aspectos de relevancia: el oleaje, las mareas y el transporte de sedimentos referidos a la línea de costa de la comunidad Las Barrancas. Su finalidad fue tener un mayor alcance para el cumplimiento de los objetivos planteados; la organización del trabajo se presenta en 10 capítulos.

En ellos se presenta la introducción, el marco epistémico que describe los aspectos epistemológicos, gnoseológicos y ontológicos, así como la postura epistémica de

investigación, con enfoque cuantitativo principal positivista y un enfoque cualitativo secundario estructuralista.

Un marco teórico conceptual describe las teorías que dieron estructura y sustento al trabajo como la teoría del cambio climático y la teoría lineal de la dinámica hídrica, además los modelos y conceptos principales como línea de costa, oleaje, mareas, transporte de sedimentos, hidrodinámica del océano y perfil costero.

El marco de referencia expone los antecedentes y trabajos más actuales de relevancia para la presentación del problema y la pregunta de investigación que dan lugar a la justificación, finalizando con la hipótesis, objetivos y metodología a seguir para su realización. También se incluyen factores importantes para la evaluación espacio-temporal de la línea de costa, como: identificación de los desplazamientos de la línea de costa en un periodo de seis años mediante imágenes aéreas evaluadas y georeferenciadas de acuerdo a criterios propuestos por (Boak y Turner, 2005), hasta una actual obtenida con un dron Phantom 3 Standard, el análisis se realizó mediante el software de análisis espacial ArcGis 10.3, así como el levantamiento topográfico de playa para la determinación de los perfiles costeros obtenidos mediante estadal marca APEX de 4m, GPS a través de la aplicación móvil UTM Geo Map, nivel de mano y cinta métrica, los cuales fueron tomados desde la zona de dunas hasta la zona de rompientes a lo largo de la playa para seis estaciones de muestreo.

Además se realizó una determinación del grado de erosión y caracterización sedimentaria, esto mediante la obtención de datos del sitio tabla de mareas.com diariamente para los parámetros: altura de ola significativa, periodos pico de ola, dirección del viento y periodos de mareas, su finalidad fue caracterizar los procesos que ocurren en la línea de costa y la identificación de los periodos predominantes de mareas presentes en la zona. Para la composición sedimentaria se colectaron muestras de sedimentos superficiales en la zona intermareal baja de playa, la técnica fue mediante un nucleador de PVC de aproximadamente 1kg, las cuales posteriormente fueron almacenadas en bolsas selladas y secadas previamente antes de llevar al laboratorio. El análisis granulométrico de las muestras se realizó

por el método de tamizado, de acuerdo con criterios propuestos por (Simeón, 2012); los resultados de la prueba fueron analizados en el software Gradistat 9.3 para obtener parámetros granulométricos como: media, mediana, clasificación del grano, el tamaño promedio de grano, la desviación estándar, asimetría y kurtosis utilizando estándares propuestos por Folk (1954). Por último se realizó la comparación de las muestras por temporada y se obtuvo el estado energético de la playa.

Finalmente el análisis de impactos, se llevó a cabo desde el enfoque estudio de caso, donde se utilizó la técnica de aplicación de cuestionarios estructurados que proporcionaban información para validar aspectos socioeconómicos y bases de educación ambiental y conciencia ambiental, lo cual permitió evaluar aspectos positivos y negativos para la comunidad, además se implementaron talleres con respecto a conceptos de servicios ambientales, con lo anterior para determinar una escala de impactos de los sectores afectados y obtener una comparación pre y post para evaluar el aprendizaje obtenido a través de los talleres y capacitación se aplicó la prueba estadística de Wilcoxon y con ello se construyeron triángulos topológicos que indican factores de relevancia para la implementación de estrategias que fortalecieron debilidades y amenazas y potenciaron fortalezas y oportunidades dentro de la comunidad.

Por todo lo anterior, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar espacio-temporalmente la línea de costa y su impacto en la comunidad Las Barrancas-Veracruz-México para contribuir con información actualizada, con validez de constructo, validez estadística y fundamentación teórica que permitió conocer la influencia de la dinámica costera y el impacto en los cambios morfológicos de la línea de costa y playa, así como en impactos socioambientales en la comunidad.

## 2. MARCO EPISTÉMICO

Thullier (1991) describió a la epistemología como "ciencia o filosofía de la ciencia que no impone dogmas a los científicos, sino que estudia la génesis y la estructura de los conocimientos científicos". En síntesis, se podría decir que la epistemología es la ciencia que orienta en cómo hacer ciencia, encamina en una búsqueda por estudiar el principio y la estructura de los conocimientos científicos.

García (2006), propuso que el proceso de investigación se debe iniciar con un marco epistémico, para definir ¿qué conocemos? y ¿cómo conocemos?, así el marco epistémico se identifica como una concepción del mundo, que se constituye a partir de factores sociales, políticos y filosóficos, que permanecen implícitos en las teorizaciones.

La capacidad de conocer es propia del ser humano, la cual es abrir los sentidos al contexto y poner en contacto la realidad. Una manera de adaptación al entorno o a un medio, que permite acercarse a la verdad es a través del conocimiento. Como seres humanos se tienen distintas maneras de adquirir conocimientos y la experiencia propia y después de la elaboración de la prueba de VAK, podría definir que para llevar a cabo investigación es necesario aprender de manera visual, kinestésica y didáctica.

La epistemología establece una relación dialéctica entre el ser cognoscente y el proceso o fenómeno sobre el cual se desarrolla su actividad cognitiva. La ontología permite precisamente, no asumir un papel contemplativo únicamente, sino visualizar un producto de la interacción desde un proceso, más que de los resultados obtenidos.

Desde el punto de vista gnoseológico, ontológico y epistemológico toda investigación científica tiene como base una determinada concepción filosófica. La epistemología dispone de distintas posturas paradigmáticas, para fines de este trabajo de investigación y para fijar las bases teóricas del mismo en un enfoque cuantitativo principal, se llevará a cabo desde una postura positivista, donde el objeto de estudio será la línea de costa y playa, la zona de estudio la playa de la

localidad de Playa Zapote-Veracruz-México, y en un enfoque cualitativo estructuralista que trastoca a las comunidades debido al impacto social y económico de la investigación en estudio.

La postura positivista es interpretada como el sistema filosófico que reconoce al conocimiento científico como verdadero únicamente si surge del planteamiento y comprobación de hipótesis mediante un método científico, considera fervientemente a la inducción, partiendo de la experiencia empírica no solo del sujeto; si no de estudios previos que explican los fenómenos dados y así confirma las leyes o teorías como verídicas. Por tanto, esta postura esta cimentada sobre el supuesto de que el sujeto tiene una posibilidad de conocer la realidad mediante un método específico. De modo que dicha postura pragmática, servirá como pauta para determinar la metodología y objetivos a desarrollar en el proceso del trabajo.

Mientras que la postura estructuralista, trata de analizar un campo específico como un sistema complejo de partes relacionadas entre sí. Por lo tanto, busca evaluar los conocimientos a través de los significados dentro de una sociedad. Lévy-Strauss (1968) propuso observar cómo la sociedad está estructurada y en base a qué está estructurada; mencionó que para conocer una sociedad hay que fijarse en las organizaciones de los individuos de dicha sociedad.

### **3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

Las teorías y conceptos utilizados en este estudio para sistematizar el problema de investigación, da referencia a dos de los factores más importantes de la dinámica costera: que son las olas y las mareas, cuya acción está condicionada, a la orientación de la costa, condiciones oceanográficas, anchura y pendiente de la plataforma frente a la costa y transporte de los sedimentos.

A continuación, se presentan las teorías y conceptos:

#### **3.1 Teoría del Cambio Climático**

El cambio climático según el Artículo 1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) se define como el cambio climático causado por cambios de clima naturales observados durante períodos de tiempo comparables. Sin embargo, cabe señalar que el cambio climático ha existido y existirá a lo largo del tiempo, y ahora se considera que el clima es un estado cambiante de la atmósfera que interactúa con los océanos y los continentes en escalas temporales y espaciales.

Cuando los valores de temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitación, y otros más, cambian fuera del promedio, se establece que existe una variabilidad climática. Esta puede darse por la modificación en la composición de la atmósfera o el uso de la tierra, debido a procesos naturales o como consecuencia de actividades humanas. Por esta razón, cambios en la composición atmosférica conllevan a una variación climática que persiste hasta que todos los componentes del sistema alcanzan un nuevo estado de equilibrio.

Los problemas asociados a la intervención humana de los espacios costeros se reflejan en la degradación de los recursos naturales, la disminución de la calidad de las aguas y en la pérdida de su valor escénico (O'callaghan, 1992). Los conflictos de uso en las áreas costeras están vinculados, en la mayoría de los casos, al desarrollo de las actividades de urbanismo, turismo y recreación, industria, agricultura (vegetal, pesca y acuicultura), transporte marítimo y terrestre, entre otras. El ambiente costero está sometido a una creciente presión demográfica que

se manifiesta en la instalación de nuevos asentamientos con fines comerciales, turísticos, industriales y de forma particular, petroleros.

Los estudios actuales han demostrado que la información presentó resultados que permiten el análisis de las relaciones, entre los sistemas naturales y el cambio climático. Entre los descubrimientos biológicos y físicos, estuvo que el nivel medio del mar durante el siglo XX subió de 10 a 20 cm; mientras que el grosor y la extensión del hielo del Ártico redujeron en un 40% (Cruz y Martínez, 2015).

Una de las áreas más vulnerables al cambio climático y sus efectos es la zona costera en tiempo y espacio. El incremento en la temperatura del océano ocasiona su expansión térmica (incrementando la variabilidad del nivel medio del mar) así como variaciones en la salinidad y acidez afectando directamente los ecosistemas terrestres y marinos. Durante las últimas décadas algunos autores han estudiado la relación directa que existe entre los impactos dados por la erosión costera y a los procesos relacionados con el cambio climático (Masselink y Short 1993; Wilson et ál., 2011) como lo son aumentos del nivel del mar o los cambios en la frecuencia, intensidad y dirección de las tormentas.

Todo esto genera un aumento en el interés científico en los efectos de los procesos de erosión costera, que han sido objeto de diversos trabajos de investigación a diferentes escalas espaciales y temporales utilizando gran variedad de métodos y series de datos.

En México, los vacíos de información dentro del área de cambio climático son extensos sobre todo si se habla de impactos para zonas costeras porque no existen series de datos a largo plazo.

Dadas sus especiales características ambientales, América Latina y el Caribe enfrentan la amenaza del cambio climático. Varios de los países con mayor suministro de agua dulce y mayor biodiversidad del planeta se encuentran en esta región. Por lo que son altamente vulnerables a eventos climáticos extremos que pueden desencadenar desastres que afecten su desarrollo. La atmósfera no es el único sistema afectado por el calentamiento global (Burke y Maidens, 2005).

Los principales efectos del cambio climático no deben verse de manera individual o aislada. Éstos se encuentran interrelacionados entre sí y representan uno de los mejores ejemplos para demostrar que todos los sistemas ambientales están conectados y son dependientes uno del funcionamiento del otro.

### 3.2 Cinemática del océano

La cinemática en el océano está compuesta por la dinámica que estudia las causas que originan los movimientos, por ejemplo: la hidrodinámica es el estudio de los diferentes trayectos o circuitos que sigue el agua a medida que transita en la hidrosfera, así como las transformaciones que sufre el agua a su paso y la forma en que el movimiento del agua afecta al suelo. Se puede hacer una distinción entre dinámica continental y dinámica oceánica.

El Golfo de México es un ecosistema marino dinámico, donde la oceanografía física es relacionada a la circulación de gran escala (Corriente de Lazo) y a los fenómenos de mesoescala que interactúan con el talud y la plataforma continental, así como el clima, representado por eventos meteorológicos como ciclones tropicales y nortes (Jasso Montoya, 2012).

### 3.3 Hidrodinámica costera

El estudio de la dinámica de playas a corto y medio plazo aporta información indispensable para la gestión medioambiental de los sistemas litorales. Dentro de estos, las playas son los sistemas más activos y variables, por lo tanto, más vulnerables (Almécija y Pérez, 2008). La hidrodinámica caracteriza la circulación próxima y su interacción con el sistema. La morfodinámica, condicionada por el oleaje y las mareas y el sedimento disponible, determina su comportamiento frente a las distintas condiciones energéticas, ayudando a predecir su evolución a diferentes escalas temporales (Masselink y Short, 1993; Wilson et ál., 2011).

En este apartado se presentan, los aspectos fundamentales de la hidrodinámica que son la base conceptual para el fundamento de este trabajo.

### 3.4 Oleaje

Manrique Sanguino (2012) describe el oleaje como una serie de ondas que se propagan sobre la superficie del mar, y que son producidas por la acción del viento hasta llegar a la zona costera en donde se disipa su energía. Es el fenómeno oceanográfico más energético, por lo que su estudio es de vital importancia ya que su incidencia es la mayor causa de modificaciones en el perfil de playas y de la erosión costera.

#### 3.4.1 Teoría lineal de oleaje

Desde la antigua Grecia existía una conciencia de la correlación entre el mar y la atmósfera, incluso Aristóteles en su obra *Acerca del cielo*; mencionó la importancia del viento en cómo se genera el oleaje.

La teoría lineal es la teoría de oleaje más simple. Fue desarrollada por Airy en 1845 y da una aproximación razonable de las características de las olas para un amplio rango de los parámetros de estas. Esta teoría es de importancia fundamental ya que es de fácil aplicación además puede considerarse como una primera aproximación de la descripción teórica del comportamiento del oleaje (Coastal Engineering Research Center, 1973).

Esta teoría, además describe las propiedades de un ciclo de ola regular y sus propiedades son invariantes para todo ciclo y tiene tres parámetros necesarios para describirlas (Ruiz Cruz, 2013).

- Periodo ( $T$ ), definido como el tiempo que transcurre entre el paso sucesivo del dos crestas de ola por uno estacionario.
- Altura de ola ( $H$ ), distancia vertical entre la cresta y el valle de la ola.
- Profundidad ( $z$ ), distancia vertical entre el nivel de agua significativa y el fondo.

Algunos otros como:

- Longitud de onda ( $L$ ), es la distancia horizontal entre dos crestas sucesivas de la ola, o la distancia entre dos pasos ascendentes o descendentes por su nivel medio.
- Celeridad ( $c$ ), la cual representa la velocidad de propagación de la forma de la onda.
- Frecuencia angular ( $f$ ), que es el tiempo en una partícula de agua en cumplir un ciclo.

### 3.4.2 Estadísticas del oleaje

Generalmente, las olas del océano no son regulares, es decir, no son periódicas con respecto al tiempo, sino que, el aumento del oleaje es un proceso básicamente aleatorio. Se puede considerar como un grupo de ondas que se propagan en diferentes direcciones, con diferentes amplitudes, frecuencias y fases, lo que se puede estudiar como una superposición lineal de ondas.

Desde esta perspectiva, y para tratar el oleaje como un fenómeno aleatorio, el análisis estadístico debe ser utilizado para la investigación, por lo que es necesario aceptar dos supuestos estadísticos importantes: estacionariedad y ergodicidad (Ruiz Cruz, 2013).

### 3.4.3 Fenómenos de propagación del oleaje

Mientras que las olas se aproximan a la playa, sus características se ven influenciadas, por ejemplo, cuando la profundidad del agua comienza a ser menor que la longitud de onda, reduce su velocidad, pero mantiene su período por causa de los fenómenos de propagación del oleaje.

- Refracción: Schnack et ál. (1997) explican que este fenómeno se produce porque la porción de la cresta más cercana a la costa posee una velocidad menor que la de la porción que aún está en aguas más profundas. La refracción provoca cambios en la altura de la ola y en su dirección en aguas someras.
- Difracción: Sañudo Oria (2016) define la difracción como el fenómeno que explica el modo en el que una onda se ve afectada por la interposición de un obstáculo aislado (...), en su avance hacia la costa. La presencia de este obstáculo provoca una curvatura del frente de onda hacia el interior de la zona abrigada.
- Reflexión de olas: Este fenómeno se produce cuando la ola choca con un obstáculo o barrera vertical, la ola se refleja con muy poca pérdida de energía (Ruiz Cruz, 2013).

### 3.4.4 Corrientes inducidas por el oleaje

Las tres corrientes costeras principales son: Transversales conocidas como el transporte de deriva litoral y fluyen hacia la costa. Las longitudinales las cuales son paralelas a la línea de costa y transportan sedimentos a lo largo de la línea de costa. Finalmente, las de retorno que causan transporte de sedimentos mar adentro y afectan la morfología de las playas (Silva Casarín et ál., 2020). La importancia de estas corrientes radica en que son las que originan y regulan en su mayoría, el movimiento de los sedimentos costeros.

### 3.5 Mareas

Lizano (2006) describe a las mareas como las alteraciones del nivel del mar, provocadas por la fuerza de atracción gravitacional de la luna y el sol, además pueden ser localmente modificadas por aspectos meteorológicos. La amplitud de la marea es incrementada según se propaga en dirección a las regiones costeras, a consecuencia de la conservación de energía de la onda que experimenta asomeramiento, y es amplificada según el alargamiento y profundidad de la plataforma continental sobre la que se presenta (Forrester, 1983).

#### 3.5.1 Pleamar

Definido como el nivel más alto de desplazamiento que alcanza una marea; se constituyen por las corrientes llamadas flujo de marea que se caracterizan por desplazamientos ascendentes. Ayudan de forma directa al desplazamiento de los sedimentos.

#### 3.5.2 Bajamar

Definido como el nivel más bajo de desplazamiento que alcanza una marea; se constituyen por las corrientes llamadas reflujo de marea que se caracterizan por desplazamientos descendentes. Ayudan de forma directa al desplazamiento de los sedimentos.

#### 3.5.3 Zona intermareal

Franja a lo largo de la costa que queda comprendida entre la más alta de las pleamares y la más baja de las bajamares. Única parte del ambiente marino que sufre exposición regular al aire o emersión.

#### 3.5.4 Corrientes inducidas por mareas

La elevación y el descenso periódico del nivel del agua generan movimientos notables en las masas líquidas, sobre todo en zonas costeras donde la comunicación con el mar abierto relativamente restringido genera las llamadas corrientes de marea.

Las características de las corrientes de marea cambian de un lugar a otro, dependiendo del carácter de la marea y en función también de la profundidad y configuración del terreno donde se desarrollen. Los efectos producidos por estas corrientes son de interés en las zonas inmediatas al litoral pues las velocidades pueden llegar a ser considerables dando lugar a problemas como el transporte de sedimentos (Arrazola Flores, 2009).

### 3.6 Teoría de sedimentación

La mayoría de los sedimentos marinos provienen de la fragmentación de rocas y suelo por la acción del viento y el agua. Una de las principales características del sedimento es su tamaño, medido en diámetro de partícula.

El sedimento se clasifica de acuerdo con su tamaño en cuatro grupos:

- Grava para diámetros mayores a  $> 1\text{mm}$ ;
- Arena media para diámetros  $= 0.5\text{ mm}$ ;
- Arena fina para diámetros  $= 0.25\text{mm}$ ; y
- Arcillas y limos para diámetros menores a  $< 0.2\text{mm}$

#### 3.6.1 Transporte de sedimentos

El transporte litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, en el que las partículas sólidas se transportan a lo largo de ella; este arrastre ocurre regularmente entre la línea de playa y zona de rompiente, aunque también fuera de este existe transporte. Las causas que provocan este transporte son en su mayoría las corrientes y el oleaje (Arrazola Flores, 2009).

Es importante definir que el principal objetivo de estudiar el transporte de sedimentos es conocer si se tendrá una condición de equilibrio o existirá erosión o depósitos.

### 3.6.2 Granulometría de sedimentos

Estudiar la granulometría es importante, porque permite determinar las características más importantes de los sedimentos que conforman la línea de costa, como su textura, el tamaño de las partículas y las características generales de la masa del sedimento.

Casi todos los sedimentos contienen materia orgánica y en algunos casos es un constituyente importante. La cantidad de materia orgánica conservada en los sedimentos depende entre otros, de la textura de los sedimentos, de la tasa de sedimentación y de la relación entre las velocidades de aporte y descomposición de la materia orgánica. El promedio de contenido de materia orgánica en sedimentos marinos cercanos a la costa es de 2,5% y en los de mar abierto de 1% (Pineda, 2009).

## 3.7 Línea de costa

La línea de costa es entendida como el límite de contacto entre la superficie emergida y la oceánica, constituye un elemento geográfico primordial para cualquier estudio desarrollado en la zona litoral (Casal et ál., 2010).

La dinámica sedimentaria que ocurre de manera natural en las costas genera procesos de erosión y depositación. Estos procesos, en conjunto con algunos otros factores generan una gran variedad de formas litorales.

### 3.7.1 Erosión costera

González Avilés (2013) mencionó que al comparar los dos estados de la playa en dos momentos diferentes y la línea de costa está ensanchada hacia tierra, se inicia la erosión costera. La validación de los procesos mediante técnicas de aplicación informática (Software ArcGis) permite visualizar los cambios a través de imágenes satelitales para conocer si el sedimento de la playa que antes estaba en su zona seca se ha movido a la zona inundada, o que hay un desequilibrio sedimentario en

todo el sistema costero. Se dice que la erosión ocurre cuando todo un sistema costero pierde sedimentos.

Las causas naturales que afectan la erosión costera incluyen la interacción del clima, la meteorología, la hidrodinámica y los procesos sedimentarios con la morfología costera y el fondo del área cercana a la costa.

Así como:

- Elevación del nivel del mar.
- Reducción de sedimentos en la línea de costa.
- Transporte de sedimento longitudinal.
- Oleaje y socavación.
- Mareas.

Algunas de las formaciones generadas por procesos de erosión son: acantilados marinos, cuevas marinas, chimeneas marinas, plataforma de abrasión y terrazas marinas.

#### 3.7.1.1 Tasa de Erosión Costera Lineal

El término tasa de erosión lineal es usado comúnmente para indicar la susceptibilidad de una línea costera a sufrir pérdida o acumulación de sedimentos, esta puede verse influenciada por propiedades morfológicas de la zona, eventos climatológicos o agentes externos de interacción en la zona de estudio. Ojeda Zújar et ál. (2000) mencionaron dos maneras de expresar las tasas de erosión, ya sea por cambios superficiales ( $m^2/año/metro$  de costa) o bien como cambios volumétricos ( $m^3/año/metro$  de costa).

### 3.7.2 Playas

Las formas costeras relacionadas a la depositación en costas son las playas. Muñoz (2014) define a las playas como uno de los elementos más dinámicos del relieve terrestre y el estudio de estas constituye una excelente defensa del territorio. Al mismo tiempo el valor ambiental y paisajístico de las playas es innegable. De lo anterior se deduce la fragilidad de estas y la necesidad de evitar su inestabilidad y deterioro. Los principales agentes dinámicos que intervienen en la modificación de playas son: el viento, oleaje, mareas y las corrientes asociadas (Guerrero Peña, 2017).

#### 3.7.2.1 Sedimentología de playas

El transporte de sedimentos y los cambios en las líneas de costa están controlados por factores naturales y antrópicos. Entre algunos factores naturales encontramos las precipitaciones relacionadas con tormentas o huracanes. En cuanto a las precipitaciones terrestres, Carranza Edwards et ál. (2010) mencionan que es importante tener esto en cuenta porque los ríos llevan sedimentos a las playas y durante las tormentas y huracanes, las cargas de sedimentos de los ríos son incluso mayores de lo normal.

Los procesos costeros que cambian las características de las playas afectan el tamaño y la composición de los sedimentos que encontramos en estas (Bolongaro Crevenna, 2016). Por ejemplo, donde ocurren procesos de erosión costera, las playas suelen ser más angostas, con pendientes pronunciadas. Por lo tanto, los análisis granulométricos a los sedimentos de playa suelen ser una herramienta que se utiliza para describir el proceso de erosión o acreción, y el estado energético de la playa causado por las olas (Carranza Edwards et ál., 2015).

### 3.7.2.2 Perfil de playa

Las olas rompen en la playa formando un determinado ángulo con la alineación en planta de esta. Al realizar un corte transversal en la costa, se obtiene el perfil de playa o sección transversal de playa. Este perfil es importante, ya que se puede considerar como un mecanismo natural causante de la rotura y disipación de la energía de oleaje (Torrent González, 2009).

## 3.8 Vulnerabilidad costera

Las costas mexicanas especialmente las que se encuentran en el Golfo de México y el Caribe presentan una alta vulnerabilidad a la acción de los fenómenos naturales, como huracanes e inundaciones (Manrique Sanguino, 2012).

Una de las herramientas más utilizadas para evidenciar la susceptibilidad de las zonas costeras ante un fenómeno y la capacidad de adaptarse ante este fenómeno, es el Índice de Vulnerabilidad Costera.

Bolongaro (2014) mencionó que el índice de vulnerabilidad de una playa está vinculado con sus características físicas, las condiciones geodinámicas y oceanográficas que la afectan, además de las amenazas naturales que se presentan en la zona.

Algunos factores como la elevación del nivel del mar, mar de fondo, fenómenos dados por oleaje y huracanes, provocan distintos impactos en las playas. Por lo tanto, para analizar la dinámica costera en playas, se estudian factores oceanográficos y geológicos, por ejemplo, la determinación de puntos de monitoreo en la zona, el análisis de la evolución del litoral, determinación de la morfología en la costa a partir de levantamientos topográficos de playas, el muestreo y caracterización de sedimentos en las distintas zonas de playa, así como, la obtención y análisis de datos de oleaje, pleamares y bajamares.

### 3.9 Análisis digital de imágenes satelitales y fotografías aéreas

Una de las técnicas más utilizadas para estudios detallados a gran escala del cambio de línea de costa, el procedimiento clásico es el levantamiento topográfico utilizando estaciones totales, pero su aplicabilidad está limitada a áreas muy localizadas debido a los costos económicos y de tiempo. En los últimos años, el advenimiento de nuevas técnicas topográficas detalladas ha reducido significativamente los costos. Por esta razón, la fotografía aérea es el documento más utilizado para estimar la erosión de la costa (Ojeda Zújar, 1995) y aunque la definición de la línea de costa aún no es un estándar sino más bien queda a interpretación de los investigadores, las imágenes satelitales y la fotografía aérea realizada con drones demostraron ser una herramienta importante para este proceso.

#### 3.9.1 Uso de vehículos aéreos no tripulados

Los drones, también conocidos como Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) o Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) son ampliamente utilizados en la investigación actual.

La característica esencial de un dron es que su operador o piloto no está a bordo, sino que el control remoto está en tierra. Las innovaciones tecnológicas que acompañan el desarrollo de los vehículos aéreos no tripulados han propiciado el surgimiento de nuevas aplicaciones civiles y comerciales, como su uso en comunidades de diferentes partes del mundo (Vargas Ramírez y Paneque Gálvez, 2019).

En América Latina en particular, el uso ha aumentado rápidamente desde 2014 debido a la necesidad de documentar y reportar los impactos territoriales para mejorar la protección de la comunidad y la falta de mapas detallados, precisos y actualizados para la toma de decisiones informadas (Pyhälä et ál., 2016).

### 3.9.2 Normatividad para uso de RPAS

Actualmente en México, como normatividad para uso de RPAS tenemos la Norma Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019, “Que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano” (SCT, 2019). La Norma Oficial se publicó el 14 de noviembre de 2019 en el DOF, y entró en vigor el 13 de enero de 2020. Dentro de los requerimientos y disposiciones establecidos en ella y que fueron considerados para este trabajo de investigación son: no exceder una altura máxima de 100m y no operar la RPA más allá de una distancia horizontal de 457m respecto al piloto, por mencionar algunas.

### 3.9.3 Pix4Dcapture

Hoy en día, la tecnología de drones está transformando muchos campos donde la fotografía aérea es una alternativa a la topografía y el procesamiento, donde obtener información topográfica a través de imágenes y fotogrametría es mucho más económica en términos de tiempo y costo.

Aplicaciones de uso libre como Pix4Dcapture, suelen ser bastante útiles para generar planes de vuelo para polígonos cargados específicos para nuestra zona de estudio.

Esta aplicación permite generar misiones de cinco tipos distintas (polígono, para modelos 3D, vuelo libre, circular, entre otros) además se puede definir el tamaño de la misión o cargar los propios polígonos desde la computadora, también permite personalizar algunos parámetros del vuelo como: ángulo de la cámara, altitud de vuelo y velocidad, además durante la misión es posible visualizar la cámara en vivo. Además tiene compatibilidad de trabajar con drones como DJI, Parrot y Yuneec.

### 3.9.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG es un sistema computarizado de información geográfica que tiene como objetivo capturar, manipular, analizar, modelar y desplegar todas las formas de información geográficamente referenciada para resolver problemas, también analiza la ubicación espacial y organiza capas de información para su visualización, utilizando mapas (Estévez Expósito, 2018).

#### 3.9.4.1 Software QGIS

El software QGIS es creado en Mayo del 2002, el cual es una herramienta de Sistemas de Información Geográfica gratuita y de código abierto licenciado bajo GNU – General Public License. Es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), se utiliza para: la creación, gestión, análisis y difusión de datos geográficos, tanto de manera local como para entornos distribuidos de red; además de que proporciona un entorno de desarrollo para la creación de nuevas rutinas de análisis, además de ser adaptable a las necesidades del usuario. Técnicamente QGIS integra la biblioteca de datos geoespaciales (GDAL) lo que le permite leer y procesar una gran cantidad de imágenes geográficas y se puede usar con diversos sistemas operativos como Mac OSX, Windows, Linux, soporta distintos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y base de datos. Durante las diversas actualizaciones de la versión de QGIS, el módulo de procesamiento se mejoró mediante correcciones de errores y la adición de nuevas funciones y mejoras en las capacidades 3D, su última versión es QGIS 3.26 Buenos Aires, lanzado el 22 de agosto del 2022.

#### 3.9.4.2 Software Agisoft

Este software fue creado en el 2010 para realizar procesamiento de imágenes satelitales y generación de datos espaciales para su uso e implementación en Sistemas de Información Geográfica. De acuerdo, con la información proporcionada en su manual de uso (Agisoft, 2018) este permite generar los siguientes procesamientos:

- Clasificación de nube de puntos para una reconstrucción geométrica de alta precisión.
- Modelos digitales de terreno y superficie geo-referenciados a partir de imágenes procesadas.

- Importación de coordenadas de puntos de control en tierra para levantamientos de alta precisión.
- Exportación de orto-mosaicos en formatos compatibles con SIG.
- Medición de distancias, áreas y volúmenes gracias a herramientas integradas que permite realizar análisis métrico de alta precisión y transferir estos datos a varios formatos de exportación compatibles con programas de diseño asistido por computadora.
- Procesamiento de imágenes multiespectrales y térmicas para generar índices de vegetación.

#### 3.9.4.3 AutoCAD

Es un software líder en Diseño Asistido por computadora (CAD) por sus siglas en inglés. A lo largo del tiempo se ha convertido en una herramienta útil y extraordinariamente dócil para todo aquel que requiera diseñar o expresar gráficamente cualquier proyecto en áreas como: ingenierías, arquitectura, diseño, científicos, investigación, informática, empresarios y estudiantes de cualquier área. Entre sus características especiales se encuentran:

- Dibujar y anotar geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla.
- Automatizar tareas como, por ejemplo, la comparación de dibujos, el recuento de objetos, la adición de bloques, la creación de planificaciones y mucho más.

#### 3.10 Estudios socio-ambientales con enfoque comunitario

Los problemas relacionados con el ambiente son un asunto de orden público y de interés colectivo por la incidencia que éste tiene en la calidad de vida de cada uno de los seres humanos, pues es responsabilidad de todos cuidar la aplicación de las normas y leyes que protegen el ecosistema, además de comprometer al Estado

como garante del orden jurídico y responsable en última instancia del bienestar social y colectivo.

La realidad socioambiental en muchas comunidades de México es compleja, y los conflictos socioambientales muestran diferentes aspectos que ameritan investigación y análisis, especialmente aquellos relacionados con comunidades costeras productivas y los impactos que generan crisis económica, social y ambiental de larga duración.

Si a todo lo anterior añadimos que la época actual se presenta como un periodo del planeta Tierra en el cual se observan profundos cambios en los procesos naturales significativos, y estos a su vez alterando el funcionamiento del planeta Tierra como un sistema (Collado, 2017).

Algunos sociólogos medioambientales Tur y Gómez (2001) explican como el paradigma reduccionista del conocimiento ha contribuido en la separación de la naturaleza y la sociedad, lo que ha resultado en una división epistemológica de las ciencias sociales y ciencias naturales, la cual es fácil ver en algunas soluciones a problemas ambientales atendiendo solamente aspectos tecnológicos sin tomar en cuenta aspectos culturales y sociales que hacen parte de la problemática.

Sandra Garcés (2012) argumenta que la Educación Ambiental siempre ha estado presente en la historia de la humanidad en diferentes culturas, pues esta es la principal herramienta para transmitir saberes y valores de generación en generación.

Enrique Leff (2002) describe a la educación ambiental como forma de educación debe promover una nueva ética, cambiar valores y comportamientos, promover una forma de vida más armoniosa y ambientalmente compatible, mantener la calidad del medio ambiente, así como promover la igualdad social. Además, estos discursos buscan promover una nueva visión del mundo como un sistema complejo que requiere de la interdisciplinariedad como principio metodológico para la reformulación y reconstrucción del conocimiento.

De cualquier modo, la educación ambiental desde un paradigma holístico utiliza un enfoque ecológico que enfatiza la relación entre los seres humanos y el medio ambiente, también identifica las situaciones problemáticas que surgen de estas relaciones y sugiere soluciones creativas. En el núcleo de esta educación está el respeto por la vida en todas sus formas, reconociendo que toda la vida en la Tierra está interconectada e interrelacionada de maneras innumerables, profundas e imperceptibles. En este sentido, la educación ambiental con un enfoque holístico debe concentrarse en la construcción de una sociedad sustentable que viva en armonía con el planeta y todas sus formas de vida y promueva el desarrollo de la sensibilidad ecológica (Wompner, 2008).

Por lo anterior la educación ambiental, se describiría como un campo innovador de la educación, definido como una herramienta capaz de interpretar críticamente las crisis sistémicas para desarrollar personas con pensamiento holístico y actitudes capaces de pensar creativamente y transformar estrategias, ideas y soluciones de diseño en respuesta a la crisis.

Los estudios socioambientales orientados a impactos en comunidades con un enfoque de educación ambiental enriquecen las fortalezas de la comunidad y crean conciencia sobre sustentabilidad en los habitantes de comunidades y para las nuevas generaciones.

### 3.10.1 Fundamentos teóricos de Estadística aplicada a Estudios Sociales

Cuando se trata de probar una hipótesis sobre uno o más parámetros de una población que se comporta como una distribución normal, las pruebas utilizadas son las de la estadística paramétrica. Al contrario, si los procedimientos estadísticos no requieren realizar inferencias sobre los parámetros de la población (la media y su dispersión), se dice que son no paramétricos.

Existen pruebas específicas de comparación de dos muestras dependientes, a esto se le conoce como muestras apareadas, estas pruebas consisten en comparar las distribuciones de dos variables que se asume están relacionadas, para seleccionar

la prueba es necesario conocer el tipo de datos que se tienen, una de estas pruebas es la prueba de Wilcoxon.

#### 3.10.1.1 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

La prueba se utiliza para determinar el ajuste de los datos a una distribución teórica: puede ser normal, Poisson o exponencial. La prueba Z de Kolmogorov-Smirnov (K-S) se calcula a partir de la diferencia máxima (en valor absoluto) entre la distribución acumulada de la muestra (observación) y la distribución teórica. El ajuste de la muestra permite suponer razonablemente que las observaciones pueden ajustarse a una distribución determinada.

#### 3.10.1.2 Prueba de Wilcoxon

Esta prueba estadística es un equivalente de la prueba T de Student, pero se aplica en mediciones de la escala ordinal para muestras dependientes. La prueba no paramétrica de Wilcoxon es una alternativa de aceptable eficacia para contrastar hipótesis (Astuhuaman et ál., 2018).

La prueba Wilcoxon para muestras relacionadas debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben ser muestras relacionadas, es decir, existir dos condiciones experimentales (antes y después) con una variable.
- Ambas condiciones se deben aplicar a los mismos participantes.
- Los datos numéricos deben ser ordinales.
- 

#### 3.10.1.3 Software estadístico (IBM SPSS Statistics versión 25)

El software IBM SPSS Statistics además de ser un software estadístico que cuenta con una versión gratuita para estudiantes, se caracteriza por ofrecer una interfaz intuitiva y conjunto sólido de funciones que permiten extraer rápidamente información de los datos. Los procedimientos estadísticos avanzados que posee

ayudan a garantizar decisiones de alta precisión y calidad. También incluye todos los aspectos del ciclo de vida analítico, desde la preparación y gestión de datos hasta el análisis y generación de informes.

### 3.10.2 Sistema de evaluación por competencias

Escobar Gómez y Moreno Martínez (2012) llaman sistema por competencia al conjunto de "atributos personales y aptitud demostrada para aplicar conocimientos y habilidades". Se afirma claramente que es sinónimo de "la capacidad de resolver problemas en un contexto dado". El análisis de este modelo permite señalar las siguientes dimensiones que constituyen el concepto de competencia:

- Características personales o carácter que corresponda a la esfera del sujeto, es decir, cualidades con las que una persona nace o se adquieren a través de la formación que definen quién es esa persona (en contraposición a lo que hace), tales como: talento, motivación, comunicación, habilidades cognitivas, valores, inteligencia emocional u otros conocimientos (saber) y habilidades (saber cómo hacerlo), aunque no es una característica típica, la mayoría de los autores entran en esta categoría.
- Las habilidades demostradas (hacer) constituyen un comportamiento observable en respuesta a estímulos en un entorno real. Se trata de aplicar destrezas y habilidades.
- La capacidad demostrada para resolver conflictos en cualquier situación; esa capacidad para asumir incertidumbres derivadas de cualquier entorno en el tiempo.

Asimismo, Rué (2007) expresa estas dimensiones bajo las categorías de saber (actitudes), saber ser (conocimientos, enfoques, teorías) y saber hacer (habilidades).

### 3.10.2.1 Enfoque por competencias como modelo de enseñanza

El enfoque por competencias o aprendizaje basado en competencias es una metodología educativa cuyo fundamento es facilitar que los oyentes adquieran y generen conocimiento a través de situaciones prácticas o entornos experimentales. Este sistema se contrapone a los modelos clásicos educativos donde se expone un temario de manera teórica para memorizar y luego evaluarse.

De acuerdo con lo anterior, el enfoque por competencias obedece a una metodología dinámica y participativa por parte del alumnado, quienes son una parte activa y fundamental del modelo de enseñanza (Cruz y Lilia, 2007).

De esta manera, la responsabilidad de la formación se comparte por igual entre los participantes. Los estudiantes pueden diseñar y delinear su proceso de aprendizaje. Esto obliga a pensar en las actividades desde una perspectiva diferente, ya que no se trata solo de si los estudiantes aprenden los contenidos de cada área, sino también de cómo y cuándo se utilizan para resolver problemas prácticos.

Otra virtud de este método como lo describen Ramirez et ál. (2017) es que ayuda a desarrollar habilidades cognitivas superiores, como el análisis, el pensamiento crítico, la creatividad, el juicio científico, etc., y promueve el desarrollo de aspectos afectivos, como valores, actitudes, habilidades interpersonales, comunicativas, de liderazgo, de compromiso, entre otras.

## **4. MARCO DE REFERENCIA**

### 4.1 Lugar de Estudio

El presente proyecto de la investigación se llevará a cabo en la playa de la localidad Las Barrancas en el municipio de Alvarado, el cual se ubica al oeste del Golfo de México, en el estado de Veracruz, en la región del Papaloapan, su extensión territorial limita al norte con el municipio de Boca del Río y por ello forma parte de la zona metropolitana de Veracruz (Figura 1).



Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio.

De acuerdo con documentos de la SEMAR en 2015, la zona presenta un clima cálido-húmedo, la temperatura media anual es de 26.4°C. Los ríos más importantes y cercanos que se encuentran en la zona son: Río Papaloapan y Río Blanco.

El municipio de Alvarado cuenta con las playas de Isla del Amor, Antón Lizardo, Playa Zapote y La Trocha, estas se caracterizan por ser angostas con pendiente casi horizontal; de poca extensión, con una berma inclinada en la cara de la playa y pendiente suave en la post-playa (SEMAR, 2015).

La principal actividad económica del Puerto de Alvarado es la pesca, ya que es uno de los principales proveedores de productos pesqueros para el consumo nacional e internacional, sin embargo, también se realizan algunas otras actividades que influyen en la economía del lugar, como turismo, producción de ganado vacuno y agricultura por contar con cultivos y cosechas de caña de azúcar, maíz, piña, sandía, mango, frijol y coco (Palacios y Cabañas, 2019).

#### 4.2 Eventos hidrometeorológicos extremos en el Puerto de Alvarado

Dada su ubicación geográfica, el régimen de lluvias y vientos durante la temporada de invierno (nortes) está dominado por sistemas meteorológicos como ciclones tropicales y frentes fríos (Cuadro 1). Estos últimos suelen provocar fuertes marejadas, que entre otros factores repercuten en la morfodinámica de las costas.

Cuadro 1. Eventos hidrometeorológicos que afectaron al estado de Veracruz en los últimos 20 años.

<b>Evento</b>	<b>Año de impacto</b>	<b>Categoría según escala Saffir-Simpson</b>
<b>Dean</b>	2007	2
<b>Lorenzo</b>	2007	1
<b>Karl</b>	2010	3
<b>Arlene</b>	2011	Tormenta Tropical
<b>Harvey</b>	2011	Tormenta Tropical
<b>Barry</b>	2013	Tormenta Tropical
<b>Fernand</b>	2013	Tormenta Tropical
<b>Dolly</b>	2014	Tormenta Tropical
<b>Danielle</b>	2016	Tormenta Tropical
<b>Katia</b>	2017	2
<b>Elsa</b>	2021	1
<b>Grace</b>	2021	3

**Fuente: Elaboración propia a partir del registro histórico en el sitio web de la CONAGUA.**

### 4.3 Antecedentes

El análisis de la dinámica morfológica de la costa es en la actualidad una de las tendencias ambientales y técnicas más importantes en la ordenación del litoral y el desarrollo sostenible, así como en la protección y conservación de los recursos naturales (Ordaz Hernández et ál., 2016).

D'Amico et ál. (2016) realizó un estudio en algunas costas argentinas donde determinaron cambios en la línea de costa, relativos a procesos de erosión y depositación sedimentaria, a través de un análisis multitemporal de imágenes satelitales Landsat.

Paneque et ál. (2010) identificaron que el 63.8% de las playas ubicadas en Holguín, Cuba tenían tendencias erosivas, además determinaron la tasa de retroceso medios de la línea de costa de aproximadamente 0.6m al año.

En 2018, Brasil lanzó el Programa Nacional para la Conservación del Litoral - PROCOSTA, que tiene como objetivo diseñar el litoral e identificar peligros a los que se encuentran expuestas sus costas (Stellfeld y Vedor et ál., 2020).

En México, se han llevado a cabo algunos estudios de vulnerabilidad en la costa bajo un enfoque de riesgo, como los realizados por Espejel et ál. (2007) donde plantean que los factores de riesgo dependen de las actividades humanas asentadas en la zona y estas varían de acuerdo con los usos desarrollados; Camacho Valdéz et ál. (2008) quienes evalúan la vulnerabilidad al cambio climático y Ortiz Pérez et ál. (1999) que evalúan la vulnerabilidad de la costa atlántica ante los cambios en el nivel del mar.

En la zona de estudio no se han hecho estudios de vulnerabilidad de playa, sin embargo, algunos estudios en las costas del estado de Veracruz sirven de referencia para algunos aspectos de este trabajo: como Jiménez Orocio et ál (2015) que hacen un análisis de la erosión y acreción en las costas del estado de Veracruz.

#### 4.4 Frontera de conocimiento

Investigaciones realizadas en los últimos años han advertido sobre los efectos que generan los cambios en línea de costa sobre el espacio costero. Sandoval Murillo y Barrantes Castillo (2020) realizaron una investigación donde evaluaban estos efectos sobre la costa del Caribe por medio de levantamiento y comparación de la franja costera durante un periodo de tiempo por medio de imágenes satelitales.

De igual manera Reyes Bonilla et ál. (2020) realizaron un análisis de la tasa de retroceso en la línea de costa del Caribe Mexicano durante un periodo del 2005 al 2016 a partir de imágenes satélites de alta resolución, obteniendo como resultado once puntos significativos de erosión en la zona.

Sánchez Jiménez (2020) propone una solución basada en la interacción natural duna-playa como medio para defender la costa, por medio de una actuación blanda que consiste en recuperar su ancho original en aquellas zonas con mayor erosión y en la creación de un cordón dunar en toda la extensión de la playa, para la defensa frente a temporales y servir de reservorio de arena para la playa.

Petroni (2005) realizó un estudio de la hidrodinámica en la zona de rompientes de playas micro mareales, fue considerado la contribución del régimen gravitatorio e infra gravitatorio y su influencia en la morfología de la playa por medio de un análisis espectral, observando que la mayoría de los estados de mar consecutivos tienen un comportamiento no estacionario y establece los cambios de los perfiles de playa según la época climática.

En el año 2021, Castillo y sus colaboradores realizaron una caracterización de la dinámica morfológica y sedimentaria de la playa Cieneguita, en las costas de Costa Rica donde la playa es destruida y reconstruida en ciclos anuales acorde con las condiciones del clima marino. Los resultados obtenidos mostraron que la playa de Cieneguita responde rápidamente a los cambios en las condiciones del mar, estrechándose durante el invierno hemisférico y recuperándose paulatinamente a lo largo del año hasta alcanzar su mayor extensión durante el otoño o el verano (Castillo et ál., 2021).

## 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 5.1 Situación problemática

Las modificaciones en la línea de costa y las playas son consecuencias de la dinámica costera y la vulnerabilidad a la que están expuestas algunas zonas litorales. Actualmente, Alvarado pertenece a la Zona Metropolitana de Veracruz, por lo tanto es de los destinos turísticos más visitados del estado en temporadas vacacionales y se destacan por sus actividades pesqueras y turístico-recreativas, mismas que se han visto afectadas por algunos cambios en la morfología de la línea de costa, socavación de construcciones, pérdida de dunas y de la superficie de playa, aumento del nivel del mar, variación de la pendiente de playa, son problemas actualmente presentes y preocupantes del lugar. Aunado a esto el hecho de que no se cuentan con medidas de recuperación de playa o estudios sobre dicha problemática que proporcionen la información necesaria para disminuirlos. La Figura 2 muestra el resumen de la situación problemática descrita.

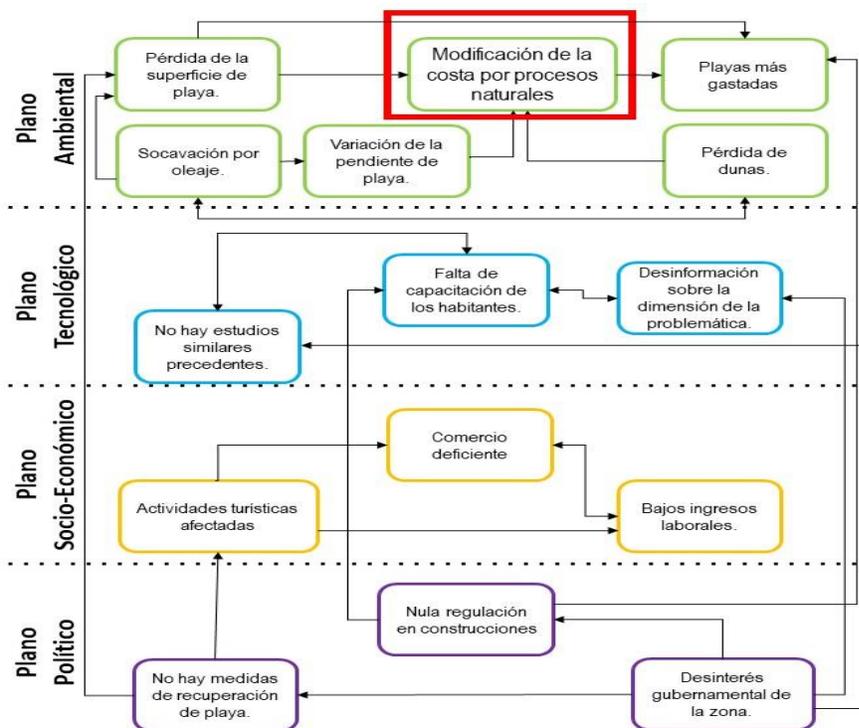


Figura 2. Situación problemática en la línea de costa y playas en la localidad de Las Barrancas, Alvarado, Ver.

## 5.2 Planteamiento del problema

Algunas de las modificaciones que han sufrido las playas de la localidad de Las Barrancas, es debido a procesos de erosión. Además de que los habitantes del lugar desconocen el índice de vulnerabilidad de sus playas, ya que existe poca información al respecto y por lo tanto no se tiene ninguna medida de recuperación hacia las mismas.

Por lo mencionado anteriormente, el problema de investigación en el cual se enfoca este trabajo consiste en que los procesos erosivos presentes en las playas de Las Barrancas afectan directamente en la dinámica costera y modificación de la línea de costa y por consiguiente a la población que sustenta su economía en actividades realizadas en sus playas.

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

## 5.3 Pregunta de investigación

¿Qué modificaciones de la línea de costa y que impactos ambiental y social se presentan durante la evaluación espacio-temporal en la Playa y comunidad Las Barrancas-Veracruz-México?

## 5.4 Justificación

El dinamismo particular que caracteriza a los espacios costeros como medio de transporte se expresa quizás más en las playas. Estas formaciones bajas y arenosas, que conectan la zona continental con el medio marino, cambian constantemente de forma, adaptándose a las condiciones energéticas e hidrodinámicas a las que están asociadas. Estos cambios son fáciles de apreciar ya sea por la acumulación de arenas formando playas extensas con pendientes suaves, o bien, por procesos de remoción de arenas formando playas angostas de pendientes fuertes con materiales gruesos de arena y gravas.

La erosión costera ha ocasionado la reducción de playas, el avance de la línea de costa hacia el continente, la pérdida de playas y otros ecosistemas como manglares, destrucción de playas de anidación de tortugas, intrusión salina, cambios en la batimetría (Ortiz Lozano et ál., 2010) y en la morfología costera, este fenómeno se ha incrementado en los últimos 15 años de manera irregular, pues en algunas zonas el deterioro tiene un avance acelerado, mientras que en otras aún se pueden aplicar medidas de prevención y no de mitigación.

Como se ha mencionado, las interacciones que ocurren en el mar tienen repercusiones inminentes en los cambios que se dan en la línea de costa, algunos de estos derivados del cambio climático, tales como el aumento del nivel del mar, en consecuencia de lo anterior algunos autores (Botello et ál., 2010) mencionan que los ciclones tropicales y huracanes podrían ser más intensos.

Las estadísticas sobre el aumento del nivel del mar muestran un incremento de 12 cm durante los últimos 30 años, lo que se refleja en el aumento de los procesos erosivos en la zona litoral (Ortiz Pérez et ál., 2010).

La riqueza y diversidad de recursos que se encuentran en las zonas costeras implican la concentración de actividades y asentamientos humanos a lo largo de sus litorales, esto conduce a una mayor vulnerabilidad, que no solo depende de la existencia de fenómenos naturales, sino también del grado de exposición, sensibilidad del sitio y la capacidad de gestión de riesgos, debido a la vulnerabilidad de dichas zonas se hace cada vez más importante conocer los peligros y cuál es la manera de proteger estas áreas para evitar situaciones de alto riesgo.

Las Barrancas es una comunidad costera importante, donde la mayor parte de la población se sustenta económicamente de la pesca, además las personas que habitan la comunidad han externado el interés por solucionar los problemas de erosión y pérdida de playas presentes en la zona, puesto que el ecosistema forma parte significativa del sustento económico de la comunidad, por lo tanto es importante para los habitantes conocer la vulnerabilidad de la zona y contar con información sobre la problemática que se presenta, para gestionar e implementar

medidas de adaptación, y encontrar alternativas de solución a este problema, a lo cual, el conocimiento generado en este trabajo pretende contribuir.

## **6. HIPÓTESIS**

### **6.1 Hipótesis general**

Si al realizar el análisis del estudio espacio-temporal se presentan diferencias significativas entre los grados de erosión, cambios en la caracterización de los sedimentos durante el proceso de comparación de los años 2016-2022 entonces hay impacto ambiental por las modificaciones en la línea de costa.

Asimismo los impactos sociales pueden reconocerse como un estudio de caso para brindar alternativas y oportunidades de mejora para la Playa y la comunidad Las Barrancas-Veracruz-México.

### **6.2 Operacionalización de hipótesis**

A continuación en la Cuadro 2, se presentan las definiciones, variables dependientes e independientes para la operacionalización de hipótesis.

$$M. + IAS = f (O. + M. + T.S.) + (E.C.)$$

Donde:

Cuadro 2. Operacionalización de hipótesis

Definiciones	¿QUE?	<b>VARIABLES dependientes (Y)</b> A) Modificaciones de la línea de costa B) Impactos ambientales y sociales en la comunidad	¿COMO?	<b>VARIABLES independientes (X)</b> 1a. O. 2a. M. 3a. T.S. 1b. E.C.
<b>M.</b> = Modificaciones de la línea de costa <b>IAS.</b> = Impactos ambientales y sociales en la comunidad <b>O.</b> = Oleaje <b>M.</b> = Mareas <b>T.S.</b> = Transporte de Sedimentos <b>E.C.</b> = Estudio de caso		<b>INDICADORES</b>		<b>INDICADORES</b>
		A) Grado de Erosión  B) Categorías de estudio de caso		1) Características de las olas 2) Periodos de las mareas 3) Granulometría  1. Datos socioeconómicos 2. Datos de conocimientos de impactos en la comunidad 3. Datos sobre educación y conciencia ambiental
	<b>VARIABLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios de pendiente</li> <li>• Desplazamientos de la línea de costa</li> <li>• Caracterización sedimentaria</li> </ul>	<b>VARIABLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oleaje</li> <li>• Mareas</li> <li>• Transporte de sedimentos</li> </ul>		

## 7. OBJETIVOS

### 7.1 Objetivo general

Evaluar espacio-temporalmente las modificaciones de la línea de costa y los impactos ambiental y social en Las Barrancas Veracruz-México.

### 7.2 Objetivos particulares

**OP1:** Determinar los cambios de pendiente y los desplazamientos de la línea de costa en del 2016 al 2022 para Las Barrancas-Veracruz-México.

**OP2:** Determinar la tasa de erosión y caracterización sedimentaria para las temporadas de lluvias, secas y nortes en Las Barrancas-Veracruz-México.

**OP3:** Analizar los impactos ambiental y social como un estudio de caso para los habitantes de Las Barrancas-Veracruz-México.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un enfoque de metodología con diseño complementario (DICO) con estatus cuantitativa principal y cualitativa secundaria, ya que este modelo se adapta al manejo de información y análisis de datos elaborados en este trabajo, además de contribuir con ideas de gran alcance al desarrollarse. La modalidad de la investigación utilizada para fines de este proyecto fue:

- a) De campo: Para la recolección de datos directamente en el entorno y estas contribuyen al proyecto las verdaderas condiciones en las que se obtienen los datos. Las variables implicadas se miden en diferentes momentos, por lo tanto, es posible analizar el medio en tiempo y espacio (Yuni y Urbano, 2006).
- b) De laboratorio: Este nos acerca hacia una investigación experimental a través de prácticas, manuales y métodos pre-establecidos para potenciar los análisis cuantitativos, además de considerar un análisis operativo de los resultados con fiabilidad científica (Gil Pérez y Valdés Castro, 1996).
- c) Bibliográfica: A través de acuerdo con los fines de la investigación. Con información obtenida en institutos de investigación. Bases de datos y/o bibliotecas que es posible utilizar para recopilar información de investigación del tema de interés (Yuni y Urbano, 2006).
- d) Factible: Se da cuando después de la recopilación de datos en sitio se puede explicar el comportamiento de un fenómeno, donde la recopilación de estos datos permiten hacer una caracterización geográfica y oceanográfica de la zona de estudio (Yuni y Urbano, 2006).

El desarrollo y evaluación de la dinámica costera para fines de este estudio está en función del oleaje medio, el índice de mareas y la caracterización de los sedimentos presentes en la zona de estudio, los cuales fueron medidos por los siguientes indicadores: características de las olas, periodos de las mareas y la granulometría de los sedimentos. El indicador calculado fue la tasa de erosión determinado por factores geológicos y oceanográficos. Además se realizó un análisis de los desplazamientos de la línea de costa a través de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

La propuesta de la evaluación espacio-temporal se basó en los siguientes puntos:

## 8.1 Objetivo Particular OP1

La metodología utilizada para este apartado está compuesta por distintos puntos descritos a continuación:

### 8.1.1 Modelación de la línea de costa

Considerando los fines de esta investigación es necesario tener criterios útiles para identificar y monitorear cambios o desplazamientos de la línea de costa a través del tiempo y el espacio, mejorando en conocimiento sobre los procesos que ocurren y contribuyan a la toma de decisiones, por lo tanto, se requiere de una escala representativa para observar zonas afectadas, puntos vulnerables, cálculo de áreas y distancias, además de ubicación de sitios significativos para el estudio. Por lo tanto, el método propuesto el cual consta de dos partes fue diseñado para funcionar como un modo rápido para evaluar los cambios morfológicos con fuentes de información confiables y de bajo costo (imágenes satelitales y trabajo de campo) utilizando únicamente parámetros indicativos relevantes para hacer operativa la evaluación en espacio y tiempo de la línea de costa.

Por ello, se generó un mapa de la línea de costa geo-referenciado en el software Qgis 3.26.2 utilizando el sistema de referencia WGS84 UTM zonas 14 N y 15 N para poder visualizar la zona espacialmente.

#### 8.1.1.1 Identificación de desplazamientos en la línea de costa

Para la identificación de los desplazamientos de la línea de costa, se realizó mediante imágenes satelitales históricas de la zona de estudio mapeadas a partir del 2016. La selección de imágenes para la extracción de estas características atendió a los requisitos de disponibilidad pública, buenas condiciones de imagen y con tiempo suficiente para determinar una tasa de variación de línea de costa según parámetros propuestos por (Boak y Turner, 2005). De acuerdo con estos criterios

las imágenes fueron tomadas del satélite LANDSAT 8-9 OLI/TIRS C2 L1 para los años 2016 al 2020 las cuales fueron recortadas para los tramos definidos de este estudio y georeferenciadas individualmente, para el año 2021 se realizó con un dron Phantom 3 Standard y analizadas en el software Agisoft, con la comparación de estas imágenes (Cuadro 3) fue posible hacer el cálculo de la erosión lineal y calcular el área de desplazamiento durante esos años de acuerdo con criterios y limitaciones propuestas por (Ojeda Zújar, 2000).

Cuadro 3. Imágenes satelitales y fotografías aéreas utilizadas para el análisis espacial

<b>NOMBRE</b>	<b>AÑO</b>	<b>ZONA</b>	<b># DE FOTOS</b>	<b>FUENTE</b>
<b>Las Barrancas 28/04/2016</b>	2016	Alvarado, Ver.	1	EarthExplorer
<b>Las Barrancas 18/04/2018</b>	2018	Alvarado, Ver.	1	EarthExplorer
<b>Las Barrancas 23/04/2020</b>	2020	Alvarado, Ver.	1	EarthExplorer
<b>Las Barrancas 10/06/2022</b>	2022	Alvarado, Ver.	218	Propia

#### 8.1.1.2 Características de vuelo con RPA

El dron utilizado para las fotografías aéreas fue un modelo Phantom 3 Standard con las siguientes características (Cuadro 4):

Cuadro 4. Características de dron modelo Phantom 3 Standard

<b>Marca</b>	<b>DJI</b>
<b>Línea</b>	Phantom
<b>Peso (Batería y hélices incluidas)</b>	1216 g
<b>Tiempo máx. de vuelo</b>	25 minutos
<b>Velocidad máx.</b>	16 m/s
<b>Cantidad de motores</b>	4

El plan de vuelo y sus especificaciones se puede ver en el Cuadro 5, que fue programado mediante la aplicación para celular Pix4Dcapture considerando las especificaciones que propone la NOM-107-SCT3-2019, con las siguientes características:

Cuadro 5. Especificaciones de vuelo con dron

<b>Dimensiones del polígono</b>	<b>222m x 890m</b>
<b>Traslape</b>	80%
<b>Altura</b>	80 m
<b>Tiempo de vuelo</b>	16 min 57 seg

### 8.1.1.3 Procedimiento para georreferenciación

El procedimiento para la georreferenciación consistió en sobreponer cada una de las fotografías aéreas digitalizadas sobre un mosaico de referencia compuesto por 10 ortofotos verticales del año 2019 obtenidas de las bases de datos del INEGI.

Se utilizó la técnica de puntos de control para georeferir cada foto aérea sobre el mosaico de referencia, utilizando entre cinco y siete puntos de control sobre cada fotografía distribuidos homogéneamente sobre la foto cuidando de mantener el error residual de la foto por debajo de 2.5m. Se crearon mosaicos utilizando solo las porciones centrales de la imagen rectificadas para crear los mosaicos utilizando la técnica descrita por Ojeda Zújar et ál. (2013) con el fin de lograr una mayor precisión en el continuo de la línea de costa.

Se generaron capas vectoriales para cada fotografía con el nombre línea de costa, la cual es definida por el indicador de línea de agua instantánea (Boak y Turner, 2005), es decir, la división entre el límite de agua y playa en el momento en que se hizo la fotografía aérea. Este indicador es claramente identificable en las fotografías utilizadas para este estudio.

Para la estimación de los desplazamientos de la línea de costa se utilizó el software QGis en su versión 3.26.2 donde se trabajó con las imágenes previamente

georeferenciadas todas bajo un mismo sistema de referencia geométrico (Proyección WSG 84). Posteriormente se midió la distancia lineal entre cada par de líneas de costa sucesivas, con la finalidad de llevar a cabo el cálculo de las variaciones en la morfología costera.

### 8.1.2 Perfiles de Playa

La morfología de la zona costera se obtuvo por medio del establecimiento de una red topográfica la cual consta de seis estaciones de muestreo y consistió en obtener la topografía de los perfiles de playa normales a la línea de costa. Estos, se generaron a partir de la ubicación de puntos a lo largo de la línea de costa.

La medición de los perfiles se realizó con un estadal marca APEX de 4m, GPS a través de la aplicación móvil UTM Geo Map, nivel de mano y cinta métrica. Estos fueron definidos desde la zona de dunas (parte alta) hasta la zona de rompientes (parte baja), los perfiles tienen una extensión de aproximadamente 80m a 85m. Finalmente los datos fueron analizados mediante Excel (v.2018) y se obtuvo el cálculo de distancias horizontales, cotas y grados de pendiente.

## 8.2 Objetivo Particular OP2

### 8.2.1 Oleaje

Para estimar y caracterizar el oleaje en la línea de costa, se obtuvieron datos del sitio tabla de mareas.com y con ellos se calcularon promedios de altura de ola significativa, periodos pico de la ola y dirección de vientos para obtener mediante el análisis de estas variables los cambios y características durante el estudio.

### 8.2.2 Mareas

Se obtuvieron diariamente los datos del sitio tabla de mareas.com para la zona de estudios en periodos de 24 horas. Posteriormente, con los datos obtenidos fue

creado un libro de cálculo en Excel para determinar los cambios y las diferencias entre pleamar y bajamar.

### 8.2.3 Sedimentos

Durante los trabajos de campo en playa se realizaron muestreos de sedimentos superficiales en la zona intermareal baja de playa. Esta actividad se realizó a la par con el levantamiento topográfico, para asegurar la posición correcta de las muestras. La técnica del muestreo que se utilizó fue con un nucleador de PVC de aproximadamente 1kg tomando sedimentos en el límite de bajamar, posteriormente las muestras fueron almacenadas ya secas en bolsas selladas para trabajar en el laboratorio de sedimentos en el Edificio Lira del Instituto Tecnológico de Boca del Río.

#### 8.2.3.1 Análisis granulométrico sedimentológico

Posteriormente se realizó el análisis granulométrico de las muestras de sedimentos en laboratorio, en el cual se determinó el tamaño de grano de los mismos, este fue realizado por el método de tamizado donde los números de tamices utilizados son los correspondientes para sedimentos finos (Simeón, 2012), el gradiente fue No. 10, 20, 40, 60, 75, 100 y 200, para esta prueba de laboratorio se utilizaron tamices marca Alcon, un agitador de alta frecuencia marca W.S. Tyler modelo RX-812 y una balanza de precisión marca Adam con sensibilidad de 0.05 gramos. Las fracciones obtenidas de los tamices se pesaron y se expresaron como un porcentaje de la muestra original, estos valores fueron ingresados al software Gradistat versión 9.3. para construir las curvas semilogarítmicas de los porcentajes de peso acumulado, de este análisis se obtuvieron los estadísticos para los análisis granulométricos como: media, mediana, clasificación de grano, el tamaño promedio de grano, la desviación estándar, la asimetría y kurtosis, utilizando los estándares que proponen y continúan vigentes (Folk y Ward, 1957), los cuales fueron interpretados según Shepard (1954).

Finalmente con la comparación de las muestras por temporada se determinó el estado energético de las playas.

#### 8.2.4 Cálculo de tasa de erosión lineal

Para determinar el indicador de erosión lineal, se llevó a cabo una metodología clásica ampliamente utilizada en (Ojeda Zújar et ál., 2001) investigaciones de este tipo expresada en metros de avance o retroceso por la cantidad de años de estudio. Usando así la siguiente ecuación propuesta por Ojeda en el 2001:

$$e = \frac{m}{a}$$

Donde:

e = tasa de erosión lineal.

m = metros erosionados entre el primer y último año de estudio.

a = cantidad de años en estudio.

Esta técnica tiene a su favor una alta cobertura temporal por lo que expresa los cambios a largo plazo y no eventos puntuales como por ejemplo inundaciones por marejadas.

Con esta información fue posible realizar inferencias acerca de las zonas de depositación y de erosión, así como el cambio entre estas a lo largo de los años.

### 8.3 Objetivo Particular OP3

#### 8.3.1 Estudio de Impacto Socioeconómico

El estudio de impacto a realizar está orientado específicamente a la comunidad de Las Barrancas-Veracruz-México y se inscribe en el enfoque comunitario, lo que implica la definición de la comunidad a partir de sí misma, para lo cual se usó la técnica de aplicación de cuestionarios estructurados, los cuales proporcionaron información correspondiente para validar aspectos socioeconómicos y bases de

educación ambiental para la caracterización de los habitantes y que permitió evaluar los efectos positivos y negativos para ellos, el cuestionario se diseñó con un formato estándar de variables y contenido de preguntas cerradas.

Los cuestionarios fueron aplicados a los miembros de la cooperativa de Las Barrancas-Veracruz-México, la cual está integrada por autoridades, pescadores, civiles, prestadores de servicios, jefes de familia y miembros de la comunidad por más de cinco años. Los cuestionarios están compuestos por 26 preguntas, divididas en tres apartados los cuales aportaron información sobre aspectos socioeconómicos, información sobre impactos en la comunidad y finalmente educación y conciencia ambiental. En ellos se abordaron temas que aportan información para el análisis, como participación de la población local, manejo y uso de los recursos, territorio, capacidades de la comunidad, actividad turística y económica, situación laboral, rol del gobierno o dependencias en la zona y organización social ante la problemática.

Además la implementación de los talleres fue a todos los miembros que conforman la cooperativa que representaron una población de 21. Las temáticas principales fueron con respecto a conceptos como el impacto ambiental, evaluación y servicios ambientales. Su implementación fue totalmente lúdica y con tiempos cortos para aprender y aplicar la base de la educación y conciencia ambiental.

#### 8.3.1.1 Análisis estadístico

Al conocer que las dos variables a analizar son categóricas:

- Conocimientos de Impactos Ambientales a la comunidad y
- Conocimientos de Educación Ambiental y Servicios Ambientales.

Y que el tipo de muestras a analizar son apareadas (miembros de la cooperativa), se realizó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov la cual es aplicable a muestras de datos menores de 50, en este caso se obtuvieron 21 datos.

Además, con toda la información obtenida se aplicó la prueba estadística de Wilcoxon para evaluar los aprendizajes obtenidos mediante los talleres de la población estudiada y determinar en una escala de impactos (positivo, medianamente positivo, intermedio, medianamente negativo, negativo) de los sectores afectados (Roble Pensado et ál., 2011).

El Cuadro 6 muestra las consideraciones tomadas para la prueba de hipótesis:

Cuadro 6. Prueba de hipótesis para estudio de impactos ambientales y sociales de la comunidad Las Barrancas.

<b>Prueba estadística:</b>	<b>Wilcoxon</b>
Hipótesis del investigador (H1):	Si existen diferencias significativas en las muestras antes y después de la implementación de talleres.
Hipótesis de trabajo (Ho):	No existen diferencias significativas en las muestras antes y después de la implementación de talleres.

Para la prueba se hicieron las siguientes especificaciones:

$$\alpha = 0.05$$

Error TIPO I: Rechazar Ho cuando es VERDADERA

Error TIPO 2: No rechazar Ho cuando es FALSA

Regla de decisión

$$H_0 = p > \alpha$$

$$H_1 = p < \alpha$$

Así mismo se construyeron Triángulos topológicos (Méndez, Villa y Contreras, 2021) para indicar factores de relevancia, como impactos positivos o negativos, así como implementación de estrategias para fortalecer debilidades y potenciar fortalezas dentro de la comunidad.

## 9. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 9.1 Resultados

Los perfiles de playa fueron realizados en los meses de Julio y Octubre del 2021 para la temporada de lluvias, Noviembre del 2021 y Marzo del 2022 para la temporada de nortes, finalmente Abril y Mayo del 2022 para la temporada de secas. De acuerdo con las gráficas mostradas en las figuras 3, 4 y 5 de los perfiles de playa y al análisis en conjunto de las tres temporadas se reconoce una dinámica en el área dunar donde la playa es destruida y reconstruida en ciclos anuales de acuerdo con las condiciones del clima marino. Los resultados obtenidos muestran que la playa responde rápidamente a los cambios en las condiciones del mar estrechándose durante la temporada de nortes y recuperándose paulatinamente a lo largo del año hasta alcanzar su mayor extensión durante el verano e inicios del otoño.

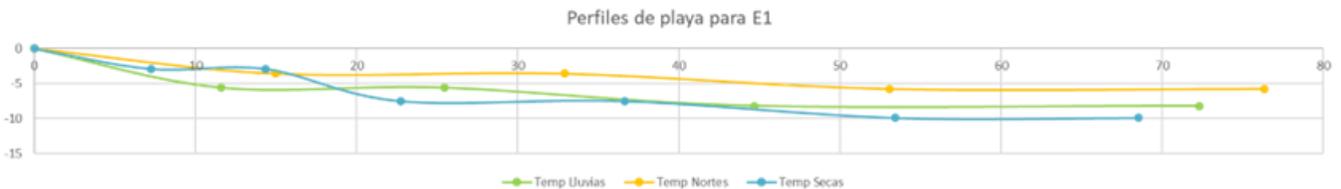


Figura 3. Perfil de playa para la Estación 1 agrupando las estaciones de lluvia, secas y nortes en Las Barrancas, Ver, Méx.



Figura 4. Perfil de playa para la Estación 2 agrupando las estaciones de lluvia, secas y nortes en Las Barrancas, Ver, Méx

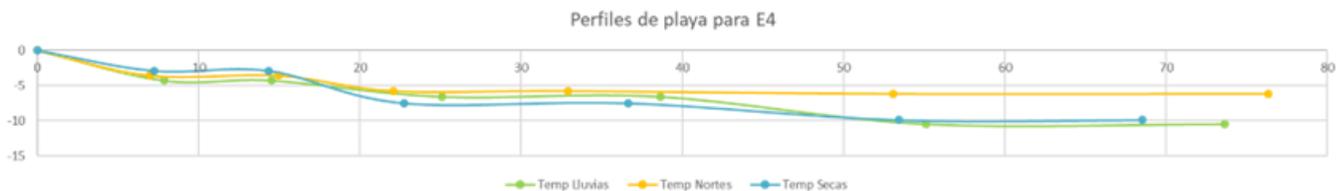


Figura 5. Perfil de playa para la Estación 4 agrupando las estaciones de lluvias, secas y nortes en Las Barrancas, Ver., Méx.

Para la estimación de promedios de oleaje por temporada se elaboró el cuadro 7, a partir de los datos obtenidos periódicamente del sitio tabla de mareas.com

Cuadro 7. Promedios de oleaje por temporada (datos obtenidos del sitio tabla de mareas . com)

Promedio de oleaje por temporada					
Temporada	Hs (m)	Periodo (s)	Hfrec (m)	Hmáx (m)	Viento (km/h)
<b>Lluvias</b>	0.6	5.4	0.2	1.2	8
<b>Nortes</b>	1.2	5.3	0.8	2.6	14
<b>Secas</b>	0.6	5.1	0.6	0.8	6

En el caso de los coeficientes de mareas, el cuadro 8 muestra los promedios de la temporada completa, que fueron construidos con base a los resultados obtenidos de coeficientes para mañana y tarde.

Cuadro 8. Promedios de coeficientes de mareas por temporada (datos obtenidos del sitio tabla de mareas . com)

Promedios de coeficientes de mareas por temporada		
Temporada	Coeficiente AM	Coeficiente PM
<b>Lluvias</b>	66	76
<b>Nortes</b>	81	82
<b>Secas</b>	72	74

De acuerdo con los datos presentados de los cuadros 5 y 6 es posible observar que los valores más altos en las categorías de viento, altura máxima de ola  $H_{máx}$  y

coeficientes de mareas, son los de la temporada de nortes, esto da soporte y apoya los análisis realizados de los perfiles de playa para la zona de estudio.

Los resultados de la composición porcentual de cada muestra analizada por cada estación presentaron una distribución heterogénea. Cabe destacar que en casi todas las estaciones predominaron en los sedimentos arenas finas, dentro de los valores de la media fue posible observar que se encuentra en el rango de los valores de arenas y mediante el método de Folk y Ward (1957) para nomenclatura de sedimentos, serían nombradas Arenas muy Finas (Figura 6). Sin embargo, cabe resaltar que la granulometría correspondiente al mes de Marzo difiere de los otros meses las estaciones 1, 4 nombrándolas como arenas gruesas, al respecto es posible decir que corresponde a una nomenclatura adecuada ya que son las estaciones que presentan mayor desgaste por lo tanto podrían presentar materiales gruesos de arenas y gravas (Botello et ál. 2010).

		1	4
	ANALYST AND DATE:	27/07/2021	27/07/2021
	SIEVING ERROR:	0.1%	0.1%
	SAMPLE TYPE:	Bimodal, Moderately Sorted	Unimodal, Very Well Sorted
	TEXTURAL GROUP: ( $K_{\phi}$ ):	Slightly Gravelly Sand	Slightly Gravelly Sand
FOLK AND	MEAN ( $M_G$ ):	104.4	66.51
WARD METHOD	SORTING ( $\sigma_G$ ):	1.773	1.030
( $\mu\text{m}$ )	SKEWNESS ( $Sk_G$ ):	0.936	0.000
	KURTOSIS ( $K_G$ ):	10.33	0.738
FOLK AND	MEAN:	Very Fine Sand	Very Fine Sand
WARD METHOD	SORTING:	Moderately Sorted	Very Well Sorted
(Description)	SKEWNESS:	Very Coarse Skewed	Symmetrical
	KURTOSIS:	Extremely Leptokurtic	Platykurtic
		1	4
	ANALYST AND DATE:	01/10/2021	01/10/2021
	SIEVING ERROR:	0.0%	0.0%
	SAMPLE TYPE:	Unimodal, Very Well Sorted	Bimodal, Well Sorted
	TEXTURAL GROUP: ( $K_{\phi}$ ):	Slightly Gravelly Sand	Slightly Gravelly Sand
FOLK AND	MEAN ( $M_G$ ):	169.2	134.8
WARD METHOD	SORTING ( $\sigma_G$ ):	1.106	1.358
( $\mu\text{m}$ )	SKEWNESS ( $Sk_G$ ):	0.416	-0.881
	KURTOSIS ( $K_G$ ):	4.386	5.670
FOLK AND	MEAN:	Fine Sand	Fine Sand
WARD METHOD	SORTING:	Very Well Sorted	Well Sorted
(Description)	SKEWNESS:	Very Coarse Skewed	Very Fine Skewed
	KURTOSIS:	Extremely Leptokurtic	Extremely Leptokurtic
		1	4
	ANALYST AND DATE:	14/05/2022	14/05/2022
	SIEVING ERROR:	0.1%	0.1%
	SAMPLE TYPE:	Polymodal, Poorly Sorted	Bimodal, Moderately Sorted
	TEXTURAL GROUP: ( $K_{\phi}$ ):	Sandy Gravel	Sandy Gravel
FOLK AND	MEAN ( $M_G$ ):	1018.4	1666.2
WARD METHOD	SORTING ( $\sigma_G$ ):	2.186	1.924
( $\mu\text{m}$ )	SKEWNESS ( $Sk_G$ ):	0.024	-0.705
	KURTOSIS ( $K_G$ ):	0.973	1.060
FOLK AND	MEAN:	Very Coarse Sand	Very Coarse Sand
WARD METHOD	SORTING:	Poorly Sorted	Poorly Sorted
(Description)	SKEWNESS:	Symmetrical	Symmetrical
	KURTOSIS:	Mesokurtic	Mesokurtic

Figura 6. Análisis granulométrico para clasificación de Folk y Ward.

En el análisis de Shepard (Figuras 7, 8 y 9), se confirma que los grupos están compuestos por más del 90% de arenas y solo valores entre 4% y 4.5% de arcillas y limos. Y aunque se encontraron diferencias texturales en los sedimentos, estas no fueron significativas por lo que con el diagrama triangular de Shepard (1954) su clasificación continua consistente en el rango de Arenas Finas.

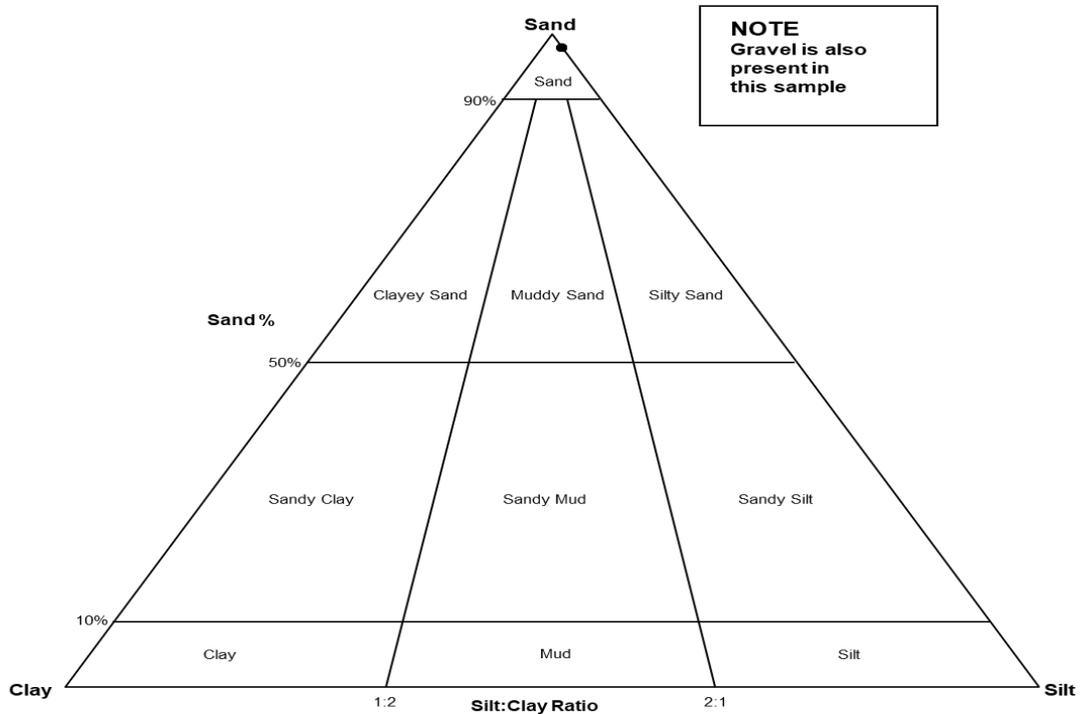


Figura 7. Análisis granulométrico para clasificación de Shepard para muestreo de temporada de lluvias.

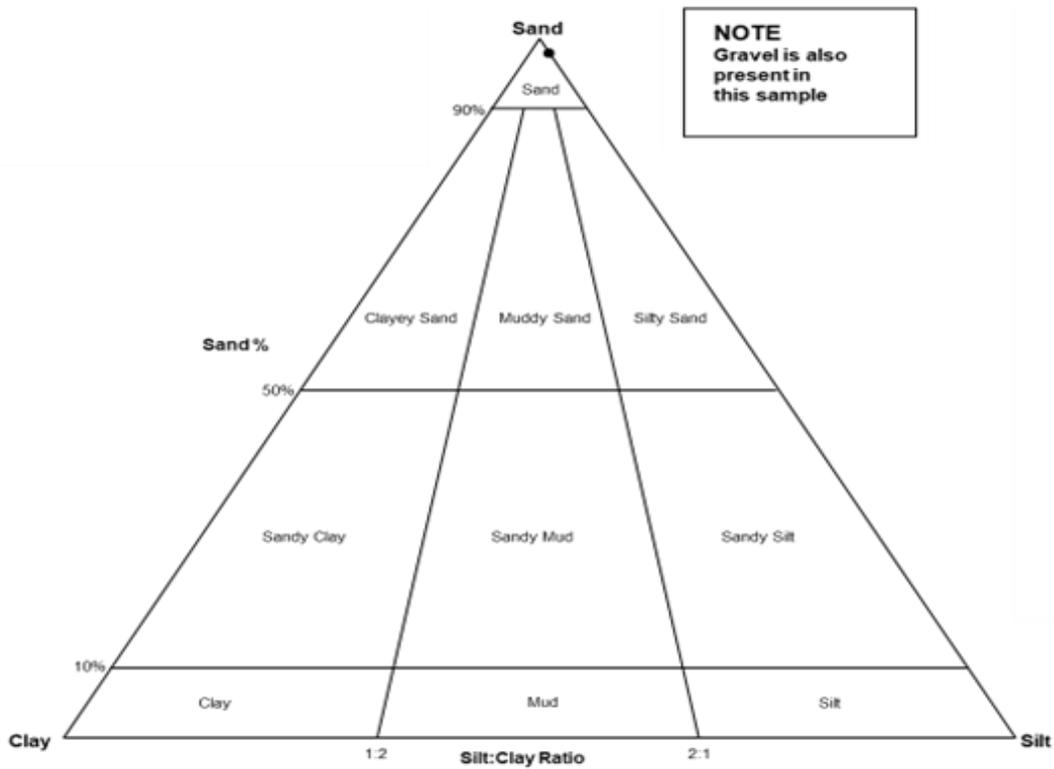


Figura 8. Análisis granulométrico para clasificación de Shepard para muestreo de temporada de nortes.

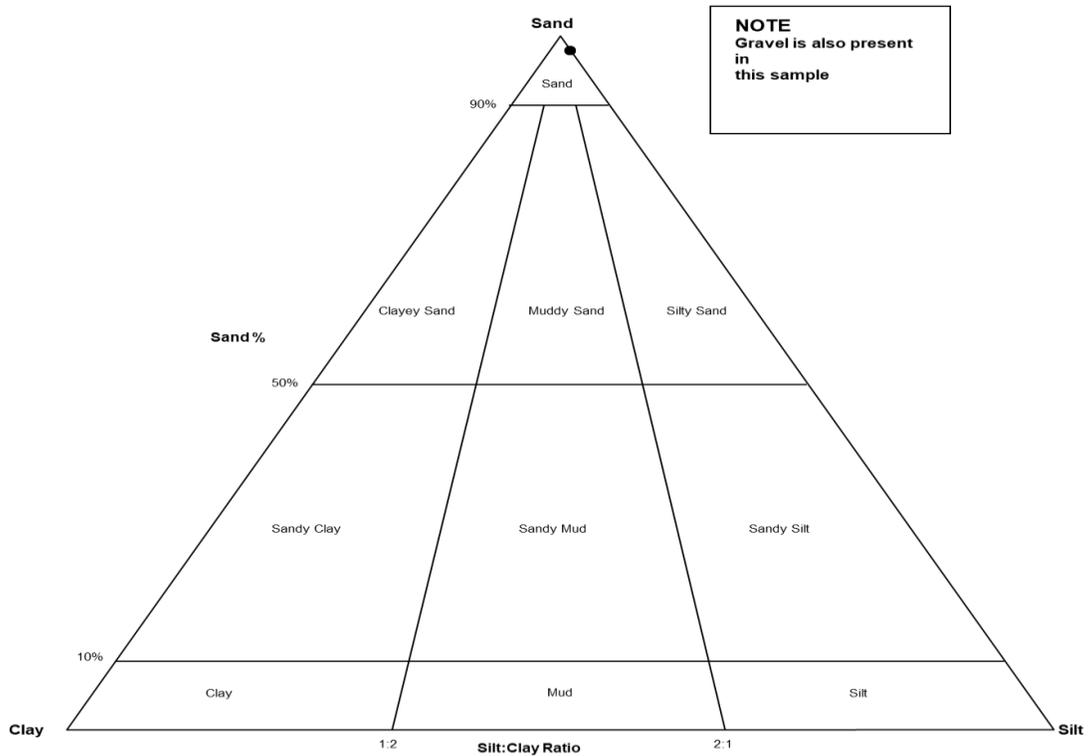
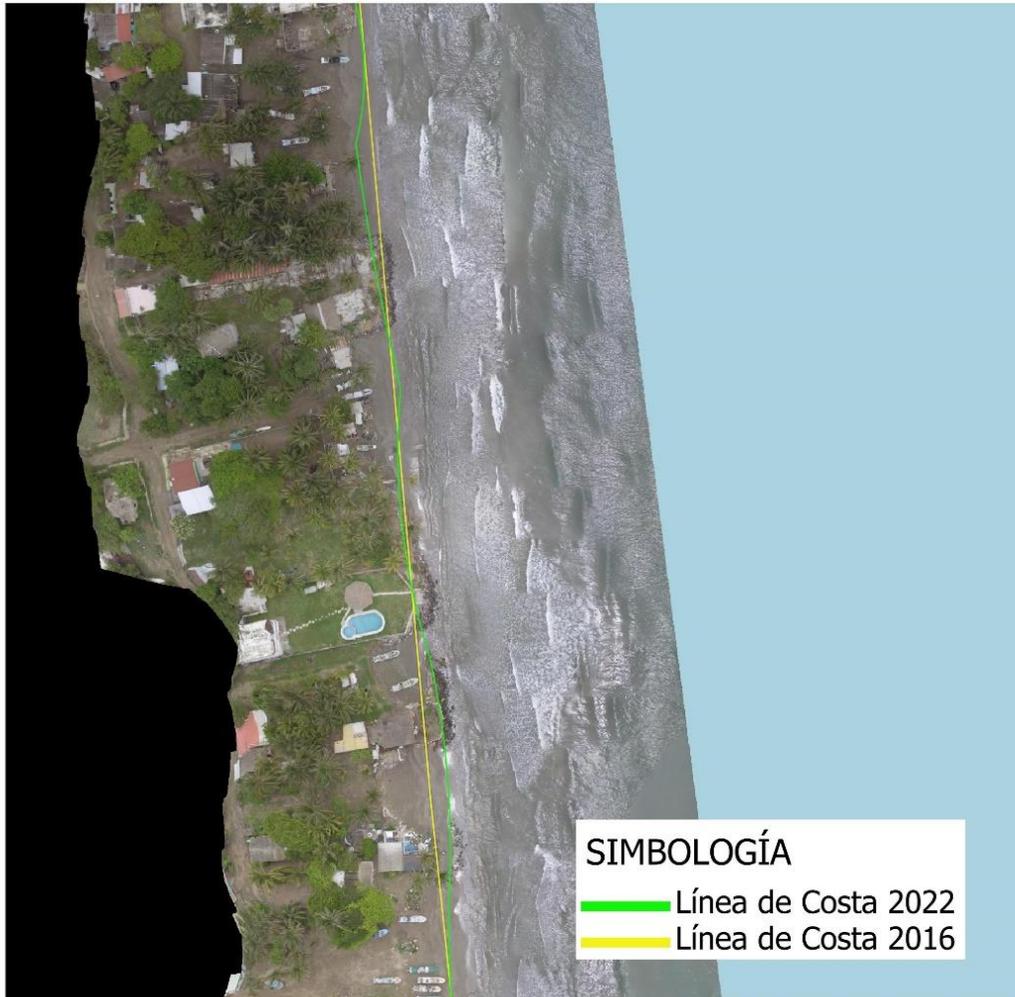


Figura 9. Análisis granulométrico para clasificación de Shepard para muestreo de temporada de secas.

De acuerdo con los desplazamientos calculados en el software QGis se confirma que la línea de costa tuvo una variación promedio de erosión de 2.8 metros lineales por año y se representó mediante el siguiente mapa que contiene la figura 10.

Figura 10. Mapa de representativo de desplazamientos de la línea de costa obtenidos entre 2016 al 2022.



En complemento, se elaboró un mapa para representar gráficamente las líneas de costa utilizadas para los cálculos de tasas de erosión lineal costera (Figura 11):



Figura 11. Comparativa de línea de costa para todos los años estudiados entre 2016 y 2022.

La tasa de erosión costera lineal se calculó mediante el procedimiento explicado en la metodología y se representó en el cuadro 9.

Cuadro 9. Tasa de Erosión Lineal para el municipio de Alvarado.

<b>Años de estudio</b>	<b>Tasa de erosión lineal (m erosionados/año)</b>
<b>2016-2018</b>	-2.08
<b>2018-2020</b>	-2.90
<b>2020-2022</b>	-3.46

También se generó un mapa de visualización con los puntos significativos de erosión y acreción para la zona de estudio. Estos puntos fueron identificados y señalados de acuerdo con las diferencias entre las líneas de costa para los años 2016 y 2022. Es necesario mencionar que los puntos significativos de erosión coinciden con las estaciones 2 y 4 donde se realizaron los perfiles de playa, por lo que se confirma que dicha zona presenta erosión desde el 2016.

Finalmente es posible decir que debido a las modificaciones geomorfológicas de la playa y al movimiento de las corrientes presentes en la zona, la Playa de Las Barrancas presenta erosión en la zona norte mientras que la zona sur de su playa presenta acreción por depósito de sedimentos. Lo anterior es claramente visible en la figura 12, con un mapa de identificación para estos puntos.

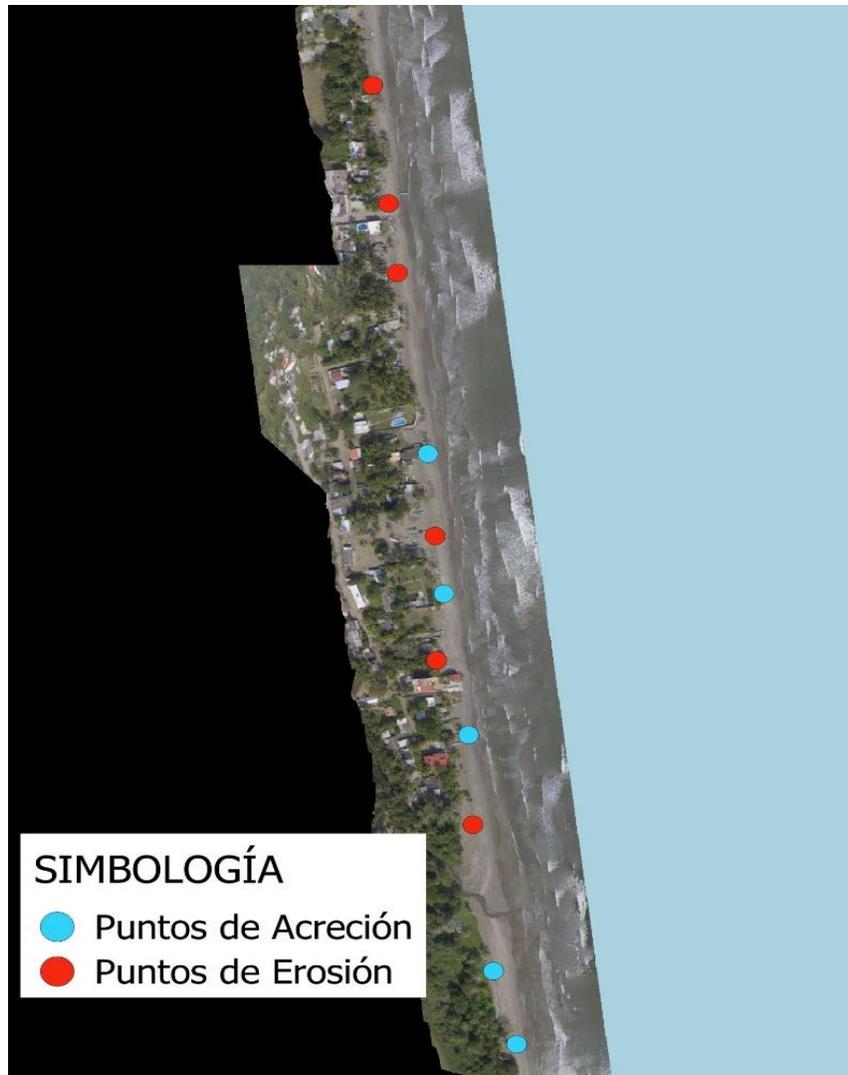


Figura 12. Mapa de identificación de puntos de erosión y acreción en la línea de costa de Las Barrancas, Alvarado, Ver.

De los 11 puntos analizados seis resultaron ser erosivos que representa al 55% y cinco, acrecionales con el 45%. Si bien este es un resultado global, determina la marca y tendencia de erosión en gran parte de la región estudiada. El análisis también mostró que tres de los seis puntos de control, experimentaron sistemáticamente procesos de erosión aunque con intensidades distintas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Relación de puntos de erosión-acreción para la zona de Las Barrancas

<b>Puntos</b>	<b>Erosión (-) / Acreción (+)</b>
<b>P1</b>	-2.09
<b>P2</b>	-1.82
<b>P3</b>	-1.07
<b>P4</b>	+1.09
<b>P5</b>	-0.25
<b>P6</b>	+0.62
<b>P7</b>	-1.20
<b>P8</b>	+1.43
<b>P9</b>	-0.47
<b>P10</b>	+1.15
<b>P11</b>	+2.06

La caracterización de la población se organizó por tres factores fundamentales: Edades, Ocupación y Nivel máximo de estudios.

El gráfico 1 muestra la caracterización de los integrantes de la cooperativa organizados en grupo respecto a su edad donde se puede observar que el 33% de las personas eran de 60 años o más:

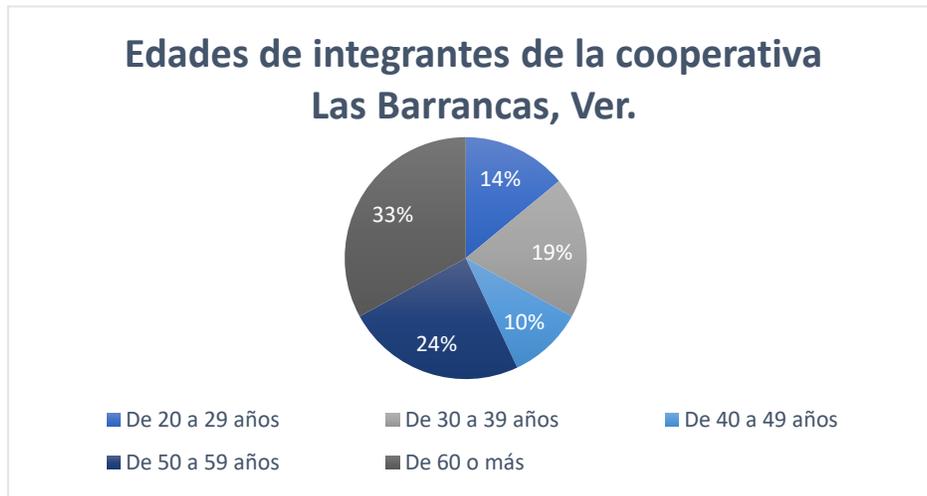


Gráfico 1. Caracterización de la población por edades de los integrantes de la cooperativa Las Barrancas, Ver.

El gráfico 2 muestra la caracterización de los integrantes organizados en grupo respecto a su ocupación donde se puede observar que el 57% de las personas se dedican a la pesca.

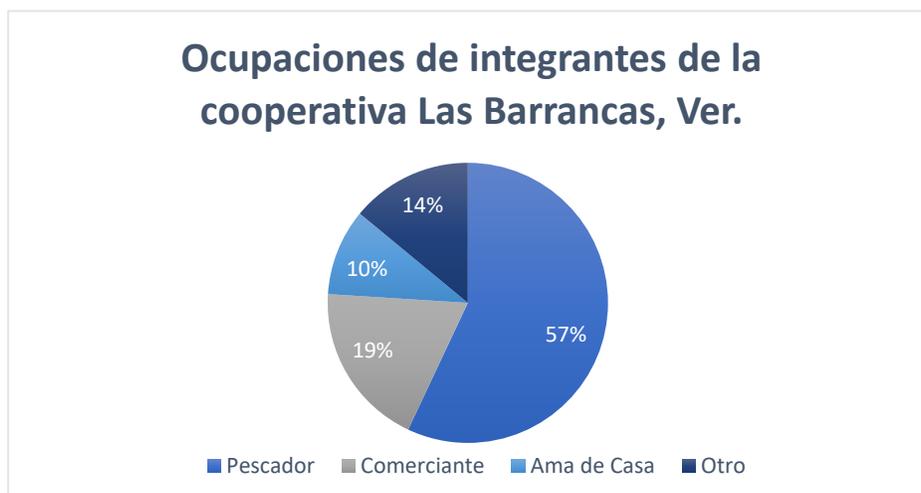


Gráfico 2. Caracterización de la población por ocupación de los integrantes de la cooperativa Las Barrancas, Ver.

El gráfico 3 señala la caracterización de los integrantes de la cooperativa organizados de acuerdo con su nivel de estudios donde se puede observar que el 71% de las personas tienen como grado máximo de estudios nivel primaria.

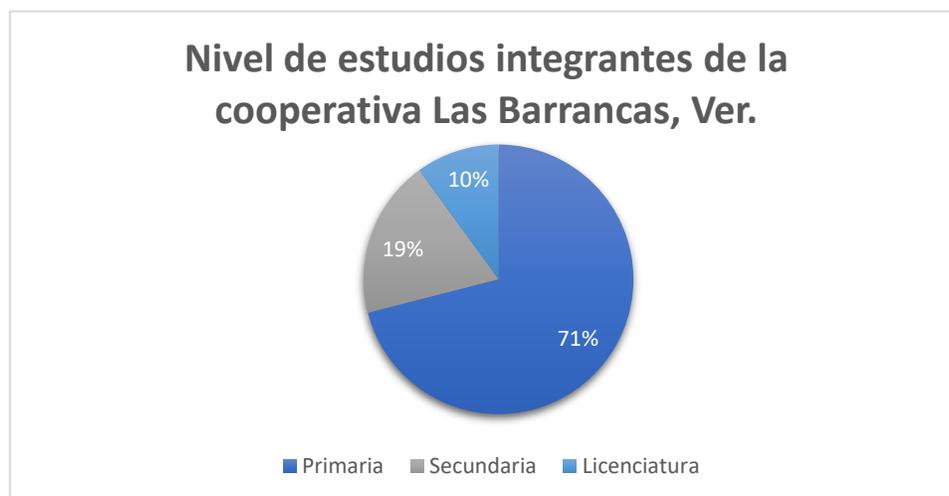


Gráfico 3. Caracterización de la población por nivel de estudios de los integrantes de la cooperativa Las Barrancas, Ver.

Cabe resaltar que todos estos datos representados en las gráficas 1, 2 y 3 fueron considerados para la realización e implementación de los talleres, considerando las actividades lúdicas y la información compartida en estos, para potencializar el conocimiento generado a través de los talleres impartidos.

Para la puntuación de los cuestionarios se dividió por variables y a cada una se le asignó un número de acierto de acuerdo con las preguntas contenidas. Considerando esto, para la variable Impactos Ambientales a la comunidad se le asignaron 16 aciertos mientras que a la variable Educación y Conciencia Ambiental se le asignaron 31 aciertos. Conforme con los aciertos obtenidos por variable se les asignó su valoración (Cuadro 11).

Cuadro 11. Puntaje de valoración y descripción para cuestionario aplicado a la cooperativa Las Barrancas.

<b>Valor de calificación</b>	<b>Nivel de conocimiento</b>
<b>0</b>	Nulo
<b>1</b>	Poco conocimiento
<b>2</b>	Regular conocimiento
<b>3</b>	Medianamente con conocimiento
<b>4</b>	Buen conocimiento
<b>5</b>	Muy buen conocimiento

Finalmente con la caracterización de la población y la aplicación de la prueba estadística de Wilcoxon, fue posible realizar una comparación pre y post para evaluar el aprendizaje obtenido a través de los talleres y la capacitación mediante los resultados de las tablas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resultados obtenidos de los cuestionarios para las variables: Conocimientos de Impactos ambientales a la comunidad y Conocimientos de Educación Ambiental y Servicios Ambientales.

<b>Conocimientos de Impactos ambientales a la comunidad</b>		<b>Conocimientos de Educación Ambiental y Servicios Ambientales</b>	
<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
4	5	4	5
3	4	3	4
4	5	2	2
0	0	1	1
0	1	1	2
0	0	1	2
2	4	2	2
0	0	1	2
2	3	1	2
2	3	4	5
2	3	2	2
2	3	1	2
1	3	1	2
4	5	4	5
3	4	5	5
3	5	3	4
1	3	4	5
1	0	0	1
0	0	1	1
1	2	2	3
2	3	2	3

De acuerdo con las pruebas estadísticas aplicadas para el estudio de impactos socioambientales en la comunidad para las variables analizadas se realizó el Cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados de la prueba estadística para las variables Conocimientos de Impactos ambientales a la comunidad y Conocimientos de Educación Ambiental y Servicios Ambientales.

<b>Estadísticos de prueba</b>	
	Impactos Ambientales en la comunidad ANTES - Impactos Ambientales en la comunidad DESPUES
Sig. Asintótica (bilateral)	0.000507
	Educación Ambiental y Servicios Ambientales ANTES - Educación Ambiental y Servicios Ambientales DESPUES
Sig. Asintótica (bilateral)	0.000108

Para la variable Conocimientos de Educación Ambiental y Servicios Ambientales

$$p = 0.000108$$

$$\alpha = 0.05$$

$$p < \alpha$$

$$0.000108 < 0.05$$

H<sub>1</sub>: Si existen diferencias significativas en las muestras antes y después de la implementación de talleres.

Para la variable Conocimientos de Impactos ambientales a la comunidad

$$p = 0.000507$$

$$\alpha = 0.05$$

$$p < \alpha$$

$$0.000507 < 0.05$$

H<sub>1</sub>: Si existen diferencias significativas en las muestras antes y después de la implementación de talleres.

Es necesario puntualizar que los talleres se elaboraron de manera lúdica, a través de explicaciones cortas, claras, concisas y donde se implementaron estrategias para integrar a todas las personas miembros de la cooperativa, contemplando las diferentes edades y dificultad de lectura. Ambos talleres tuvieron como fin tres métodos esenciales:

- Esclarecimiento de conceptos.
- Aplicación de ejemplos.
- Juegos y dinámicas grupales.

Dentro de los objetivos de esta investigación estaba el de generar procesos educativos que permitieron la apropiación y el empoderamiento del contexto socioambiental en el que se encuentran los habitantes de Las Barrancas y de esta manera dejar un beneficio a largo plazo en la resolución de conflictos ambientales.

Los gráficos 4 y 5 muestran los valores de entrada, apropiación y empoderamiento de los conocimientos adquiridos para los miembros de la cooperativa; los cuales representaron una etapa importante ya que implicó el conocimiento del tema y propuestas de soluciones a problemas reales con el entorno, siempre pensando en los ejes del cuidado ambiental.

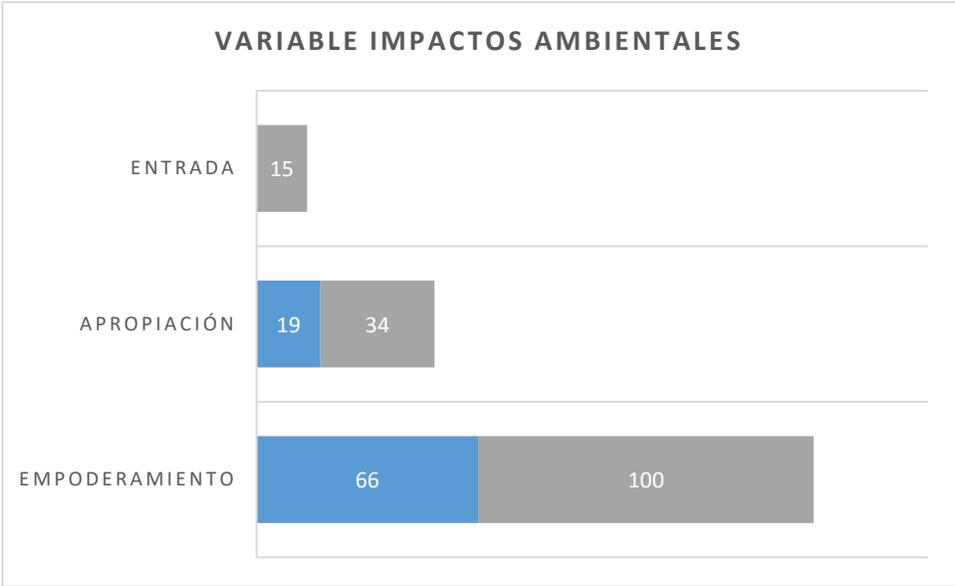


Gráfico 4. Apropiación de conocimiento de la Variable Impactos Ambientales en la comunidad.

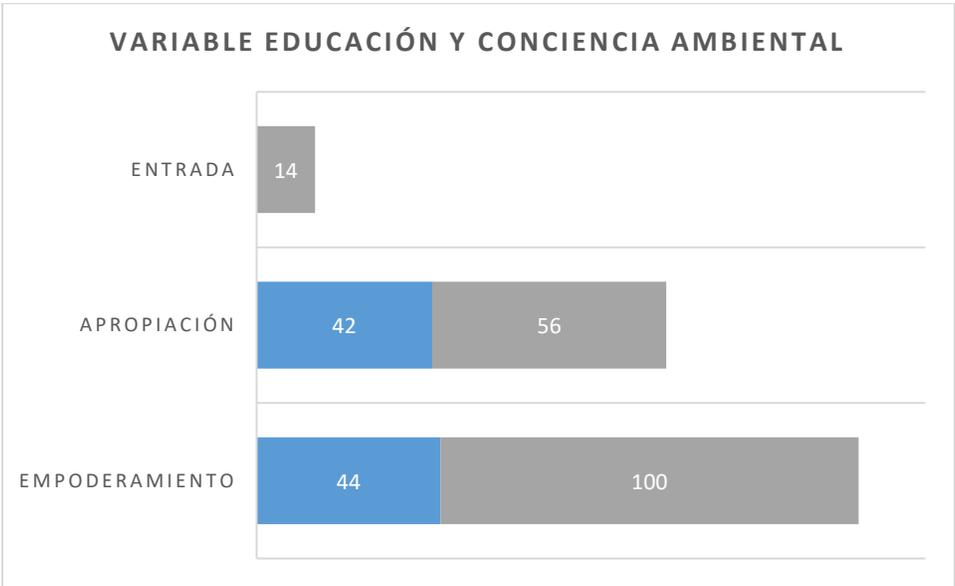


Gráfico 5. Apropiación de conocimiento de la Variable Educación Ambiental y Conciencia Ambiental.

Para la representación de los resultados sobre los conocimientos adquiridos post-taller de los miembros de la cooperativa Las Barrancas, se utilizó el modelo de evaluación por competencias y se realizó la construcción de los triángulos topológicos.

A continuación se describen los resultados obtenidos; en el Triángulo Topológico 1, se encuentra en su telón de fondo el estudio socio ambiental, el cual se caracteriza por una brecha generacional de la población en estudio y la situación económica como factores relevantes, en el lateral derecho de la imagen se presenta la categoría que del interés por aprender y la curiosidad por conocer el medio ambiente a través de estrategias lúdicas, el triángulo cierra su base con resultados que demuestran el aprendizaje significativo sobre el medio ambiente.



Figura 13. Triángulo Topológico 1, Estudio socio ambiental.

El Triángulo Topológico 2, corresponde a la variable de educación ambiental que se encuentra como telón de fondo, en sus laterales se enlazan la identificación de los servicios ambientales, el programa de las tres “R” y la conciencia sobre la escasez de agua; también se encuentran las políticas públicas y solución de problemas ambientales; como base del mismo está la capacitación para la comprensión de los conceptos de servicios ambientales y su identificación para crear la conciencia ambiental utilizadas para el estudio socioambiental, estos están orientados de acuerdo con las preguntas del cuestionario aplicado a la comunidad Las Barrancas.

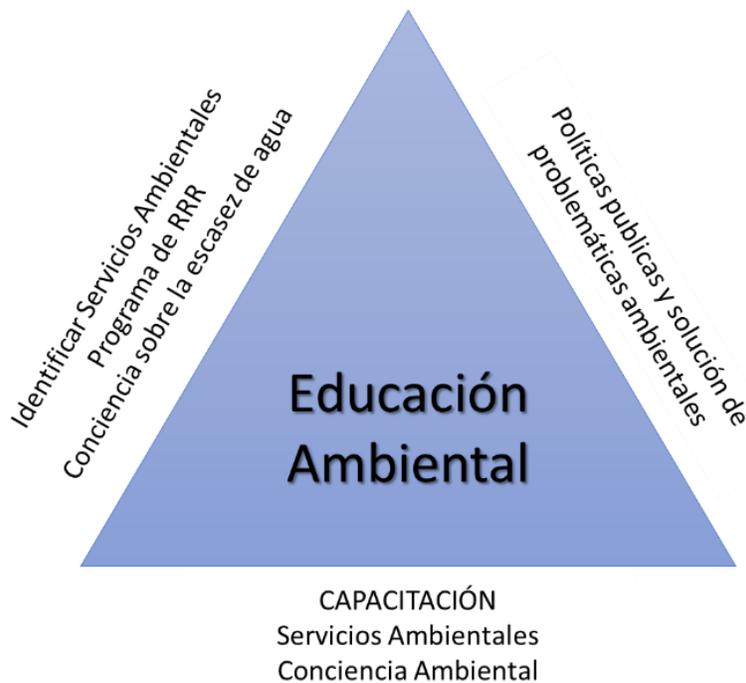


Figura 14. Triángulo Topológico 2, Educación y Conciencia Ambiental.

El Triángulo Topológico 3, tiene como telón de fondo al concepto medio ambiente, el cual fue reforzado por conocimientos para el cuidado del medio ambiente y los problemas ambientales que se pueden presentar; para complementar con ejercicios de medidas de gestión a problemas ambientales y como base medular la sensibilización ambiental.

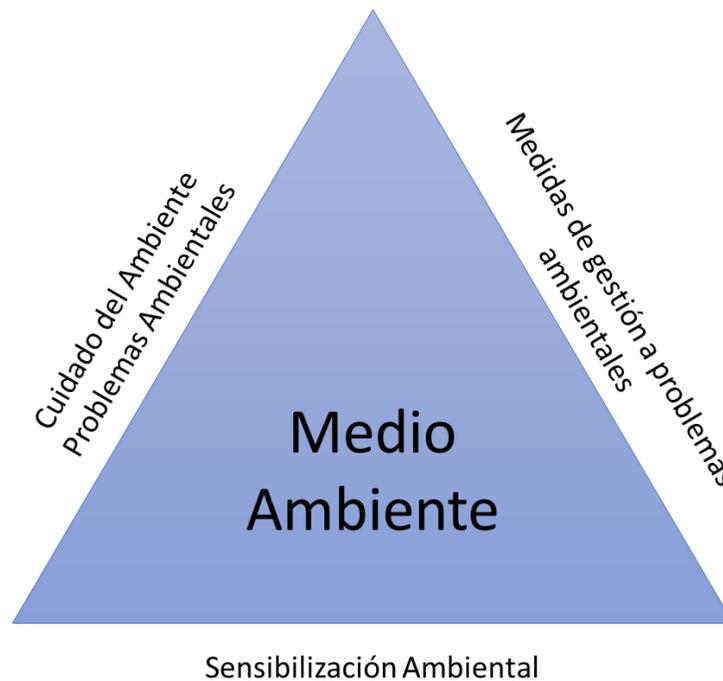


Figura 15. Triángulo Topológico 3, Estudio sobre el Medio Ambiente.

Finalmente el Triángulo Topológico 4, tiene como telón de fondo conceptos de cambios climatológicos no controlables y cambios en los gradientes de mareas, el cual fue reforzado por conocimientos sobre eventos climatológicos que afectan las comunidades costeras; para complementar con ejemplos de problemas que afecten directamente a la comunidad de Las Barrancas.

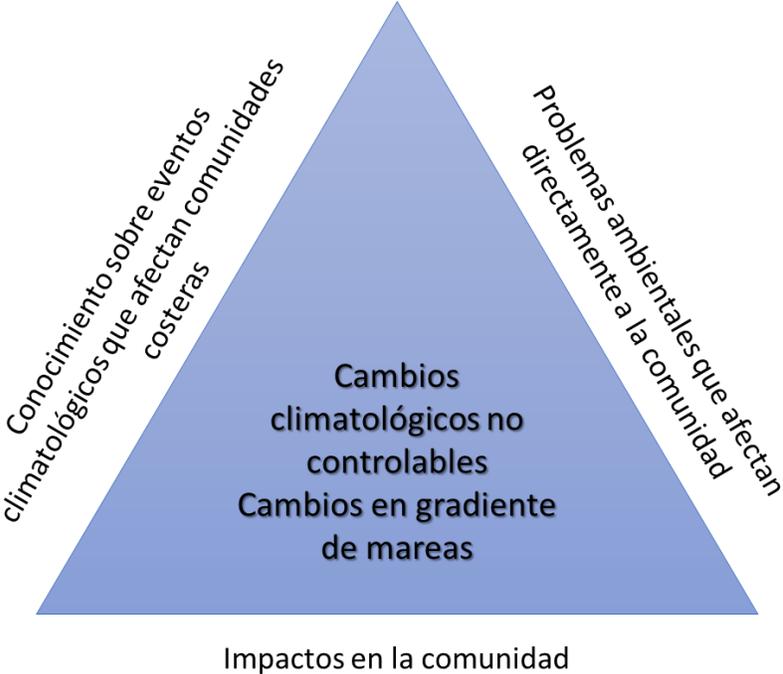


Figura 16. Triángulo Topológico 4 para la categoría Impactos Ambientales a la comunidad.

## 9.2 Discusión General

Durante el tiempo de estudio, y de acuerdo con las tres temporadas analizadas: lluvias secas y nortes, la forma de la playa mostró momentos que pueden presentar un equilibrio dinámico entre el movimiento de los sedimentos hacia el mar (erosión), hacia la tierra (acreción) y a lo largo de la costa (corrientes de deriva) como lo menciona Santiago (2010). Ya que en el caso de la estación II, la cual tiene la mayor pérdida de sedimentos en el último año, los valores encontrados para lluvias fueron 31.8m de playa, en nortes 19.8m y en secas 14.33m. Debido a que la topografía de las dunas de arena representa también un equilibrio entre el movimiento de la arena por el viento (erosión o depositación) y la cubierta vegetal que está presente en algunas áreas como lo es la estación V. Por lo cual la magnitud de estos movimientos presentó variaciones desde los cambios de marea (unas pocas horas) hasta erosiones drásticas provocadas por eventos meteorológicos como lo demostró la tormenta tropical Grace en el mes de septiembre del 2021, provocando derrumbes en construcciones e inundaciones de nuevas zonas. Si bien como mencionan Jiménez Orocio et ál. (2015) las playas son formaciones dominadas por procesos relacionados con las olas, con ambientes de alta energía capaces de depositar sedimentos, mientras que las dunas están asociadas con la energía generada por el viento.

Al considerar que de acuerdo con la CONAGUA durante la temporada invernal 2021-2022, fueron pronosticados 56 eventos de norte con incidencia en el estado de Veracruz, y de acuerdo con los datos de viento en costa obtenidos del sitio tabla de mareas.com para el municipio de Alvarado, 29 de estos tuvieron incidencia directa en sus costas por lo que los perfiles de playas registrados en la localidad Las Barrancas, presentaron una mayor pérdida de sedimento y con pendiente menor presentada en la temporada de secas posterior al proceso de erosión causado por los eventos climatológicos mencionados, y se observó una ligera trasgresión de playa a la zona intermareal, esto puede ocurrir por incidencia del viento y el oleaje hacia la línea de costa. Aunque para algunos autores (Ojeda Zújar, 2000) los eventos de norte son considerados fenómenos locales para estudios

realizados a corto plazo (menores a 4 años de estudio); con el análisis de las líneas de costa generadas para años anteriores a través del análisis digital de las aerofotografías, se confirma que la zona tiene seis puntos con tendencia a erosionarse desde el 2016, por lo que se muestra vulnerable a cualquier evento climatológico y tendrá incidencia directa sobre las costas de Alvarado.

Es claro que los riesgos de erosión y su aparente aceleración de daños están relacionados con el aumento de los peligros naturales (por cambios en la dinámica de los sedimentos, los efectos del aumento del nivel del mar por el calentamiento global o factores climáticos), lo que requiere un replanteamiento científico del proceso de evaluación y a realizar estudios detallados de las fuentes que conducen dichos daños.

Algunos autores como Verdi (2007) a través de un análisis de línea de costa generalizaron áreas que podrían estar en peligro por erosión costera y establecieron una zona de seguridad respetable para el desarrollo humano, es decir, a través de una determinación de metros potencialmente erosionables de playa, recomendaron hasta donde podrían llegar los asentamientos humanos sin llegar a afectar las playas.

Actualmente las playas son uno de los principales atractivos para la recreación y el descanso. Sin embargo las dunas en la mayoría de las costas fueron transformadas y niveladas o reemplazadas por estructuras de concreto. De acuerdo con Panana Arce (2014) en algunos lugares, está aumentando la presión del desarrollo del turismo para proporcionar servicios y beneficios económicos muy necesarios, sin embargo, no siempre se preserva la dinámica y las características del ecosistema, por ello resulta benéfico estudiar los procesos que ocurren en las playas con el fin de aportar conocimiento sobre las costas del estado de Veracruz, evaluando las condiciones actuales de su perfil, tasas de erosión y los desplazamientos de línea de costa para las zonas estudiadas y de esta forma utilizarlos como indicador de cambios o modificaciones de playas por procesos naturales, además de generar

soluciones con validez científica a los problemas erosivos que afecten a las comunidades instaladas en estas zonas.

No obstante, con el conocimiento generado en este trabajo de investigación y conociendo las características principales del comportamiento de las playas en el estado de Veracruz, resulta necesario el diseño de estrategias y de sensibilización social para la implementación de soluciones en función de la recuperación de las playas.

Recientemente, el concepto de infraestructura verde (I.V.) ha aparecido en la agenda del gobierno, donde el entorno natural se está volviendo cada vez más importante, las perspectivas sociales y económicas se ven como sus elementos integrales (Starck, 2021).

Es necesario posicionar a las infraestructuras verdes como una acción para contribuir a la mitigación de riesgos y lo coloquen como imprescindible para la puesta en marcha de acciones locales que brinden múltiples beneficios a la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Vázquez (2016) define las I.V. como “el conjunto de soluciones, prácticas y técnicas basadas en el funcionamiento de la naturaleza, que conforman redes planificadas de interconexión de paisajes naturales, seminaturales y construidos, que buscan potenciar los servicios ambientales, superar problemas asociados al desarrollo de las ciudades y aumentar la resiliencia, entre otros, a desastres naturales y riesgos de salud pública”.

Williamson (2003) mencionó que las I.V. intentan reconciliar el desarrollo urbano, el bienestar social y la protección ambiental con énfasis en los servicios ecológicos y sociales que ofrecen, como son regulación climática, purificación del aire, reducción de ruido, refugio de especies nativas, provisión de espacios paisajísticos y de recreación, esparcimiento y contacto con la naturaleza.

Si se abordan los problemas erosivos en las costas desde una perspectiva apoyada en la definición conceptual de sustentabilidad como una pirámide, donde los ecosistemas viables están en la base y sostienen al capital natural, social y al

ambiente construido, las I.V. ayudarían a mantener ecosistemas viables manteniendo la sustentabilidad ambiental.

Algunos autores como Gill et ál. (2007) investigaron la manera en que las I.V. podrían ayudar a las ciudades a hacer frente al cambio climático, concluyeron que estos aumentaban la resiliencia global de los sistemas urbanizados mejoran su preparación para escenarios de alta incertidumbre, además proveen de servicios ecosistémicos que permitan abordar aspectos específicos relacionados con el cambio climático.

Los resultados de este trabajo de investigación aportan antecedentes que permitan comprender y tomar acción sobre los problemas erosivos en la zona.

El desarrollo de un corredor verde costero la zona de playa de Las Barrancas puede contribuir a mejorar los servicios ecosistémicos que proporciona la zona y de esta forma constituir el importante eslabón en un sistema de infraestructura verde para el estado de Veracruz para mitigar y adaptarse a factores externos climatológicos que propician problemas erosivos.

Dentro de los recorridos de campo que se realizaron durante todo el año, fueron identificadas algunas especies de “riñoninas” (*Ipomoea pes-caprae*), que son plantas utilizadas para retención de sedimentos ya que tienen la capacidad de acumular arena entre sus ramas, de manera que forman dunas costeras a su alrededor.

Estas coinciden con los puntos de mayor acreción dados los resultados del análisis realizado en este trabajo de investigación, por lo que se recomienda priorizar y revalorizar las especies encontradas en la zona en la construcción del corredor verde, ya que al ser especies de la región serán adaptadas mejor y cumplirán con el objetivo de acrecionar la playa, enriqueciendo la dinámica natural de la zona y evitando así la erosión.

### 9.3 Conclusiones

- Existen diferencias significativas entre los grados de erosión de los años 2016 al 2022, con desplazamiento de -2.08 m a -3.46 m respectivamente.
- En las tres temporadas analizadas, la que representó un mayor riesgo de impacto negativo corresponde a la temporada de secas, con valores de 55% de grava y 45% de arenas.
- Se confirma que la línea de costa tuvo un desplazamiento de 2.8 m en el análisis de los años 2016 al 2022.
- De las 11 estaciones de muestreo, seis presentan erosión y cinco presentan acreción, lo que significa una pérdida de playa durante el estudio. El comportamiento demostró que el 55% de las estaciones (seis) presentaron rasgos erosivos.
- Se reconoce como un estudio de caso la comunidad de Las Barrancas, porque se brindaron alternativas y oportunidades de mejora en los aspectos de educación y conciencia ambiental.

Finalmente, si existe impacto ambiental por las modificaciones en la línea de costa de Las Barrancas-Veracruz-México.

## 10. REFERENCIAS

- Almécija, C., Alejo, I., & Pérez-Arlucea, M. (2008). Morfodinámica e hidrodinámica de una playa expuesta: ejemplo de la playa de Louro (Muros, NW Península Ibérica). *Geo-Temas*, 10, 487-490.
- Arrazola Flores, L. A. (2009). Revisión de estructuras de atraque en base a duques de alba y pasarela de madera aplicado en Playa Langosta, Cancún, Quintana Roo. Instituto Politécnico Nacional.
- Astuhuaman, G. G., Cristóbal, O. E. P., & Janampa, M. V. J. R. d. I. M. C. (2018). Aplicación de las pruebas estadísticas de Wilcoxon y Mann-Whitney con SPSS. 2(4), 15-15.
- Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: a review. *Journal of coastal research*, 21(4), 688-703.
- Bolongaro, A. (2014). Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos. Secretaría de Turismo, Conacyt y Academia Nacional de Investigación y Desarrollo AC.
- Bolongaro Crevenna, A. (2016). Diagnóstico de la vulnerabilidad costera ante el cambio climático del destino turístico de Costa Esmeralda.
- Bolongaro-Crevenna, A., Chavarría-Hernández, J., Expósito-Díaz, G., Márquez-García, E., Torres-Rodríguez, V., Márquez-García, A., & Rojas Gala-viz, J. L. (2010). Vulnerabilidad de las Zonas Costeras Mexicanas ante el Cambio Climático.
- Bradly, N., & Moorhouse, C. (2015). A Blueprint for Ocean and Coastal Sustainability. IOC/UNESCO.
- Burke, L., Kura, Y., Kassem, K., Revenga, C., Spalding, M., McAllister, D., & Caddy, J. (2001). Coastal ecosystems (p. 77). Washington, DC: World Resources Institute.

Burke, L., & Maidens, J. (2005). Arrecifes en peligro en el Caribe. Reef at risk in the caribbean (No. 333.9553 B959). World Resources Institute, Washington, DC (EUA).

Camacho-Valdéz, V., Murillo-Jiménez, J. M., Nava-Sánchez, E. H., & Turrent-Thompson (2008). Dune and beach morphodynamics at Cabo Falso, Baja California Sur, Mexico: Response to natural, hurricane Juliette (2001) and anthropogenic influence. 24(3) (243), 553-560.

Carranza-Edwards, A., Márquez-García, A. Z., Tapia-Gonzalez, C. I., Rosales-Hoz, L., & Alatorre-Mendieta, M. Á. (2015). Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(1), 21-43.

Carranza-Edwards, Arturo (2010). Causas y consecuencias de la erosión de playas. Impacto del cambio climático sobre la zona costera: México, Instituto de Ecología, AC (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), 36-50.

Casal, G., Sánchez-Carnero, N., & Freire, J. (2010). Generación de una línea de costa digital de Galicia (NW España) a gran escala, utilizando fotointerpretación y segmentación dinámica. BAGE: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (53), 7-19.

Castillo, G. B., Calderón, J. V., Jiménez, D. R., Ramos, N. B., Jiménez, D. P., & da Silva, A. L. C. (2021). Cambios estacionales del perfil de playa en Cieneguita, Limón, Costa Rica. Revista Geográfica de Chile Terra Australis, (1), 12-28.

Convención Marco para el cambio climático (CMCC) (1992): «Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático», Convención Marco para el cambio climático (CMCC) (1992): «Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático»

Collado, J. (2017). Educación Ambiental en Ecuador: reflexiones bioalfabetizadoras para el desarrollo sostenible. Visiones de sostenibilidad. México, DF: UASLP, 307-26.

Cruz, R., & Lilia, R. (2007). Compendio de estrategias bajo el enfoque por competencias.

Cruz, Y. Y. P., & Martínez, P. C. C. (2015). Cambio climático: bases científicas y escepticismo. (46).

D'Amico, G., Fucks, E., Salinas Salmuni, G., & Carut, C. (2016). Cambios en la línea de costa relacionados a procesos de erosión y depositación en el partido de Punta Indio (Buenos Aires, Argentina) mediante imágenes satelitales de resolución media. Paper presented at the XVII Simposio Internacional SELPER, Iguazú.

Coastal Engineering Research Center (US). (1973). Shore protection manual (Vol. 1). US Army Coastal Engineering Research Center.

Escobar Gómiz, R., & Moreno Martínez, J. J. (2012). Las competencias profesionales y su gestión en sistemas de gestión de calidad basados en la familia de Normas ISO 9000.

Espejel, I., Espinoza-Tenorio, A., Cervantes, O., Popoca, I., Mejia, A., & Delhumeaux, S. J. J. o. c. r. (2007). Proposal for an integrated risk index for the planning of recreational beaches: use at seven Mexican arid sites. 47-51.

Estévez Expósito, K. (2018). Realidad virtual en San Cristóbal de La Laguna Patrimonio Histórico.

Folk, R. L. J. S. (1966). A review of grain-size parameters. 6(2), 73-93.

Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary research*, 27(1), 3-26.

Forrester, W. D. (1983). *Canadian tidal manual* (Vol. 4). Ottawa, Ont.: Department of Fisheries and Oceans.

Garcés, S. J. E., interculturalidad y ambiente: Experiencias prácticas en centros educativos en Ecuador. (2012). *Contextualización de la Educación Ambiental*. 27-46.

García, R. J. S. c. (2006). *Epistemología y teoría del conocimiento*. 2, 109-122.

Gil Perez, D., & Valdés Castro, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 0155-163.

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built environment*, 33(1), 115-133.

Gonzalez Aviles, R. (2013). Estudio de Obras de Protección. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Guerrero Peña, M. Y. (2017). Clasificación morfológica e hidrodinámica de las playas del Caribe colombiano (Master's thesis, Universidad del Norte).

Hernández Santana, J. R., Ortiz Pérez, M. A., Méndez Linares, A. P., & Gama Campillo, L. J. I. g. (2008). Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. (65), 7-21.

INEGI, B. d. D. (1995). Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. In: México.

Jasso Montoya, J. (2012). Variación de los parámetros oceanográficos alrededor del Arrecife Verde en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Golfo de México Occidental).

Jiménez-Orocio, O., Espejel, I., & Martínez, M. L. (2015). La investigación científica sobre dunas costeras de México: origen, evolución y retos. 86(2), 486-507.

Jiménez, J. A., Gracia, V., Valdemoro, H. I., Mendoza, E. T., Sánchez-Arcilla, A. J. O., & Management, C. (2011). Managing erosion-induced problems in NW Mediterranean urban beaches. 54(12), 907-918.

Jiménez Quintana, J. A., & Sánchez-Arcilla Conejo, A. J. R. d. O. P. (1992). Simulación de cambios a corto plazo en la línea de costa. 139(3315), 41-51.

Leff, E. (2002). Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder: Siglo XXI.

Lévi-Strauss, C. (1968). Elogio de la antropología. Ediciones pasado y presente.

Lizano, O. G. J. R. d. C. y. T. (2006). Algunas características de las mareas en la costa Pacífica y Caribe de Centroamérica. 24(1).

Manrique Sanguino, J. A. (2012). Estudio experimental de alternativas de protección costera, caso Chelemchuburná, Yucatán (Disertación doctoral).

Marinas, D. I., & Serrato, F. B. (2017). Comprendiendo el litoral: Dinámica y procesos.

Masselink, G., & Short, A. D. (1993). The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. 785-800.

Méndez, V. A., Villa, I. G., & Contreras, J. A. V. (2021). Evaluación del aprendizaje e indicadores de desempeño en aula-virtual para generaciones 2016-2021 TecNM-Campus Boca del Río, Veracruz, México. 4(25), 49-57.

Morton, R. A., Miller, T., & Moore, L. (2005). Historical shoreline changes along the US Gulf of Mexico: a summary of recent shoreline comparisons and analyses. 21(4), 704-709.

Muñoz, V. (2014). Proyecto de recuperación urbana-turística del malecón y playa San Lorenzo del Cantón Salinas (Disertación doctoral).

O'callaghan, M. J. S. A. J. o. B. (1992). The ecology and identification of the southern African Salicornieae (Chenopodiaceae). 58(6), 430-439.

Ojeda Zújar, J., & Vallejo Villalta, I. (1995). La Flecha de El Rompido: análisis morfométrico y modelos de evolución durante el periodo 1943-1991. Revista de la Sociedad Geológica de España, 8 (3), 229-237.

Ojeda Zújar, J. (2000). Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 30, 103-118.

Ojeda Zújar, J., Díaz Cuevas, M. d. P., Prieto Campos, A., & Álvarez Francoso, J. I., 60, 37-52. (2013). Línea de costa y Sistemas de Información Geográfica: modelos de datos para la caracterización y cálculo de indicadores de la costa andaluza.

Ordaz Hernández, A., Hernández Santana, J. R., Estévez Cruz, E., Díaz Guanche, C., & Méndez Linares, A. P. J. I. g. (2016). Morfodinámica costera en la playa Bailén, costa sur del occidente de Cuba, entre los años 2003-2013. (91), 56-69.

Ortíz-Pérez, M., Hernández-Santana, J., Figueroa Mah Eng, J., & Gama Campillo, L. J., UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. pp. (2010). Tasas del avance transgresivo y regresivo en el frente deltaico tabasqueño: en el periodo comprendido del año 1995 al 2008. 305-324.

Ortiz Lozano, L. D., Arceo Briseño, P., Granados Barba, A., Salas Monreal, D., & Jiménez Badillo, M. d. L. (2010). Zona costera.

Ortiz Pérez, M. A., & Méndez Linares, A. P. (1999). Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe. (39), 68-81.

Ortiz Pérez, M. A. J. I. g. (1992). Retroceso reciente de la línea de costa del frente deltaico del río San Pedro, Campeche-Tabasco. (25), 7-23.

Palacios, F. R. V., & Cabañas, R. T. J. J., Costas y Mares ante el Cambio Climático. (2019). La variable edad entre los pescadores como elemento reconfigurador del espacio lagunar. 1(1), 73-86.

Panana-Arce, A., Gama-Villasana, H., Mendoza-Zúñiga, R., Panana-Villalobos, E., & Rivera-Prieto, J. (2014). Registro Preliminar del perfil de playa y parámetros fisicoquímicos en la zona costera Roca Partida-Monte Pío, Veracruz. XXI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, Cozumel, Quintana Roo.

Paneque, R. A. R., García, E. A. C., Abreu, J. A. F., & Rueda, A. R. J. C. H. (2010). La Erosión en las playas del litoral de Holguín, Cuba. 15(1).

Petroni, R. V. (2005). Hidráulica marítima y de estuarios: Editorial Dunken.

Pineda, V. (2009). Granulometría y geoquímica de los sedimentos marinos en el área comprendida entre el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile. *Crucero Cimar 10 Fiordos. Ciencia y Tecnología del Mar*, 32(1), 27-47.

Pyhälä, A., Osuna Orozco, A., & Counsell, S. J. R. F.-U., London. (2016). Protected areas in the Congo basin: failing both people and biodiversity.

Ramírez, J., Astudillo, P., Cisneros, D., & Luna, K. (2017). Habilidades profesionales y su impacto en la gestión de empleo y el mercado laboral: Una arista desde el talento y la innovación de la generación millenials. Paper presented at the P. Astudillo, D. Cisneros y K. Luna (Comps.), *Memorias científicas del 2º Congreso Internacional de Administración de empresas*.

Reyes-Bonilla, H., Díaz-Castro, S. C., & González-Baheza, A. J. (2020). El incremento del nivel del mar: afectación en costas mexicanas. 13.

Roble Pensado Leglise, M. d., Alonso Reyes, M. d. P., & Bucio Yáñez, R. (2011). Modelo de intervención social y ambiente: el caso de algunos barrios antiguos de Xochimilco %J *Estudios demográficos y urbanos*. 26, 433-480.

Rué, J. (2007). Enseñar en la Universidad: El EEES como reto para la Educación Superior (Vol. 16): Narcea Ediciones.

Ruiz Cruz, A. (2013). Modelado de la evolución morfodinámica de playas por oleaje y viento. Universidad Autónoma de México,

Sánchez Jiménez, C. (2020). Propuesta de defensa de la playa de Denia por medio del sistema playa-duna.

Sandoval-Murillo, L., & Barrantes-Castillo, G. J. U. (2020). Cambios en la cobertura de la tierra en los puntos calientes de erosión costera en el caribe sur de Costa Rica, durante el periodo 2005–2017. 35(2), 1-31.

Santiago, B. R. (2010). Caracterización de las playas de Tuxpan, Veracruz mediante criterios de certificación (Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana).

Sañudo Oria, T. (2016). Estudio de la difracción en modelos de propagación del oleaje.

Schnack, E., Pousa, J. L., & Isla, F. I. (1997). Olas, tormentas y playas.

SCT, S. d. C. y. T (2019). Que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano. En: Diario Oficial de la Federación México.

SEMAR, S. d. M. (2015). Puerto de Alvarado.

Shepard, F. P. J. J. o. s. R. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. 24(3), 151-158.

Silva Casarín, R., Chávez Cerón, V., Lithgow Serrano, D., & Tsuneki, H. (2020). Evaluación de la efectividad de la infraestructura verde para la mitigación del riesgo costero en América Latina y el Caribe.

Simeón, J. (2012). Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz No. 200 (75um) en agregado mineral por lavado.

Starck, M. (2021). Propuesta de revegetalización en la barranca costera para el control de erosión y protección de taludes en áreas críticas (Universidad Nacional de La Plata).

Stellfeld, M. C. d. P., & Vedor Passos, E. (2020). Escenarios predictivos del posicionamiento de la línea de costa de matinhos-pr-brasil: subsidios para la gestión costera.

Thuillier, P. J. J. M., Filosofía de las Ciencias Sociales y Humanas. (1991). Filosofía de la Ciencia o Epistemología. 61-70.

Torrent González-Isla, V. (2009). Erosión en perfiles de playa a distintas escalas.

Tur, A. A., & Gómez, J. A. D. (2001). Arqueología de la sociología ambiental. Paper presented at the Sociología ambiental.

Vargas-Ramírez, N., & Paneque-Gálvez, J. J. (2019). The global emergence of community drones (2012–2017). 3(4), 76.

Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 63-86.

Verdi, M. D. C. (2007). Evaluación de la erosión lineal costera en la ciudad de Lechería, Estado Anzoátegui. *Terra. Nueva Etapa*, 23(33), 13-38.

Wilson, R. F., Turton, S. M., Jones, A., & Phillips, M. J. D. D. C. C. F. C. C. T. (2011). The impact of climate change on reef-based tourism in Cairns, Australia: adaptation and response strategies for a highly vulnerable destination. 233-253.

Wompner, F. (2008). *Inteligencia holística: La inteligencia holística*.

Yuni, J. A., & Urbano, C. A. (2006). *Técnicas para investigar: recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*: Editorial Brujas.

## 11. ANEXOS

### 11.1 Imágenes del Lugar de Estudio



Figura 17. Zona de estudio 27 de Julio del 2022 en Estación 2.



Figura 18. Zona de estudio 27 de Julio del 2022 en Estación 4.



Figura 19. Zona de estudio 27 de Julio del 2022 en Estación 5.

## 11.2 Perfiles de playa para todos los meses de las estaciones 1, 2 y 4.



Figura 20. Perfil de playa para la Estación 1 correspondiente al mes de Julio en Las Barrancas, Ver, Méx.

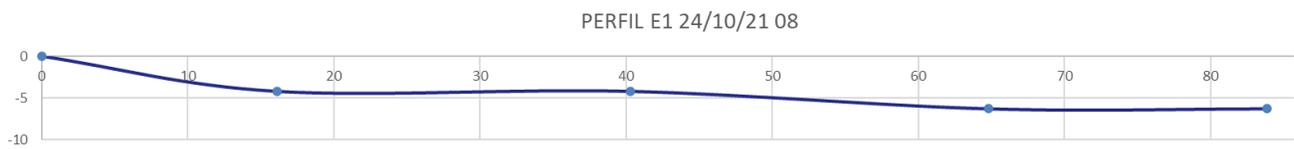


Figura 21. Perfil de playa para la Estación 1 correspondiente al mes de Octubre en Las Barrancas, Ver, Méx.

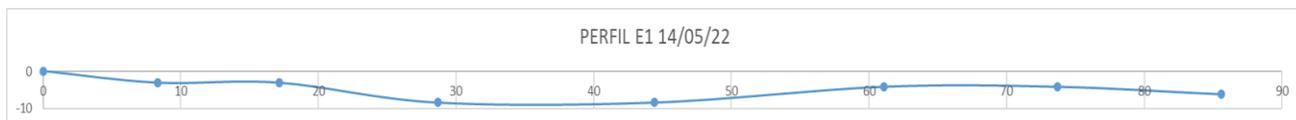


Figura 22. Perfil de playa para la Estación 1 correspondiente al mes de Mayo en Las Barrancas, Ver., Méx.



Figura 23. Perfil de playa para la Estación 4 correspondiente al mes de Julio en Las Barrancas, Ver, Méx.



Figura 24. Perfil de playa para la Estación 4 correspondiente al mes de Octubre en Las Barrancas, Ver, Méx.



Figura 25. Perfil de playa para la Estación 4 correspondiente al mes de Mayo en Las Barrancas, Ver, México.

11.3 Cuestionario aplicado de evaluación de aspectos ambientales y socioeconómicos.

**CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS**

El objetivo de este cuestionario está fundamentado en las actividades académicas de la Maestría en Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Boca del Río, en el marco de la colaboración con el Municipio de Alvarado y sus comunidades en zona costera.

Fecha: \_\_\_\_\_ Localidad: Las Barrancas, Alvarado, Ver.  
Padre: ( ) Madre: ( ) Otro: \_\_\_\_\_  
Persona encuestada: \_\_\_\_\_  
Edad: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN DE ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS**

1. ¿Cuántos años tiene viviendo en esta localidad? \_\_\_\_\_
2. Su vivienda es: Propia ( ) Rentada: ( ) Prestada: ( )
3. El material predominante en su vivienda es:  
Concreto ( ) Madera ( ) Otro ( ) indique cual \_\_\_\_\_
4. ¿Cuántas personas residen en el domicilio? \_\_\_\_\_
5. ¿Con que servicios cuenta su comunidad?  
Agua potable ( ) Energía eléctrica ( )  
Telefonía/Internet ( ) Alumbrado público ( )  
Pavimentación ( ) Alcantarillado y drenaje ( )
6. ¿Considera que es necesario realizar alguna mejora de estos servicios a su localidad?  
Si ( ) No ( ) indique cuál \_\_\_\_\_
7. ¿Con qué grado de estudios cuenta usted? \_\_\_\_\_
8. ¿Cuál es su situación laboral? \_\_\_\_\_
9. ¿Tiene hijos que dependan de usted? Si ( ) No ( )

Figura 26. Cuestionario aplicado a la comunidad Las Barrancas sobre Información de aspectos socioeconómicos para caracterización de la población

### INFORMACIÓN SOBRE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA COMUNIDAD

- 10 De las opciones que se presentan señale cuáles han afectado a su comunidad.
- |                     |     |                      |     |
|---------------------|-----|----------------------|-----|
| Huracanes           | ( ) | Tormentas            | ( ) |
| Ciclones tropicales | ( ) | Marejadas ciclónicas | ( ) |
| Inundaciones        | ( ) | Sequías              | ( ) |
- 11 De los siguientes problemas ambientales ¿cuáles han afectado su comunidad?
- |                        |     |                          |     |
|------------------------|-----|--------------------------|-----|
| Inundación por lluvias | ( ) | Inundación por marejadas | ( ) |
| Contaminación del agua | ( ) | Erosión                  | ( ) |
| Basura en las playas   | ( ) |                          |     |
- 12 ¿Ha tenido problemas de inundación y/o deslaves en su vivienda?
- Si ( ) No ( )
- 13 ¿Conoce alguna institución u organización en su comunidad que proporciones información sobre educación ambiental?
- Si ( ) No ( )
14. Indique el nivel de limpieza de las playas en su localidad.
- Muy limpia ( ) Medianamente limpia ( ) Poco limpia ( )
15. ¿Conoce si existe algún servicio de limpieza en la playa de su localidad?
- Si ( ) No ( )
- 16 Considera que algunas veces ha llegado a contaminar el ambiente.
- Si ( ) No ( )

Figura 27. Cuestionario aplicado a la comunidad Las Barrancas sobre Información de Impactos en la comunidad.

### INFORMACIÓN SOBRE EDUCACIÓN Y CONCIENCIA AMBIENTAL

17 De los siguientes servicios ambientales, ¿Cuáles conoce?

Captación de agua ( )      Calidad de aire ( )

Tratamiento de aguas residuales ( )      Limpieza de playas ( )

18 ¿Cuál es su nivel de conocimiento de los siguientes temas ambientales?

Calentamiento Global      Alto ( )      Medio ( )      Bajo ( )      Ninguno ( )

Deforestación      Alto ( )      Medio ( )      Bajo ( )      Ninguno ( )

Extinción de especies      Alto ( )      Medio ( )      Bajo ( )      Ninguno ( )

Reciclaje de basura      Alto ( )      Medio ( )      Bajo ( )      Ninguno ( )

Contaminación de agua      Alto ( )      Medio ( )      Bajo ( )      Ninguno ( )

19 De las siguientes opciones ¿qué actividades realiza usted para cuidar el ambiente?

Reutilizar ( )      Cerrar bien las llaves de agua ( )

Separar basura ( )      Apagar las luces que no usamos ( )

Reciclaje ( )      No dejar aparatos enchufados ( )

20 De las siguientes dependencias cuales conoce.

SAGARPA ( )      CONAGUA ( )

SEDARPA ( )      PROFEPA ( )

SEMARNAT ( )      INECC ( )

CONAPESCA ( )      CONAMP ( )

21 ¿Le gustaría participar en alguna campaña para el cuidado del medio ambiente aquí en su comunidad?

Si ( ) No ( )

22 ¿Consideras que algún día ya no habrá agua?

Si ( ) No ( )

23 ¿Conoce alguna iniciativa que se lleve a cabo en su comunidad en función del cuidado del agua?

Si ( ) No ( )

24 Considera que es necesario en su comunidad, ¿educar en aspectos del cuidado del ambiente?

Si ( ) No ( )

25 ¿Estaría dispuesto a recibir alguna capacitación donde se aborden estos temas sobre educación, cuidados y conciencia ambiental?

Si ( ) No ( )

El cuestionario es un instrumento de evaluación que proporcionará información básica sobre las características de la comunidad y su relación con algunos conceptos medulares para la implementación de conocimientos en el área y cultura ambiental.

Toda la información se manejará con transparencia y confidencialidad.

Gracias por su colaboración.

Figura 28. Cuestionario aplicado a la comunidad Las Barrancas sobre Información de Educación y Conciencia Ambiental.