



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
PESQUERIA Y ZOOLOGIA



**“Variación temporal del perfil de las playas de Chérrepe y
Pimentel causada por la erosión costera, entre Enero-
Diciembre 2016”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN
BIOLOGÍA -PESQUERÍA**

PRESENTADO POR:

Br. OSCAR OSWALDO VILLAR CUADROS

PATROCINADOR:

Dr. WILMER CARBAJAL VILLALTA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
PESQUERIA Y ZOOLOGIA



“Variación temporal del perfil de las playas de Chérrepe y Pimentel causada por la erosión costera, entre Enero-Diciembre 2016”

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN
BIOLOGÍA-PESQUERÍA**

PRESENTADO POR:

Br. OSCAR OSWALDO VILLAR CUADROS

PATROCINADOR:

Dr. WILMER CARBAJAL VILLALTA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019

“Variación temporal del perfil de las playas de Chérrepe y Pimentel causada por la erosión costera, entre Enero-Diciembre 2016”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN
BIOLOGÍA - PESQUERÍA

APROBADA POR:

Dra. Elsa Violeta Angulo de Alva _____
PRESIDENTE

Dr. Eduardo Julio Tejada Sánchez _____
SECRETARIO

Msc. Jorge Luis Chanamé Céspedes _____
VOCAL

Dr. Wilmer Carbajal Villalta _____
PATROCINADOR

LAMBAYEQUE, PERÚ

2019

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios por darme la oportunidad de lograrlo. A mis abuelos Oscar Cuadros Cornejo y Magdalena Cornejo Olazabal; José Visitación Villar Flores e Idelsa Cabanillas Inciso quienes siempre anhelaron verme adulto y profesional cuando yo era pequeño. A mis padres, Gilmer Villar Cabanillas y Mirian Cuadros Cornejo, por apoyarme siempre en mi formación profesional, e inculcarme la responsabilidad y dedicación al trabajo. A mis hermanos, Renato Alonso y María Claudia, de quienes espero que vean en mí, motivación para lograr ser buenos profesionales. A mi tía Ana Cuadros Cornejo, grandiosa amiga y ejemplo de mujer, que siempre me motivó y confió que lograría el objetivo de ser profesional. A mi prima Angélica Atoche Cuadros, de quien me siento muy orgulloso, considero como una hermana mayor, y a Alejandra Jiménez Cuadros quien partió a un mejor lugar y espero que desde ahí interceda por mí en cada decisión que yo tome. A mis colegas, compañeros y mejores amigos, Pilar, Ney y Angello, por el apoyo diario, alegrías, tristezas y compañía durante todo este tiempo.

Oscar Oswaldo Villar Cuadros

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Wilmer Carbajal Villalta, docente de Oceanografía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por su asesoría, amistad y apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

Al M.Sc. Jorge Fupuy Chung, Profesor de Procesamiento de Datos por su humildad, amistad, y por contribuir con el manejo de datos estadísticos en los resultados del presente trabajo.

A los Bach. Roger Barboza Castro, Natalie Bravo Senmache, Erich Requejo Cobeñas por su amistad y apoyo en los trabajos de campo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases teóricas	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Ubicación del área de estudio	12
3.1.1 Playa Chérrepe	12
3.1.2 Playa Pimentel	13
3.2 Metodología	15
3.2.1 Trabajo de campo	15
3.2.2 Procesamiento de datos	16
IV. RESULTADOS	18
4.1 Perfil de playa Chérrepe	18
4.1.1. Área del perfil de playa en Chérrepe.	18
4.1.2 Ancho del perfil de playa en Chérrepe.	20
4.1.3 Perfil de playa en la playa de Chérrepe.	22
4.2 Perfil de la playa de Pimentel	25
4.2.1 Área del perfil de playa en la playa de Pimentel.	25
4.2.2. Ancho del perfil de playa en la playa de Pimentel.	27
4.3 Presencia de escarpes	29
V. DISCUSIÓN	32
VI. CONCLUSIONES	37
VII. RECOMENDACIONES	38
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
IX. ANEXOS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación de la Playa de Chérrepe</i>	13
Figura 2. <i>Ubicación de la playa de Pimentel.....</i>	14
Figura 3. <i>Ubicación de las estaciones de muestreo en la playa de Chérrepe.</i>	15
Figura 4. <i>Ubicación de las estaciones de muestreo en la playa de Pimentel.</i>	15
Figura 5. <i>Variación estacional del perfil de playa en la estación 1, Chérrepe.</i>	23
Figura 6. <i>Variación estacional del perfil de playa en la estación 2, Chérrepe.....</i>	24
Figura 7. <i>Variación estacional del perfil de playa en la estación 1, Pimentel</i>	30
Figura 8. <i>Variación estacional del perfil de playa en la estación 2, Pimentel.</i>	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Área mensual del perfil de playa en la playa de Chérrepe (m ²).	18
Tabla 2. Área promedio del perfil de playa en Chérrepe. 2016	19
Tabla 3. Área estacional del perfil de playa en la playa de Chérrepe.	19
Tabla 4. Ancho mensual del perfil de playa en la playa de Chérrepe (m).	20
Tabla 5. Ancho promedio del perfil de playa Chérrepe, 2016.	21
Tabla 6. Ancho estacional del perfil de playa en la playa de Chérrepe.	21
Tabla 7. Área del perfil de playa en la playa de Pimentel (m ²).	25
Tabla 8. Área promedio del perfil de playa en Pimentel, 2016.	26
Tabla 9. Área estacional del perfil de playa en la playa de Pimentel.	26
Tabla 10. Ancho mensual del perfil de playa en la playa de Pimentel (m).	27
Tabla 11. Ancho promedio del perfil de playa en Pimentel, 2016.	28
Tabla 12. Ancho estacional del perfil de playa en la playa de Pimentel.	28

RESUMEN

El perfil del litoral peruano se modifica en el tiempo debido al ciclo de erosión-acreción que ocurre en sus playas, motivo de investigación del presente trabajo, que pretende describir y caracterizar en el tiempo el ciclo, en las playas de Chérrepe y Pimentel desde enero a diciembre del 2016.

Se establecieron dos estaciones de muestreo en cada playa (Chérrepe y Pimentel), las cuales fueron evaluadas mensualmente, midiendo ancho y área del perfil de playa, aplicando la metodología propuesta por la UNESCO (2012).

Los resultados obtenidos indican que el patrón de comportamiento mensual y estacional de la acreción y erosión del perfil en Chérrepe se modificó parcialmente, mientras que el de Pimentel presentó una variación más notoria. La acreción fue determinante en la estación 1 de Chérrepe, entre diciembre y febrero y en la estación 2 entre enero y abril, mientras que en Pimentel la acreción se dio en la estación 1 durante julio – septiembre y en la estación 2 entre julio y agosto, siendo muy notoria su variación en el ancho y área de perfil de playa. Por último, en lo referente a variación estacional, el patrón de comportamiento de la acreción de arena en verano y erosión en invierno del perfil de playa de Pimentel, se ha invertido ocurriendo la acreción en invierno y la erosión en verano.

Palabras clave: perfil de playa, ciclo erosión-acreción, Chérrepe, Pimentel.

ABSTRACT

The profile of the Peruvian coast is modified in time due to the erosion-accretion cycle that occurs on its beaches, a reason for investigating this work, which aims to describe and characterize the cycle over time, on the beaches of Chérrepe and Pimentel since January as of December 2016.

Two sampling stations were established at each beach (Chérrepe and Pimentel), which were evaluated monthly, measuring width and area of the beach profile, applying the methodology proposed by UNESCO (2012).

The results obtained indicate that the monthly and seasonal pattern of accretion and erosion of the profile in Chérrepe was partially modified, while that of Pimentel presented a more noticeable variation. The pressure was decisive in station 1 of Chérrepe, between December and February and in station 2 between January and April, while in Pimentel the accretion occurred in station 1 during July - September and in station 2 between July and August, being very noticeable its variation in the width and area of beach profile. Finally, in relation to seasonal variation, the pattern of behavior of the accretion of sand in summer and erosion in winter of the profile of Pimentel beach, the accretion in winter and erosion in summer have been reversed.

Key words: beach profile, cycle erosion- accretion, Chérrepe, Pimentel.

I. INTRODUCCIÓN

La zona costera es aquella región en la que ocurren procesos físico - químicos, geológicos, atmosféricos, biológicos y socio – culturales, que ponen de manifiesto la marcada interacción entre el medio marino y el medio terrestre (Ortiz, Arceo, Granados, Salas & Jiménez, 2010). Dicho ambiente costero es de alta movilidad, presentando perturbaciones que se evidencian en su morfología. Esta configuración multivariable conduce a ambientes inestables, inestabilidad que se puede manifestar con la aparición de la erosión costera (Kokot, 2004). Este fenómeno puede tener múltiples definiciones, así Cruz (2015), la define como el desgaste de un cuerpo a causa de la fricción con otro cuerpo; Jara (2016), sostiene que la erosión consiste en la eliminación y desintegración gradual de las playas y Navarrete (2014), define la erosión costera como la pérdida de terrenos ocasionada principalmente por la invasión del mar.

La erosión costera es un problema de suma importancia ya que compromete la capacidad de las zonas costeras para actuar como defensas de primera línea contra inundaciones, tsunamis y mares agitados (Isobe, 1998). Afecta una parte importante de la zona costera: las playas, que son depósitos no consolidados de arena y grava o algún otro sedimento, que se distribuyen a lo largo de todo el litoral, abarcando aproximadamente el 40% de las costas del mundo (Moreno, 2005) y constituyen un paisaje muy dinámico, que se encuentra en constante movimiento gracias a la acción del viento, las mareas, las tormentas, la arena, las olas; los médanos se mudan, el mar avanza y retrocede, todo lo cual genera cambios en la morfología costera (Manfrendi, 2015).

La erosión costera puede darse de una manera natural o puede ser ocasionada por la intervención del hombre. Dentro de las causas naturales se puede mencionar al aumento del nivel del mar, ya que esto permite que las ondas de alta energía lleguen más lejos, por encima de la playa, alterando la morfología costera (Allan & Komar, 2006), (Leatherman, Zhang & Douglas, 2000).

Sin embargo, a pesar de que la erosión costera es un fenómeno natural, dicho proceso puede acentuarse gracias a la intervención del hombre, principalmente mediante la urbanización de las playas, interfiriendo de esta manera con el ciclo médano – playa (Ferrari, 2012). Según Gerardo Perillo, investigador superior de Conicet y del Instituto Argentino de Oceanografía, una de las peores cosas que se pueden hacer en la costa, es forestar o hacer construcciones sobre los médanos, especialmente sobre el médano frontal, ya que este sirve como almacén de arena para la playa y si se elimina el médano, la playa se queda sin su reposición de arena cuando hay una tormenta (Prensa Argentina, 2012). Asimismo, otras acciones por parte del hombre, que pueden ocasionar la erosión de las playas son: la extracción de sedimento de las playas, así como la instalación de estructuras costeras que servirán como mecanismo de defensa contra el oleaje y que buscan la recuperación de las playas (Leceta, 2009). Sin embargo, no siempre se da de esta manera, por ejemplo, en la región de Aruba la recuperación de las playas después de haber colocado diferentes estructuras costeras, fue nula o en el mejor de los casos mínima, principalmente porque solo se buscó satisfacer necesidades inmediatas sin tener en cuenta los efectos colaterales en sectores adyacentes (Correa & Vernet, 2004).

Todas estas acciones, sumadas con la tendencia a considerar la zona costera como un medio estático y estable a lo largo del tiempo, han conducido a olvidar lo frágil que dicha zona puede ser (D'Amico, 2009), lo que ha traído como consecuencia el aumento de la erosión costera en los últimos años, a tal punto que aproximadamente el 70 % de las costas en el mundo se encuentran afectadas por este fenómeno costero, ya sea natural o inducido por el hombre (Hegde, 2010). Así, en Europa aproximadamente 2000 kilómetros de la costa han sido afectados por la erosión (Comisión Europea, 2005) y en Latinoamérica, se prevé que, a causa de la erosión costera, para el 2040 las playas que se encuentran en el Golfo de México habrán retrocedido aproximadamente 8 metros y para los 30 años siguientes, la línea de costa habrá retrocedido 16 metros (Cepal, 2012).

La costa del Perú no es ajena a la erosión costera, siendo los más afectados aquellos grupos humanos que suelen asentarse en las bahías, cerca al mar (Cooperación, 2009). Su morfología cambiante se observa en la discordancia de los diferentes estudios para calcular su dimensión: según Petersen (1972), la costa peruana posee 2815 kilómetros; para Morón (2000), la línea costera peruana consta de 1200 mn; pero datos más actuales muestran que el litoral peruano se extiende a lo largo de toda la costa por 3080 kilómetros (Sánchez, 2010; Ministerio de Ambiente, 2016; Pérez, 2017).

Los efectos de la erosión costera se han evidenciado en diferentes estudios, así se ha corroborado en base a imágenes satelitales, que, desde Tumbes hasta la Bahía de Paracas, el retroceso de la línea de costa tiene como causa a la erosión costera (Polar, 2016). Los procesos erosivos también se han hecho evidentes en las playas trujillanas de Buenos Aires y Las Delicias, en donde hasta el 2014 ya se habían perdido 8 kilómetros de playa, ocasionando que aproximadamente 700 familias pierdan sus viviendas (Paz, 2014). Y en lo que se refiere al departamento de Lambayeque, según el mapa de las regiones hidrobiológicas del Perú, éste pertenece a la región que presenta la tasa erosiva más alta (SENAMHI, 2017); la playa de Santa Rosa se encuentra afectada por este fenómeno costero, específicamente a la altura del terminal pesquero; de la misma forma, la playa de Pimentel muestra signos de encontrarse afectada por la erosión costera, y es que 1 kilómetro de dicha playa necesita ser sometido a un proceso de reversión para lograr el arenamiento necesario (Vega, 2016); también la playa de Chérrepe, se encuentra afectada por la erosión costera, pues su patrón de sedimentación que hasta el 2011, indicaba acreción de arena entre noviembre y marzo, y erosión entre abril y octubre de cada año, se ha perdido a partir del 2012, ocasionando la alteración en la dinámica costera de la playa (Carbajal et al, 2014). De esta manera, surgió la necesidad de realizar estudios orientados a conocer el comportamiento de las playas de Lambayeque y establecer como se presenta el fenómeno de la erosión costera.

Sobre la base de estas consideraciones, se ha ejecutado la presente investigación titulada “Variación temporal del perfil de las playas de Chérrepe y Pimentel causada por la erosión costera, entre enero-diciembre 2016”, cuyos objetivos fueron: determinar la variación mensual y estacional del perfil de las playas de Chérrepe y Pimentel y determinar la variabilidad estacional de dichos perfiles de playa ; para lo cual se planteó el problema: ¿Cuál es la variación del perfil de las playas de Chérrepe y Pimentel causada por la erosión costera durante el período enero - diciembre 2016? y formulándose la hipótesis: Las playas de Pimentel y Chérrepe varían en su perfil durante el tiempo de estudio, ocasionando que la amplitud de la playa se modifique a causa de la erosión costera; utilizándose, para su comprobación, el diseño de contrastación de una Sola Casilla y de Expost-facto.

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

Para establecer si una playa está siendo afectada por la erosión costera, se han realizado diferentes estudios, en cada uno de los cuales se han aplicado diversas metodologías, las mismas que han permitido obtener los resultados necesarios para establecer un diagnóstico sobre la playa estudiada, y de encontrarse afectada por procesos erosivos, en algunos casos, también se ha podido determinar las causas que dan origen al desarrollo de la erosión costera.

Mediante un análisis de fotointerpretación, se estudió la reducción que sufrió la playa de Mazagón, España desde 1956 hasta 1994, estableciéndose la existencia de dos zonas con tendencias evolutivas diferentes, una de las cuales es claramente erosiva durante todo el periodo de estudio. De la misma manera, durante un año, se levantaron perfiles topográficos en tres estaciones de muestreo, verificándose que en la estación 3 el retroceso de la playa fue de 3 metros y en la segunda estación, en cambio, fue de 14 metros. (Ballesta, Morales & Acosta, 1998).

Aplicando la metodología de fotografías aéreas en el Rio San Pedro, Campeche – Tabasco, ubicado en México, se verificó el retroceso que la erosión costera ocasionaba, concluyendo que, en el primer periodo de estudio, que duró treinta años, el retroceso fluctuó entre 4 y 10 metros y para el segundo periodo, que duro cinco años, el retroceso se encontraba entre 1 y 17 metros (Ortiz, 1992).

La zona costera de Tabasco fue objeto de otro estudio, pero en esta ocasión se utilizaron hojas cartográficas para poder digitalizar la información planimétrica de la zona, habiéndose determinado la presencia de procesos erosivos en base al retroceso que las playas pudieron haber sufrido, clasificándolos en retrocesos costeros máximos (entre 9 y 11 metros por año), retrocesos intermedios (entre 4 y 7 metros por año) y retrocesos débiles (entre 0,7 y 0,25 metros por año). Durante el estudio fue la erosión costera de

carácter intermedia la que más se observó (Hernández, Ortiz, Méndez & Gama, 2008).

La variación en el perfil de playa que sufrió la zona costera de Cancún y La Riviera Maya a causa de la erosión, se determinó gracias a las imágenes aéreas que se obtuvieron de la zona, además de la información recogida de las visitas realizadas al área de estudio. Se confirmó la erosión en las playas de Cancún y se planteó la hipótesis de que la aparición de dicho fenómeno costero, se debió al exceso entre la cantidad de sedimento que sale sobre la cantidad de sedimento que entra en la playa. En el caso de la Riviera Maya, se observó la reducción del ancho de las playas, específicamente en Punta Sur, a causa de la erosión la cual se presume que es ocasionada por el aumento de las construcciones que se realizan en las playas (Aldana, Ramírez, Godínez Cruz & Juárez, 2009).

En la región nororiental de Cuba (Camagüey, Las Tunas, Holguín, Guantánamo), se han registrado 139 playas, de las cuales 99 fueron estudiadas mediante el uso de mapas topográficos, teodolitos, además del monitoreo del perfil de playa y de la variación de la línea de costa durante un periodo de 14 años, para poder determinar la presencia de procesos erosivos los cuales según su magnitud fueron clasificados en bajos, moderado e intensos. Bajo esta modalidad de las playas estudiadas, 58 se encontraron afectadas por la erosión costera, concentrándose la mayoría en la región de Holguín; en cuanto a la magnitud, en las playas predominó la erosión costera moderada (Rodríguez & Córdova, 2006).

Bajo esta misma modalidad, pero centrando como zona de estudio el litoral de Holguín, en donde fueron registradas 47 playas, 30 se encontraron afectadas por procesos erosivos que fueron causados por factores naturales, antrópicos y por la combinación de ambos. Asimismo, teniendo en cuenta la magnitud de la erosión, en las playas afectadas, predominó la erosión costera moderada (Rodríguez, Córdova, Franco & Rueda, 2009).

Para determinar la variación que sufre la morfología costera en Cayo Moa Grande, Bahía de Moa, se usaron fotografías aéreas y también técnicas de cartografía digital, teniendo como herramienta un sistema de información geográfica. Para medir la variación de la línea de costa, se buscó como indicador el trazo de pleamares y la tasa de variación se calculó dividiendo la distancia entre las líneas de costa en los diferentes años sobre el periodo de años. Reportando que fue en la parte occidental, la cual fue dividida en dos sectores, donde la erosión se hizo presente, con un retroceso de 4,22 metros por año, en el primer punto y de 4,67 metros por año, en el segundo punto (Cervantes, Almague, Pierra, Orozco & Gursky, 2009).

El cambio que sufrió la playa El Espino - El Salvador fue registrado por Paneque y Mayorga (2012), ellos utilizaron imágenes satelitales y aéreas de la zona. Además, levantaron perfiles de playa y utilizaron el software BMAP versión 2.0, el cual permite modelar las características morfológicas y dinámicas de un perfil de playa, lográndose procesar dichos datos. Con la información obtenida bajo esta metodología se puede observar la irreversible tendencia erosiva que presenta la playa, ya que en 30 años retrocedió 2 metros cada año y en los 30 años siguientes el retroceso costero fue de 3 metros por año.

Conforme ha transcurrido el tiempo, los estudios sobre la erosión costera en Sudamérica, han ido aumentando y gracias a esto, es que se puede constatar que los procesos erosivos en esta parte del continente, son cada vez más notorios.

En el balneario Mar Chiquita, Buenos Aires - Argentina, para registrar el retroceso de la línea costera, se tuvo en cuenta información del periodo 1949-2007 y se emplearon imágenes aéreas, teniendo como indicador la línea de pleamar; concluyendo que, si bien la erosión costera se hizo presente, la magnitud de ésta fue disminuyendo con el pasar del tiempo, ya que en un principio la línea de costa retrocedía 17 metros por año y para el final del

estudio, el retroceso de la línea costera era de 1 metro por año (Merlotto & Bertola, 2009).

Al estudiar la zona costera de los balnearios Mar Azul, Balneario Soleado, Balneario Caribe, Balneario Los Históricos y Balneario Bucaneros mediante la ubicación de tres perfiles transversales en cada playa, se pudo obtener como resultado que el balance más negativo se encontró en el Balneario Soleado, con una tasa erosiva de 18,058 metros cúbicos (Bértola, Farenga, Cortizo & Isla, 1999).

Cabe destacar que la tendencia a considerar la zona costera como un medio estático y estable a lo largo del tiempo, ha conducido a desestimar su fragilidad. Muchas urbanizaciones costeras, entre ellas y en mayor medida aquellas que han surgido con fines turísticos, se han constituido sin considerar dicha condición, persiguiendo ciertos intereses (privilegiando a ciertos sectores económicos) que actuaron en detrimento de las condiciones ambientales iniciales de determinados lugares (D'Amico, 2009). Así, en la playa La Balconada, que forma parte del Balneario La Paloma (Uruguay), el avance de los asentamientos humanos ha producido importantes transformaciones en la dinámica costera. Esto se pudo comprobar al analizar la estabilidad a lo largo de la playa, mediante el uso de fotografías aéreas, además de la implementación del modelo SBEACH, lo que sumado a los 10 relevamientos topográficos de perfiles transversales que se efectuaron en la zona de estudio, sirvió para calcular el retroceso medio de la costa, el cual fue de 53 metros (Piedra, 2006). Comprobando así que la invasión o alteración de la franja obstaculiza la dinámica natural de oscilación del perfil transversal de las playas, rompiendo por tanto, su equilibrio (Ibarra & Belmonte, 2017).

La playa South West se ubica en La Providencia, Colombia y para su estudio fue dividida en tres zonas: norte, centro y sur, siendo que la erosión se hizo presente en la zona central y sur; lo que se demostró gracias a que los datos obtenidos durante 15 años, fueron ingresados en el programa PROFANA para

graficar el perfil de la playa, complementándose con las imágenes satelitales de la zona, para comprobar la reducción tanto en el ancho como en el área de la playa (Sierra, 2015).

Durante el evento El Niño de 1982-1983, en el sector de Punta Gorda, Esmeraldas (Ecuador), mediante el uso de GPS, distanciómetro de geodesia laser y fotografías aéreas tomadas durante 1971-1983, se calculó que la tasa promedio en el retroceso de la línea costera osciló entre 1,5 – 2,3 metros por año (Santana, Dumont & King, 2001).

La costa chilena, al encontrarse en una zona altamente sísmica, es muy propensa a sufrir la reducción de sus playas a causa de la erosión costera, como consecuencia de los terremotos o algún otro fenómeno que ahí se puede dar. Así, en Punta Lavapie, Llico y Playa Lebu, se pudo observar, después de haber realizado levantamientos topográficos, que el ancho de las playas se redujo notoriamente después del terremoto del 27 de febrero del 2010; además, en algunas zonas, los requeríos que estaban bajo el agua, fueron descubiertos después del evento sísmico (Jaramillo, Manzano, Morales y Velásquez, 2012). Después de ese mismo terremoto, se pudo observar en otras 4 playas chilenas (Cahuil, Punta de Lobos, Infiernillo y Chorrillos), que el área de las mismas disminuyó notoriamente a causa de la erosión costera (Soto, Arriagada, Castro, Ibarra & Rodolfi, 2015).

En el 2011, utilizando la metodología propuesta por la UNESCO (2012), se trabajó en el Balneario Tres Hermanos, Añasco, Puerto Rico, evaluando y monitoreando el perfil de la playa durante los meses de septiembre, octubre y noviembre; visualizando durante el último mes, la inclinación en la pendiente del perfil, así como la reducción en el ancho de la playa a causa de la erosión costera (Peña, 2011).

En el Perú, para determinar la magnitud de la erosión en las playas trujillanas Las Delicias y Buenos Aires, se trabajó con fuentes bibliográficas y con datos que fueron obtenidos de las tres estaciones que se ubicaron en cada una de las playas, además se realizaron transectos perpendiculares a la línea de

costa y observaciones sobre las características topográficas de la zona; determinándose que entre 1976 y 1997 el promedio de erosión en las playas fue de 7 metros por año, observándose también que la erosión trajo consigo la modificación en el substrato de la playa ocasionando la desaparición de las comunidades bentónicas en dichas playas. (Veneros, Icochea, Bocanegra, Ywanaga & Bopp, 2012).

Un nuevo estudio, para determinar el impacto que generó la erosión costera sobre la zona litoral de Buenos Aires, fue realizado utilizando mapas obtenidos de Google Earth, documentos proporcionados por la municipalidad distrital y la matriz de interacción (causa-efecto) Leopold, modificada para interpretar los datos, dividiendo el área de estudio en zona A y zona B, encontrándose que en la primera ocurrió el impacto negativo más significativo ocasionado por la erosión costera, con un valor de -70 indicando un proceso erosivo de magnitud moderada (Guerrero et al, 2014).

Tavares y Drenkam (2010), estudiaron la zona costera de Chicama – Puemape, trabajando con datos de un periodo de 45 años, para lo cual hicieron uso de información cartográfica que tuvo como soporte el Sistema de Información Cartográfica (SIG) Arc GIS Info 9.2 ESRI; concluyendo que aproximadamente el 10 % de la línea de costa sufrió un retroceso por la erosión, la cual no se pudo atribuir a las actividades humanas ya que su influencia en el área de estudio fue mínima.

El Ministerio del Ambiente monitoreó la línea de costa de Pimentel, obteniendo información perteneciente a los años 2007, 2009, 2011, 2014, 2015 y 2016, concluyendo que dicha playa presenta, mayormente, zonas con erosión alta y moderada, siendo pocos los puntos donde la playa se encuentra estable. De la misma manera, en la playa de Santa Rosa, trabajando con datos pertenecientes a los años 2009 y 2016, también se encontraron puntos afectados por la erosión, pero la magnitud de esta solo fue moderada (Ministerio del Ambiente, 2019).

El perfil de la playa en Chérrepe, se ha visto alterado ya que, hasta el verano del 2011, se podían observar patrones estacionales de sedimentación en la playa, que indicaban acreción de arena entre noviembre – marzo y erosión entre abril – octubre de cada año. Sin embargo, desde el verano del 2012, dicho patrón se ha perdido, en los veranos la playa aparece descubierta, mostrando amplios roqueríos; cambio que dará origen a la variación del perfil de playa (Carbajal et al, 2014). Desde enero del 2016, se ha observado que la playa arenosa de la zona norte de la caleta, muestra un rápido proceso erosivo, que equivale a la pérdida de alrededor de 5 m de playa, afectando el acceso terrestre a la playa (Carbajal, Villar, Requejo, Campos & Palomino, 2016).

2.2 Bases teóricas

- Erosión: retroceso de la línea de costa que conlleva a la reducción de la playa (Posada & Henao, 2008).
- Acreción: avance de la línea de costa que ocasiona el aumento de las dimensiones de la playa (Posada & Henao, 2008).
- Perfil de playa: este indicador está definido como una medición exacta de la pendiente, área y ancho de la playa que, cuando se repite a lo largo del tiempo muestra como la playa sufre algún proceso de erosión o acreción (Navarrete, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

La zona costera de Lambayeque, presenta aproximadamente un frente costero de 145 kilómetros. Morfológicamente, las playas están divididas por tipos de relieve predominante: playas bajas de arena al norte de la desembocadura del río Reque y playas de acantilado, arena o canto rodado al sur (Gobierno Regional de Lambayeque, 2013).

3.1.1 Playa Chérrepe

La playa de Chérrepe se ubica en el límite sur del departamento de Lambayeque, entre los límites de Lambayeque y La Libertad ($07^{\circ}10'27''$ S y los $79^{\circ}41'18''$ O), presentando sustrato blando, así como también sustrato rocoso (Murillo, 2014). La zona sur está formada por una punta rocosa y durante la marea baja se observa una orilla rocosa de poca pendiente expuesta a la acción de las olas. Al centro, la playa se proyecta en forma de media luna 200 metros hacia el norte. La playa es arenosa, pero aun así presenta formaciones rocosas, proyectándose hasta 150 metros mar adentro permaneciendo los $2/3$ últimos sumergidos aun cuando la marea está baja. En estas salientes rocosas se observan parches de microalgas, principalmente algas verdes. La zona norte se prolonga en una playa en semiluna de aproximadamente 3 km, en cuya parte central se encuentra una formación rocosa con algas (Carbajal, Castañeda, Galán, Ramírez & De la Cruz, 2005).

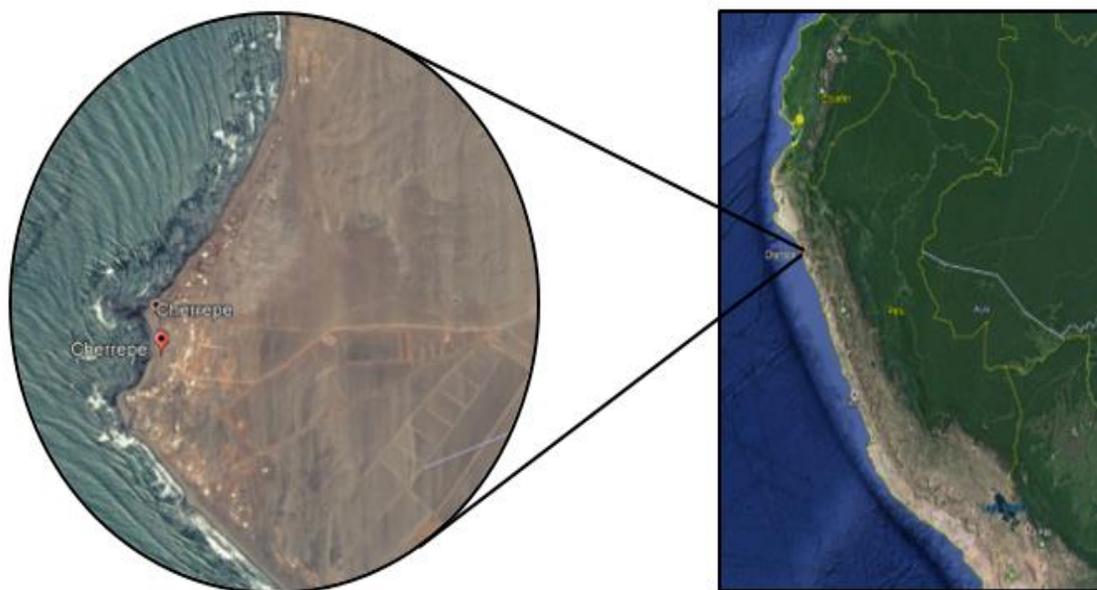


Figura 1. Ubicación de la Playa de Chérrepe

FUENTE: GOOGLE EARTH

3.1.2 Playa Pimentel

Pimentel es considerado actualmente como uno de los mejores balnearios del norte, pues forma parte de los centros urbanos que se encuentran dentro del área de influencia de la ciudad de Chiclayo, ya que contribuye al desarrollo de actividades relacionadas como el turismo y recreación, convirtiéndose en una de las principales atracciones de la región. Se encuentra ubicado al sur oeste, entre las Caletas de San José y Santa Rosa, a 13 kilómetros de la ciudad de Chiclayo. Su territorio tiene una extensión de 60.70 km² (Collantes & Mayhua, 2016).

El clima del distrito de Pimentel es considerado como desértico subtropical árido, esto debido a que las escasas precipitaciones condicionan el carácter semidesértico y desértico de la franja costera. La temperatura máxima anual es de 28,27 °C, mientras que la temperatura mínima anual es 15,37 °C. En la parte norte, el terreno es cruzado por el dren que se encarga de llevar las aguas servidas desde la ciudad hasta el mar (Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI PNUD, 2003).

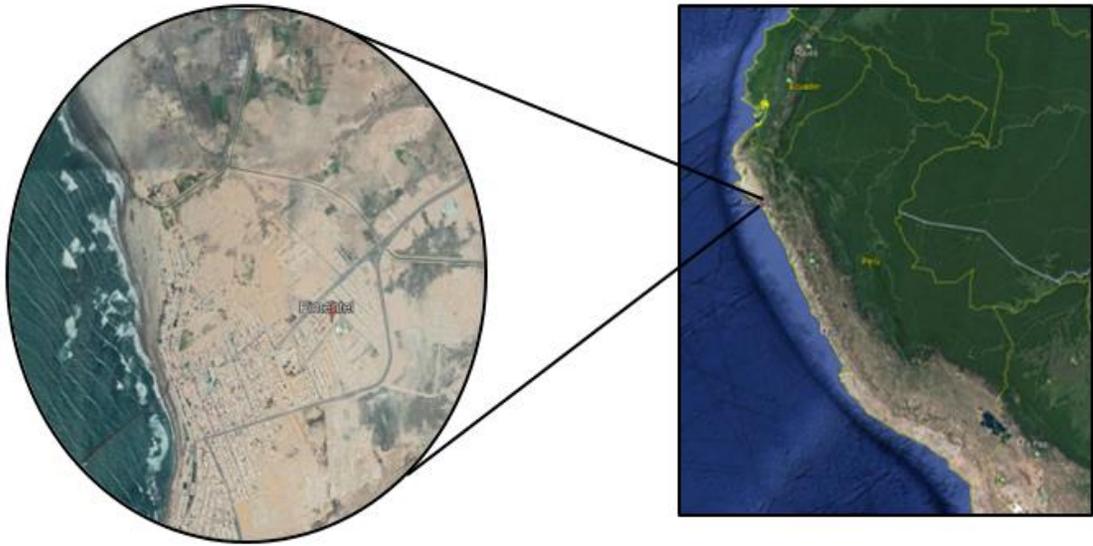


Figura 2. Ubicación de la playa de Pimentel.

FUENTE: GOOGLE EARTH

3.2 Metodología

3.2.1 Trabajo de campo

Para poder obtener el perfil de ambas playas, se ubicaron dos estaciones de muestreo en cada una de ellas: Estación 1 y 2, para la playa Chérrepe (Figura 3) y de la misma manera dos estaciones (1 y 2) para la playa Pimentel (Figura 4).



Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo en la playa de Chérrepe.



Figura 4. Ubicación de las estaciones de muestreo en la playa de Pimentel.

Después de haber ubicado los puntos de referencia en cada una de las playas (Figuras 3 y 4), se aplicó la metodología propuesta por la UNESCO (2012), la misma que se realizó de la siguiente manera:

Primero se ubicaron los puntos de referencia y luego en cada uno de ellos se midió la distancia vertical hasta el nivel del suelo, haciendo uso de una cinta métrica. En ese mismo punto, se midió la altura visual del observador y dicha medida se marcó en un jalón (vara vertical usada para medir ángulos de inclinación). Acto seguido, el observador se colocó en el punto de referencia y haciendo uso del nivel Abney se encargó de registrar su altura visual, la misma que ya se encontraba marcada en el jalón (Anexo I y II). Previamente, el jalón ya se había ubicado de manera vertical, en donde la playa sufrió un cambio en su pendiente. Luego se midió la distancia a la que se encontraba el observador del jalón.

Después de haber calculado la distancia entre el jalón y el observador, este último se colocó en el lugar ocupado por el jalón, el cual paso a ser ubicado en donde la playa sufría un nuevo cambio en su pendiente, y a partir de esto se repetirán los pasos anteriores. El proceso concluyó cuando la playa dejó de presentar cambios en su pendiente, por lo que se dio paso a medir el perfil de la playa en la siguiente estación de muestreo.

3.2.2 Procesamiento de datos

Los datos que fueron obtenidos después de haber aplicado la metodología antes descrita (nombre de la playa, fecha, distancias horizontales y verticales, la altura visual, ángulos de inclinación), fueron registrados en un formato de campo (Anexo IV) y luego fueron ingresados en el programa PROFILE, el cual se encargó de graficar el perfil de playa en cada una de las estaciones de muestreo.

Es muy importante mencionar que los muestreos se realizaron mensualmente en cada una de las playas, teniendo en cuenta la información de las tablas de mareas brindada por la Dirección de Hidrografía y

Navegación (2016), buscando siempre trabajar con la marea baja de tal forma que se pudo medir el perfil de una manera más fácil.

Para determinar diferencias significativas entre los perfiles de playa de las estaciones de muestreo de Chérrepe y Pimentel, respecto al área y ancho, se aplicó el ANAVA con un 95 % de confianza.

IV. RESULTADOS

4.1 Perfil de playa Chérrepe

El perfil de playa se cuantificó en base a dos parámetros: el área y el ancho, los cuales fueron obtenidos después de que el programa PROFILE, procesara los datos registrados durante los muestreos realizados en la playa de Chérrepe.

4.1.1. Área del perfil de playa en Chérrepe.

4.1.1.1. Variación mensual

Los valores del área del perfil de playa mostraron que las dimensiones fueron mayormente superiores en la estación 2 en comparación con la estación 1 (Tabla 1).

En la estación 1, se observa, de manera general, que el área del perfil fue disminuyendo desde enero a junio, mes en el cual presentó la menor área (37.975 m²); luego, a partir de julio empezó la recuperación del área hasta alcanzar su valor más alto en el mes de diciembre (61.763 m²) (Tabla 1).

En la estación 2, el área del perfil se incrementó desde enero a abril, donde alcanzó su nivel más alto (198.304 m²), descendió bruscamente en junio (96.827 m²), siendo julio, nuevamente el mes en el que el área del perfil se recuperó. En general, a partir de agosto los valores fueron menores a los registrados en el primer semestre (Tabla 1).

Tabla 1. Área mensual del perfil de playa en la playa de Chérrepe (m²).

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2
ENERO	57,186	164,730
FEBRERO	59,068	173,191
ABRIL	51,229	198,304
JUNIO	37,975	96,827
JULIO	60,216	164,704
AGOSTO	46,825	148,350
SEPTIEMBRE	50,195	152,546
OCTUBRE	59,606	148,272
NOVIEMBRE	50,667	136,011
DICIEMBRE	61,763	148,783

El análisis de varianza permitió comprobar la existencia de diferencias significativas entre las áreas promedio de los perfiles de las estaciones de muestreo 1 y 2 (Tabla 2).

Tabla 2. Área promedio del perfil de playa en Chérrepe. 2016

Estación	Área promedio	Desviación estándar	Grupo	p-valor
ESTACIÓN 1	53,473000	7,490250	A	0.000
ESTACIÓN 2	153,171800	26,332084	B	

p < 0.05

4.1.1.2. Variación estacional

Estacionalmente, se observa que en la estación 1 durante el verano el área es mayor (58,127 m²), disminuyendo en otoño donde alcanza su valor más bajo (44,602 m²) e invierno, para finalmente recuperarse en primavera, aproximándose al valor del área del verano (Tabla 3).

En la estación 2, la variación estacional del área presentó la alternancia de valores altos y bajos; el valor fue más alto se observó en verano (168,961 m²), disminuyó en otoño, aumentó su valor en invierno y nuevamente decayó en primavera, donde presentó el valor más bajo (144,355 m²) (Tabla 3).

Tabla 3. Área estacional del perfil de playa en la playa de Chérrepe.

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2
Verano	58,127	168,961
Otoño	44,602	147,566
Invierno	52,412	155,200
Primavera	57,345	144,355

4.1.2 Ancho del perfil de playa en Chérrepe.

4.1.1.1 Variación mensual

Los valores del ancho del perfil de playa mostraron, en general, que las dimensiones de la estación 2 duplicaron a los de la estación 1 (Tabla 4).

El ancho del perfil en la estación 1, durante los meses de enero a abril, julio y diciembre alcanzó valores superiores a 30 m; lo contrario fue observado en los meses restantes, siendo el mes de junio el que presentó el valor más bajo del período de estudio (18,921 m). En general, se observa la tendencia de valores mayores a 30 m entre diciembre y abril (Tabla 4).

En la estación 2, el ancho del perfil alcanzó los más altos valores entre enero y abril, por encima de 60 m; mientras que los meses restantes ocurrió lo contrario, siendo el mes de junio donde se registró el menor valor (33,863 m). El mayor valor (74,792 m), se observó en abril (Tabla 4).

Tabla 4. Ancho mensual del perfil de playa en la playa de Chérrepe (m).

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2
ENERO	30,310	61,098
FEBRERO	32,468	64,510
ABRIL	31,702	74,784
JUNIO	18,921	33,863
JULIO	31,311	57,748
AGOSTO	24,873	48,115
SEPTIEMBRE	23,781	50,758
OCTUBRE	28,520	51,418
NOVIEMBRE	24,339	46,653
DICIEMBRE	31,133	49,106

A través del análisis de variancia, se evidenció que existen diferencias significativas entre los anchos promedio de los perfiles de playa de las estaciones 1 y 2 (Tabla 5).

Tabla 5. Ancho promedio del perfil de playa Chérrepe, 2016.

Estación	Ancho promedio	Desviación estándar	Grupo	p-valor
ESTACIÓN 1	23,735800	4,506341	A	
ESTACIÓN 2	53,783800	11,271155	B	0.000

p<0,05

4.1.2.2 Variación estacional

El análisis estacional del ancho del perfil de playa en la estación 1, señala que su mayor valor ocurrió en verano (31,389 m), en cambio, en otoño se presentó el menor valor, para de ahí incrementarse paulatinamente durante las estaciones de invierno y primavera, pero sin alcanzar el valor de verano (Tabla 6).

En la estación 2, el decrecimiento del ancho del perfil de playa ocurrió, sucesivamente desde el verano, cuando alcanzó su máximo (62,804 m), hasta primavera, cuando se registró el valor más bajo (49,473 m) (Tabla 6).

Tabla 6. Ancho estacional del perfil de playa en la playa de Chérrepe.

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2
VERANO	31,389	62,804
OTOÑO	25,312	54,328
INVIERNO	26,655	52,147
PRIMAVERA	27,997	49,047

4.1.3 Perfil de playa en la playa de Chérrepe.

El análisis del perfil de playa durante las cuatro estaciones del año permite señalar que en la estación 1 se presenta un tramo de ligera ascendencia hasta los once metros de ancho en las estaciones de verano y otoño (Figuras 5A y 5B), un segundo tramo que tiene una pendiente muy pronunciada hasta los 20 metros en verano, y hasta los 15 - 18 metros en otoño, mientras que el tercer tramo presenta una suave pendiente hasta el final del ancho del perfil. En cambio, en invierno y primavera (Figuras 5C y 5D), el perfil presenta dos tramos: uno de ascendencia suave hasta los 10 metros de ancho y un segundo tramo con declive moderado en invierno y más pronunciado en primavera. En general, la tendencia de las curvas es muy similar entre invierno y primavera, sin embargo, la inclinación es alta en todas las estaciones del año (hasta 33 m).

En la estación 2, la inclinación del perfil de playa es suave en verano (Figura 6A) (hasta un poco más de 60 m), mientras que, durante otoño (Figura 6B), en abril la inclinación es fuerte (30 – 40 m) y en junio es suave (más de 70 m). En invierno y primavera (Figuras 6C Y 6D) la pendiente de todo el perfil es moderadamente más pronunciada, entre 50 y 60 m (Figura 6). Al igual que en la estación 1, en general, la tendencia de las curvas es muy similar entre invierno y primavera.

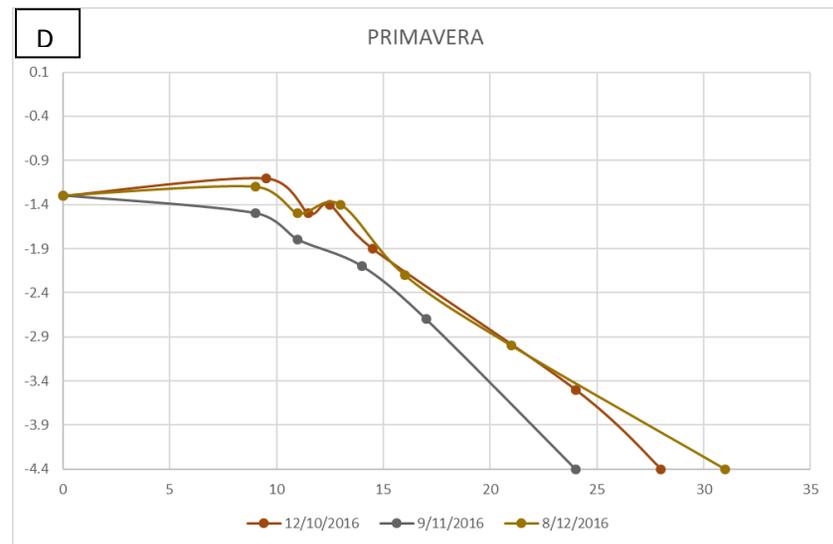
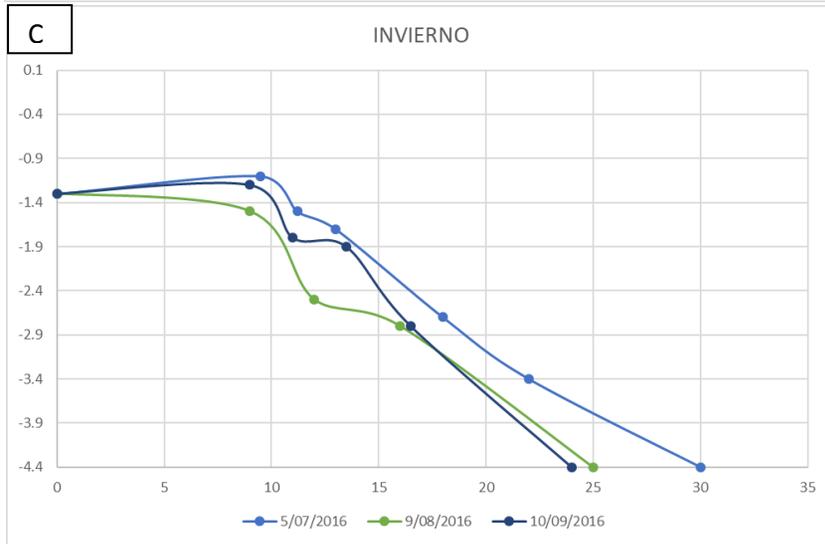
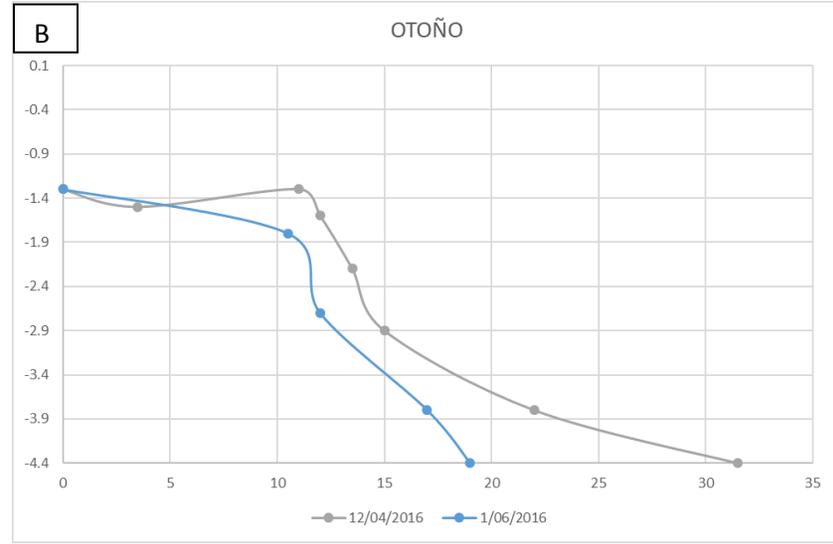
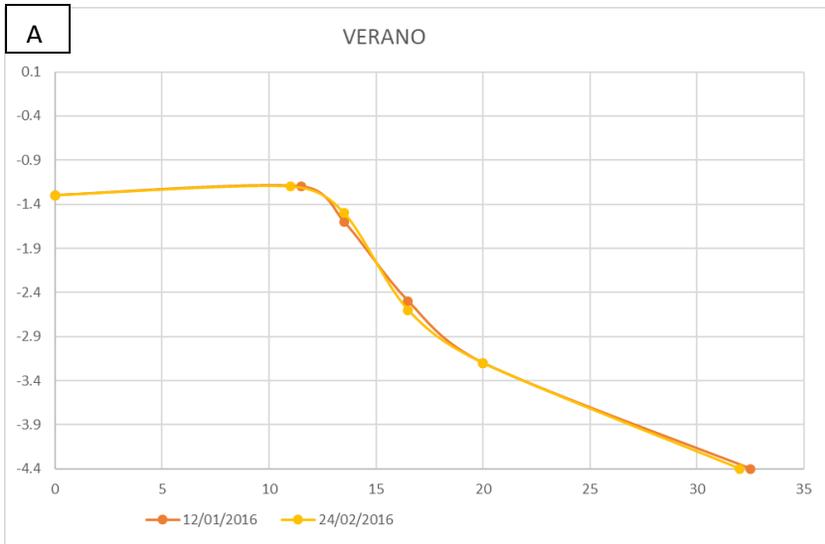


Figura 5. Variación estacional del perfil de playa en la estación 1, Chérrepe.

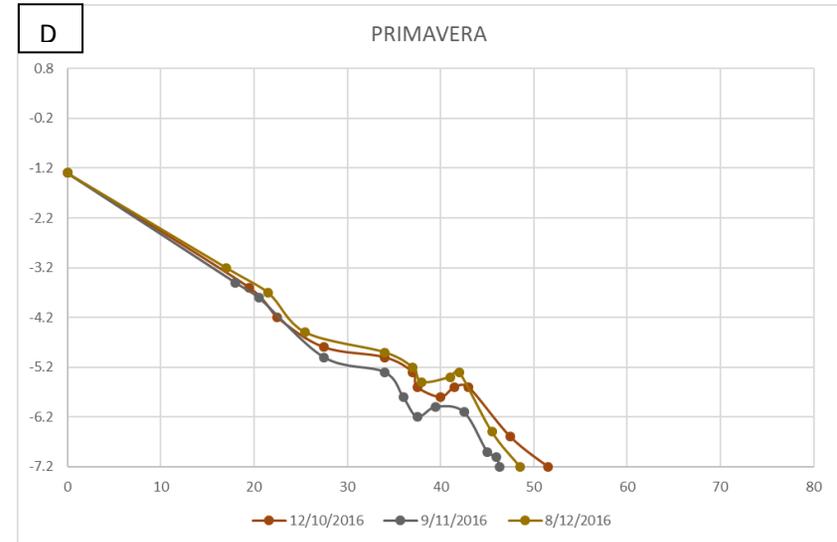
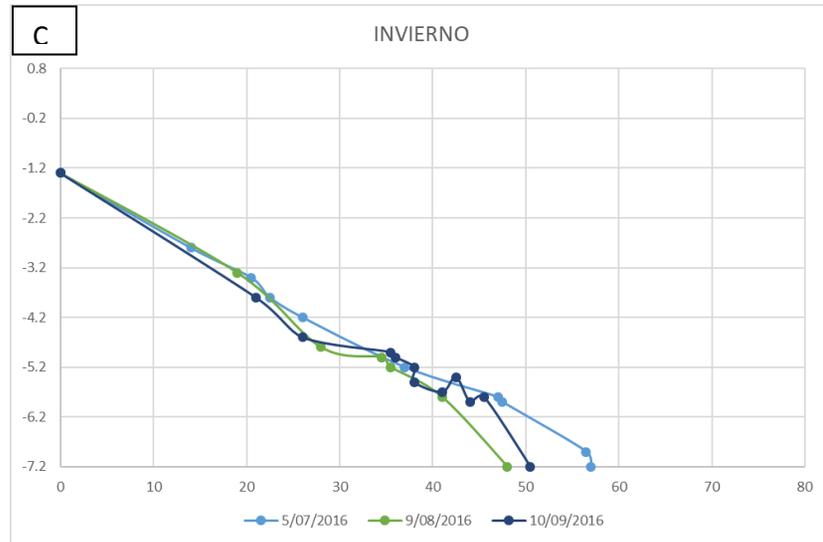
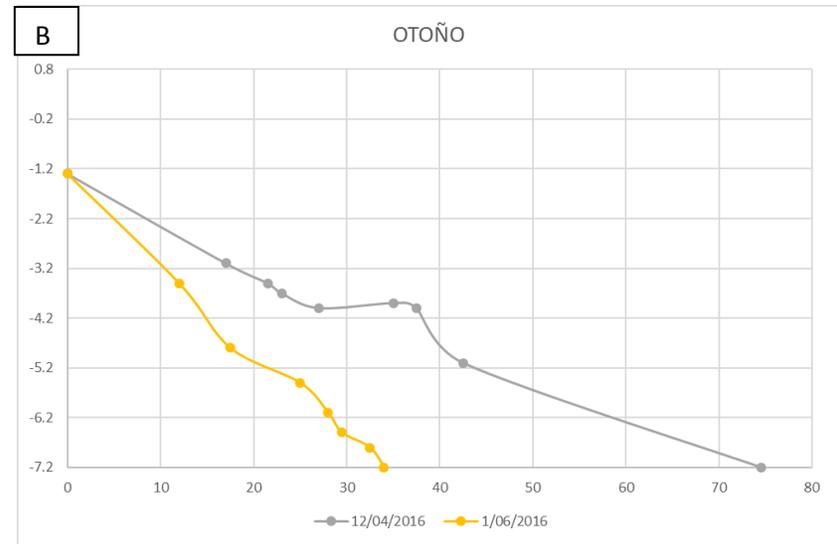
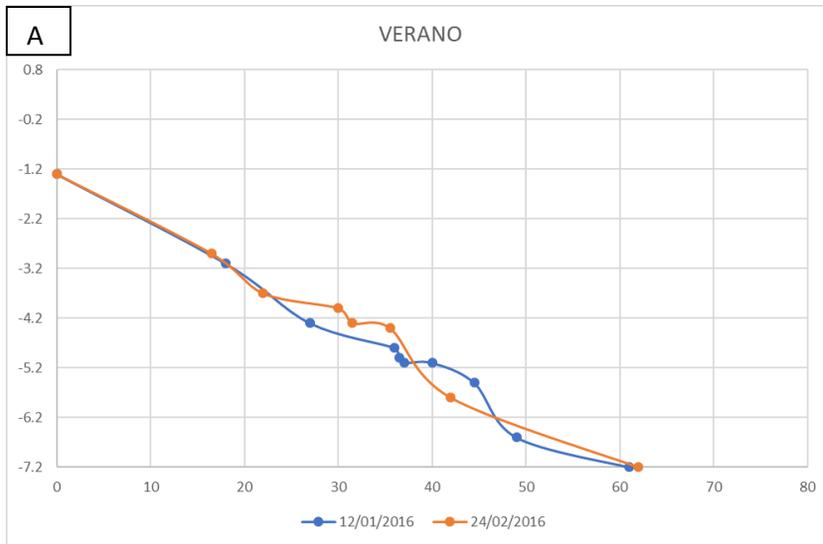


Figura 6. Variación estacional del perfil de playa en la estación 2, Chérrepe.

4.2 Perfil de la playa de Pimentel

El perfil de playa se cuantificó en base a dos parámetros: el área y el ancho, los cuales fueron obtenidos después de que el programa PROFILE, procesara los datos registrados durante los muestreos realizados en la playa de Pimentel.

4.2.1 Área del perfil de playa en la playa de Pimentel.

4.2.1.1. Variación mensual

Las áreas del perfil de playa de Pimentel en las estaciones 1 y 2, no mostraron un patrón definido, observándose los mayores valores en la estación 2, hasta 213.5 m² (Tabla 7).

El área del perfil de playa de la estación 1, se incrementó notoriamente de enero a febrero, mes en el que alcanzó el máximo valor (195,216 m²), descendió bruscamente de abril a junio donde alcanzó su nivel más bajo (99,495 m²), para de ahí incrementarse desde julio a setiembre y, nuevamente descender de octubre a diciembre (Tabla 7).

El área del perfil de playa en la estación 2, también aumentó de enero a febrero, descendió a su nivel más bajo en abril (80,780 m²), ascendió durante los meses junio y julio, siendo en este último cuando alcanzó la mayor área (213,558). Los valores descendieron nuevamente en agosto y setiembre, y finalmente se incrementaron paulatinamente desde octubre a diciembre (Tabla 7).

Tabla 7. Área del perfil de playa en la playa de Pimentel (m²).

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2
ENERO	113,413	96,938
FEBRERO	195,216	128,785
ABRIL	107,037	80,780
JUNIO	99,495	126,484
JULIO	176,264	213,558
AGOSTO	162,617	203,873
SEPTIEMBRE	179,815	117,017
OCTUBRE	135,319	142,716
NOVIEMBRE	112,284	170,955
DICIEMBRE	132,382	187,911

El análisis de varianza, estableció que no existen diferencias significativas entre las áreas promedio de los perfiles de playa de las estaciones de muestreo 1 y 2 (Tabla 8).

Tabla 8. Área promedio del perfil de playa en Pimentel, 2016.

Estación	Área promedio	Desviación estándar	Grupo	p-valor
ESTACIÓN 1	141,384200	34,518421	B	0.679
ESTACIÓN 2	146,901700	45,305480	B	

p>0,05

4.2.1.2 Variación estacional

Estacionalmente, se observa que en la estación 1, el área disminuyó de verano a otoño, estación donde alcanza su menor valor (103,266 m²), aumentó en invierno alcanzando la mayor área (172,899 m²) y disminuyó nuevamente en primavera (Tabla 9).

En la estación 2, también presentó alternancia estacional de valores altibajos, similar a la estación 1: descendió su área de verano a otoño, que igualmente presentó la menor área (103,632 m²), ascendió fuertemente su área en invierno para alcanzar su valor más alto (174,124 m²) y nuevamente descendió en primavera; debiendo hacer notar que estas dos últimas estaciones observaron áreas mayores que en verano y otoño (Tabla 9).

Tabla 9. Área estacional del perfil de playa en la playa de Pimentel.

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2
VERANO	154,315	112,862
OTOÑO	103,266	103,632
INVIERNO	178,149	174,124
PRIMAVERA	126,662	167,194

4.2.2. Ancho del perfil de playa en la playa de Pimentel.

4.2.2.1 Variación mensual

El ancho del perfil de playa de Pimentel fue diferente en ambas estaciones de muestreo y con una secuencia de cambios que no coincidió con el transcurrir del tiempo (Tabla 10).

Mensualmente, se aprecia que en la estación 1, el ancho del perfil se incrementó de enero a febrero, mes en el que presentó la mayor anchura (96,682m), observó un brusco descenso en abril, para recuperarse paulatinamente desde julio a setiembre, descendió los meses de octubre y noviembre y, nuevamente inició su ascenso en diciembre (Tabla 10).

En la estación 2, en general, el ancho del perfil observó la tendencia a incrementarse desde enero a agosto, a excepción de abril que presentó un valor bajo, disminuyó en setiembre, luego creció los meses de octubre y noviembre, y nuevamente descendió en diciembre.

Tabla 10. Ancho mensual del perfil de playa en la playa de Pimentel (m).

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2
ENERO	93,745	52,249
FEBRERO	96,682	58,442
ABRIL	53,638	49,790
JUNIO	56,118	59,394
JULIO	78,395	87,648
AGOSTO	65,638	86,199
SEPTIEMBRE	83,278	54,176
OCTUBRE	53,748	66,015
NOVIEMBRE	47,905	80,162
DICIEMBRE	58,151	70,404

Mediante el análisis de varianza se evidenció que no existen diferencias significativas entre los anchos promedios de los perfiles de playa de las estaciones de muestreo 1 y 2.

Tabla 11. Ancho promedio del perfil de playa en Pimentel, 2016.

Estación	Ancho promedio	Desviación estándar	Grupo	p-valor
ESTACIÓN 1	68,729800	17,884098	B	0.6931
ESTACIÓN 2	66,447900	14,091017	B	

$p > 0.05$

4.2.2.2 Variación estacional

El análisis estacional del ancho del perfil, evidenció que en la estación 1, hubo alternancia de valores altos y bajos, siendo mayores en verano (95,214 m) e invierno (75,770 m), mientras que en otoño y primavera sus valores fueron bajos: 54,878 m y 53,268 m, respectivamente (Tabla 12).

En la estación 2, en cambio, los valores más altos del ancho del perfil de playa ocurrieron en invierno (75,099 m) y primavera (72,194 m), mientras que los menores valores correspondieron a verano (55,346 m) y otoño (54,592 m) (Tabla 12).

Tabla 12. Ancho estacional del perfil de playa en la playa de Pimentel.

	ESTACIÓN 1	ESTACION 2
VERANO	95,214	55,346
OTOÑO	54,878	54,592
INVIERNO	75,770	76,006
PRIMAVERA	53,268	72,194

4.2.3 Perfil de playa en la playa de Pimentel.

El perfil de playa de la estación 1 presenta dos tramos en las cuatro estaciones del año: un tramo pequeño de fuerte pendiente que se extiende hasta los seis o siete metros de ancho y luego un tramo largo, que es de suave pendiente en las estaciones de verano e invierno y se extiende hasta los 95 m y 75 m de ancho (Figuras 7 A y 7B); en cambio, es de pendiente

más pronunciada en las estaciones de otoño y primavera y se extiende hasta los 55 m de ancho (Figuras 7C y 7D).

En cambio, en la estación 2, el perfil de playa tiene dos tramos en las estaciones de verano y otoño (Figuras 8A y 8B): el primer tramo, con pendiente pronunciada, se extiende hasta 10 metros de ancho; mientras que el segundo tramo, de pendiente menos pronunciada se extiende desde el término del primero, hasta el final del ancho del perfil (55 m). Sin embargo, en invierno y primavera (Figuras 8C y 8D), el perfil es continuo, de suave pendiente y se extiende hasta los 75 m de ancho.

4.3 Presencia de escarpes

En la playa de Chérrepe, durante el tiempo que duró el estudio, se pudo notar la presencia de un escarpe que llegó a alcanzar 1.88m de altura. Los escarpes en la playa de Pimentel también se hicieron presente, pero estos eran mucho más pequeños a comparación del escarpe observado en la playa de Chérrepe (Anexo III).

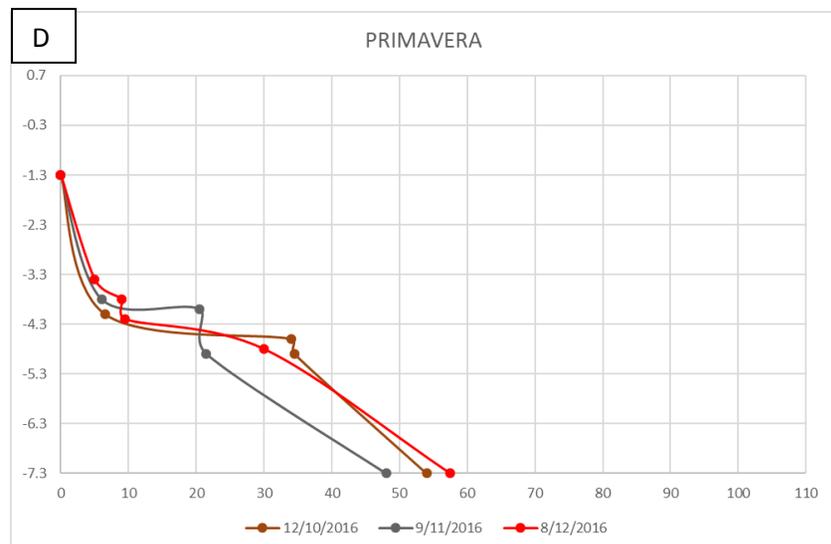
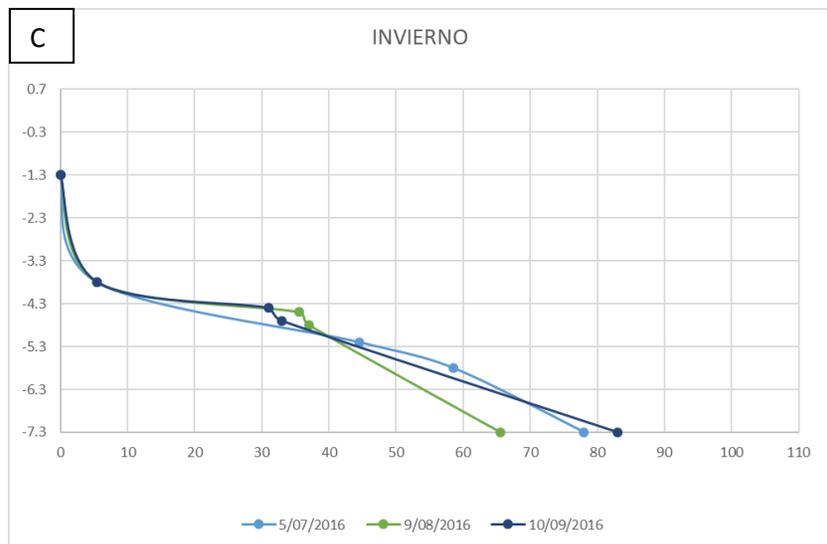
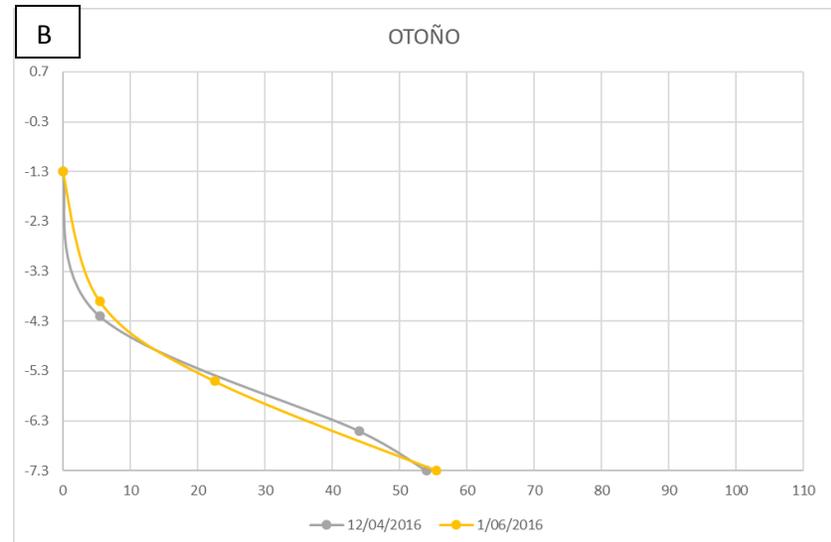
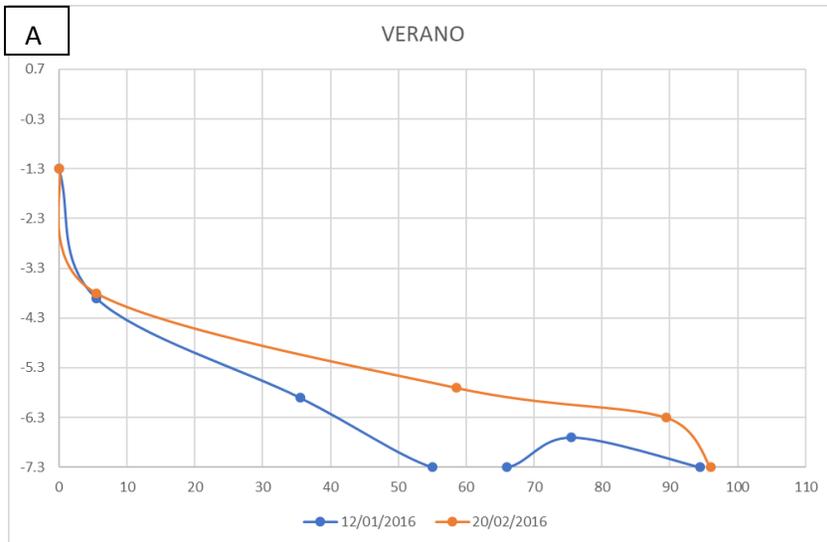


Figura 7. Variación estacional del perfil de playa en la estación 1, Pimentel.

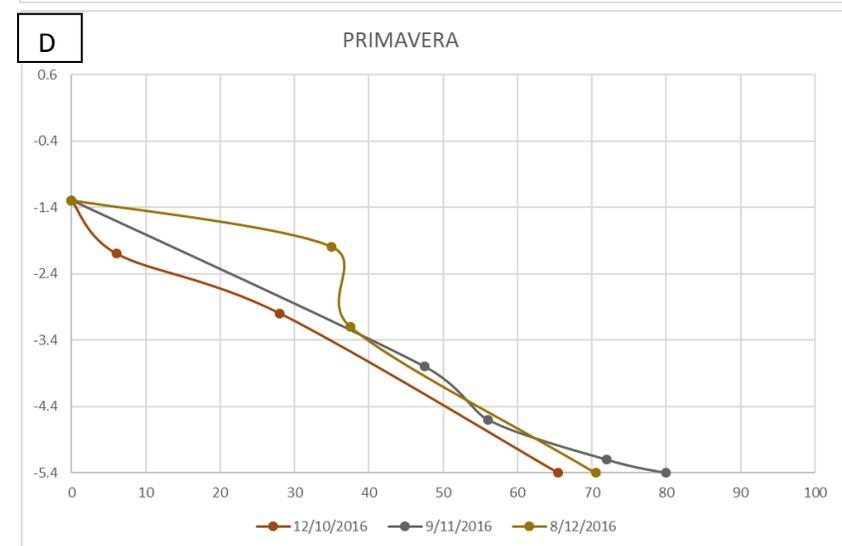
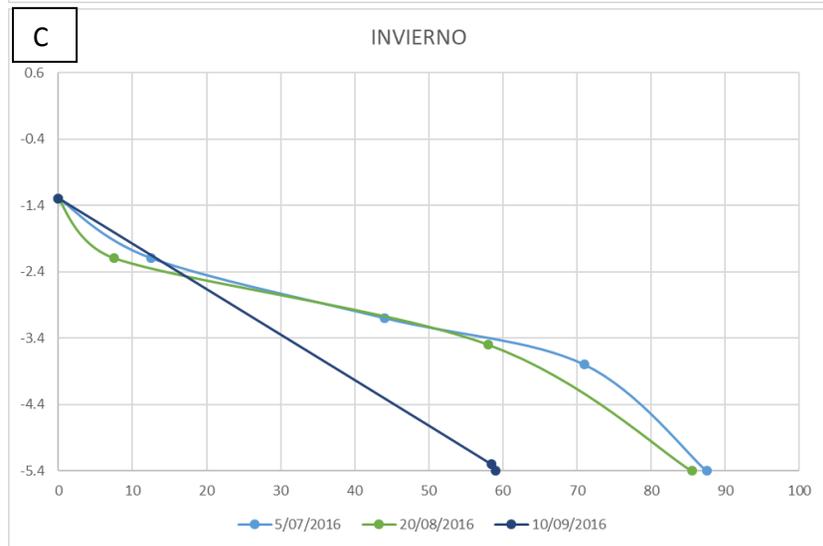
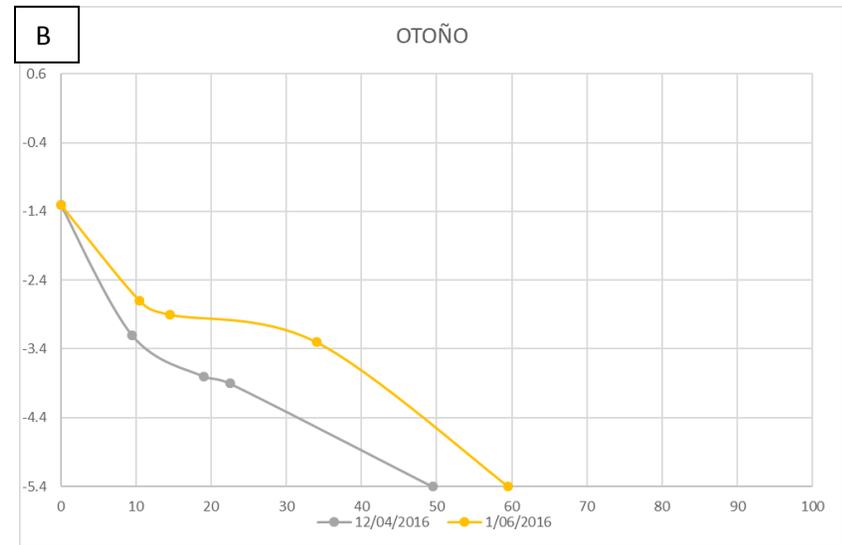
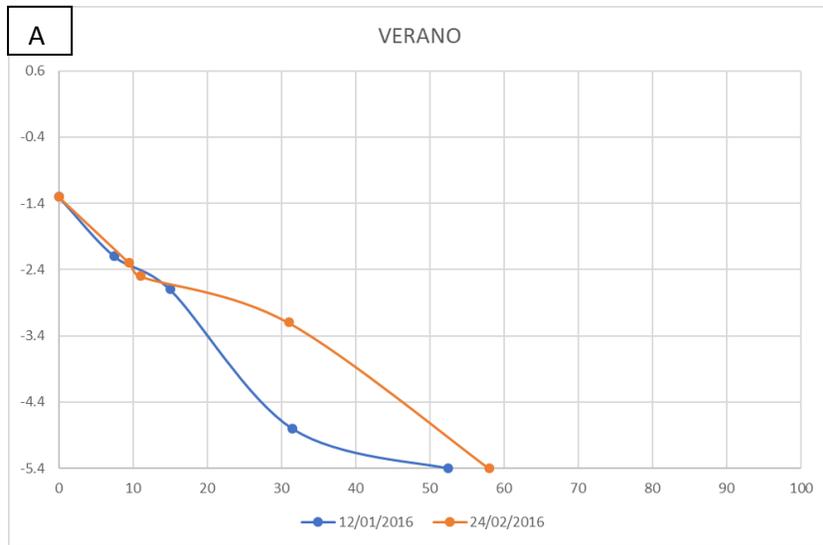


Figura 8. Variación estacional del perfil de playa en la estación 2, Pimentel.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio, han permitido aceptar la hipótesis planteada en la presente investigación, la cual sostiene que las playas de Pimentel y Chérrepe varían en su perfil durante el tiempo de estudio, ocasionando que la amplitud de la playa se modifique a causa de la erosión costera; pues se ha observado que el perfil de playa de Chérrepe y Pimentel presenta variaciones mensuales y estacionales en el área y ancho, los que muestran el efecto de la erosión costera.

En lo que se refiere a la playa Chérrepe, del análisis de las variaciones mensuales del área y ancho de los perfiles de playa, se desprende que el proceso de acreción de arena ocurrió de diciembre a febrero en la estación 1, mientras que en la estación 2 se presentó de enero a abril. En cambio, el proceso de erosión costera se evidenció de abril a noviembre en la estación 1 (E1) y de junio a diciembre en la estación 2 (E2). Esta situación concuerda parcialmente con lo observado por Carbajal et al. (2014), quienes observaron que en la playa Chérrepe, el proceso de acreción de arena se produce de noviembre a marzo y la erosión de abril a octubre; lo cual es un indicador que el patrón de comportamiento de la playa continúa variando.

Por otro lado, el análisis de la variación del área y ancho del perfil de playa de Chérrepe durante las estaciones del año, evidenció que los mayores valores de estos parámetros correspondieron al verano, señalando acreción de arena en este período tanto para E1 como para E2, mientras que en otoño e invierno ocurrió la mayor erosión en la estación 1 y 2. La erosión se intensificó de otoño a primavera, donde fue mayor, debiendo hacer notar que los menores valores de área y ancho se presentaron en otoño en la estación 1 y en primavera en la estación 2. Esta situación concuerda parcialmente con Moreno (2005), quien afirma que por lo general, la erosión costera se produce durante el invierno, ya que en esta época se presentan fuertes tormentas y vientos, así como oleajes de mayor fuerza, que afectan la playa disminuyendo de tamaño por la pérdida de arena, pues como se ha mencionado esto se produce en otoño (E1) y primavera (E2), lo cual ha sido

corroborado en el campo durante este estudio; en cambio si coincide con Moreno (2005), cuando afirma que en el verano, la arena se acumula y la playa crece extendiéndose a lo ancho, lo cual si se ha observado en ambas estaciones de muestreo. Con este hecho, se reafirma el cambio del patrón de comportamiento de la playa Chérrepe.

Estas diferencias en el patrón de comportamiento de la playa en las estaciones 1 y 2, estarían asociadas a la ubicación de las mismas, que como se ha observado en la Figura 4, están separadas por una entrante rocosa al mar (punta), cual puede alterar el oleaje ocasionando que el patrón de comportamiento del perfil de playa, así como sus parámetros sean diferentes en cada estación de muestreo.

El análisis de los perfiles de playa en función a las estaciones del año, denota que en la estación 1 de Chérrepe, la inclinación del perfil es suave en verano, más pronunciado en otoño e invierno y menos pronunciado en primavera; en cambio, en la estación 2, la pendiente del perfil, también es suave en verano y se hace cada vez más pronunciada desde otoño a primavera. Esta situación responde a cambios en la variación del ancho del perfil, ya que cuando es mayor la pendiente del perfil el ancho se suaviza y cuando éste se acorta, la pendiente se hace pronunciada; de manera que mientras más fuerte es la pendiente, es señal de una mayor erosión. Esta situación es explicada por Mosso (2004), quien señala que estas variaciones que la playa sufre en su perfil durante las estaciones del año obedecen a la existencia de perfiles estacionales, entre los que se tiene el perfil de invierno (de tormenta) que se forma bajo condiciones de oleaje incidente de gran altura y período relativamente corto, provocando que el perfil inicial se erosione transportando arena de la zona media del perfil, acumulándola por debajo del nivel medio del mar. Por otro lado, se tiene el perfil de verano, el cual se forma bajo condiciones de oleaje que en general es de pequeña altura y de relativamente largo periodo, provocando que la arena se acumule por encima del nivel medio del mar.

A través del análisis de varianza se determinó la existencia de diferencias significativas entre las estaciones 1 y 2 de Chérrepe, respecto al área y ancho de sus perfiles de playa, siendo mayores en la última de las mencionadas, lo que se

explica por la entrante rocosa (punta) hacia el mar que se presenta entre ambas estaciones y que genera que la estación 1 se encuentre más expuesta a la acción del oleaje del mar, erosionando su perfil de playa y disminuyendo su área y ancho; lo cual no ocurre en la estación 2, que al contrario se halla protegida de este proceso.

Asimismo, en la playa de Chérrepe se observó un escarpe de 1.88m de altura (Anexo III), lo cual es un indicador de la posible presencia de la erosión costera en dicha playa, ya que la ocurrencia de oleajes más altos durante los periodos invernales puede erosionar las playas dejando como evidencia escarpes de erosión tal como lo indican Posada & Henao (2008).

En la playa de Pimentel el área y el ancho del perfil no cambiaron de la misma manera, entre los factores que pueden estar ocasionando esta situación tenemos la presencia del muelle e igualmente de una baranda de contención, la construcción de edificios sin respetar un criterio ecológico y de planificación territorial, también la contaminación de la playa por desechos sólidos y domésticos los cuales afectan el intercambio de sedimentos en la playa (Carbajal et al., 2005). Explicando de esta manera como la intervención del hombre, ya sea mediante la construcción de asentamientos humanos o de diferentes estructuras costeras, puede alterar la dinámica en las playas (Piedra, 2006). Por todo esto se hace necesario establecer un plan que permita conocer la manera correcta en la que se debería de urbanizar una playa de tal forma que no se altere la dinámica costera (Anexo V).

La medición de la erosión y la acreción, en la playa de Pimentel, se realizó en función del ancho del perfil, tal como lo hizo Rivera (2016). Desde ese punto de vista la acreción se observó durante enero y febrero en la primera estación, mientras que en la segunda estación dicho proceso costero se dio entre julio y agosto. En tanto la erosión se manifestó durante abril y diciembre en la primera estación, mientras que en la segunda estación la erosión se hizo presente durante septiembre y junio.

De esto se deduce que en la primera estación la acreción ocurrió en verano y la erosión se manifestó en otoño, invierno y primavera. Mientras que en la segunda estación la acreción ocurrió en invierno y la erosión en primavera, verano y otoño.

En general el patrón de comportamiento de acreción en verano y erosión en invierno como lo propone Moreno (2005) se ha invertido en la segunda estación de muestreo en Pimentel en donde ocurrió la acreción en invierno y la erosión en verano.

Respecto al área del perfil en Pimentel, los valores más altos se observaron durante julio a septiembre en la primera estación y en la segunda estación durante julio y agosto. Por otro lado, los valores más bajos se dieron durante octubre a junio en la primera estación y de septiembre a junio en la segunda.

En ambas estaciones de muestreo el área del perfil de playa en Pimentel mostro los valores más altos en invierno mientras que los valores más bajos se registraron durante las estaciones de primavera, verano y otoño.

El análisis de la variación de los perfiles de playa de Pimentel con el transcurso de las estaciones del año, evidenciaron que en la estación 1, la pendiente del perfil fue suave en verano y más pronunciada en otoño, invierno y primavera, que señalarían acreción de arena principalmente en verano, y el proceso de erosión en otoño, invierno y primavera. Esta situación coincide la interpretación de la variación estacional del área del perfil En cambio, en la estación 2, la pendiente más suave del perfil de playa se presentó en el invierno y más pronunciada en las estaciones de primavera, verano y otoño, concordando en este caso con lo expuesto en el análisis de la variación estacional del área y ancho del perfil de playa.

Por otro lado, el análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre los parámetros de los perfiles de playa de la estación 1 y 2, estableció que no son significativamente diferentes en cuanto al área ni respecto del ancho, lo que cual indicaría la homogeneidad de la playa en sus dos estaciones de muestreo.

La tipificación de la erosión encontrada en el presente estudio, dentro de una clasificación de acuerdo a su magnitud, no ha sido posible realizarla ya que solo se cuenta con información de un solo año (2016) y para ello es necesario contar con datos de varios años.

Este estudio, al igual que el realizado por el Ministerio de Ambiente (2019), se centró de forma común en Pimentel, sin embargo, el MINAM trabaja también en

Santa Rosa y no en Chérrepe como si se hizo en nuestro caso. En ambas investigaciones no se toma en cuenta el nivel del mar, a pesar que este factor juega un papel muy importante en la dinámica costera y probablemente ocasionando que las playas se erosionen. Es conocido que el aumento en el nivel del mar genera la alteración de la morfología costera y permite que las ondas de alta energía lleguen más lejos, por encima de la playa y redistribuyan la arena costa afuera (Leatherman & Douglas, 2000). En este sentido, la CEPAL (2012) advierte que para un posible ascenso del nivel del mar en 1 metro los resultados esperables, respecto a la magnitud de la erosión que se puede originar, son variables, esperándose que el retroceso de las playas sea de 20, 40 o 60 metros.

VI. CONCLUSIONES

- En la estación 1 de Chérrepe, la erosión ocurrió de abril a noviembre, mientras que en la estación 2 dicho proceso ocurrió de junio a diciembre, lo cual corresponde a otoño, invierno y primavera en ambas estaciones de muestreo.
- En Chérrepe la acreción se observó de diciembre a febrero en estación 1, en tanto que en la estación 2 se observó desde enero a abril, coincidiendo con el verano en ambos casos.
- La erosión en Pimentel ocurrió desde abril a diciembre en la estación 1, meses correspondientes a otoño, invierno y primavera. En la estación 2 la erosión ocurrió durante setiembre y junio, proceso que correspondió a las estaciones de primavera, verano y otoño.
- La acreción en Pimentel sucedió durante enero y febrero, en la primera estación, es decir la acreción en este punto de muestreo se dio en verano. En la estación 2 mostró que la acreción ocurrió durante julio y agosto, es decir en invierno.

VII. RECOMENDACIONES

- Continuar investigando el patrón de comportamiento acreción – erosión de las playas de Chérrepe y Pimentel, a mediano y largo plazo.
- Realizar estudios de los factores que pueden alterar la dinámica costera, como por ejemplo el cambio climático y la elevación del nivel del mar.
- Registrar datos sedimentológicos y de las corrientes litorales en las playas para poder tener un conocimiento más integrado sobre la dinámica costera.
- Respetar el proceso de ordenamiento territorial para una correcta urbanización, estableciendo zonas en donde se puedan realizar actividades económicas y recreativas de tal manera que el ecosistema no se vea alterado (Anexo V).
- Implementar mecanismos de control y sanción a las normas de ordenamiento territorial.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, P., Ramírez, A., Godínez, L., Cruz, S., & Juárez, Á. (2009). Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 20 (junio a octubre), 41–56.
- Allan, J.C. & Komar, P.D., 2006. Climate controls on US West Coast erosion processes. *Journal of Coastal Research* . 22(3), 511–529. West Palm Beach (Florida).
- Ballesta, M., Morales, J. A., & Acosta, E. A. (1998). Efecto erosivo de los temporales del invierno 1995-1996 sobre la playa de Mazagon (Huelva, SO España): Influencia de las construcciones costeras. *Revista de La Sociedad Geológica de España*, 11(3–4), 285–296.
- Bértola, G. R., Farenga, M., Cortizo, L., & Isla, F. I. (1999). Dinamica morfológica de las playas de Villa Gesell (1994-1996), Provincia de Buenos Aires. *Revista de La Asociacion Geologica Argentina*.
- Carbajal, W., De la Cruz, J., Delgado, E., Montero, M., Yupanqui, Y., & Tenorio, S. (2014). Dinámica sedimentológica y erosión de la playa de Punta Chérrepe, 2004 – 2014. En *Libro de Resúmenes I Congreso de Ciencias Ambientales del Perú*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel.
- Carbajal, W., Villar, O., Requejo, E., Campos, H., Palomino, P. (2016). Dinámica sedimentológica de las playas de caleta Chérrepe, 2004 – 2016. En *Libro de Resúmenes V Congreso de Ciencias del Mar del Perú*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Lambayeque.
- Carbajal, W., Ramírez, P., De la Cruz, J. ., Castañeda, J., & Galán, J. (2005). “Diagnostico ambiental de la zona costera de Lambayeque, 2004.” Instituto del Mar del Peru. Lambayeque.
- Cepal, (2012). Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe vulnerabilidad y exposición, Cepal, Universidad de Cantabria. Instituto de Hidráulica Ambiental (2012), p. 174
- Cervantes, Y., Almague, Y., Pierra, A., Orozco, G., & Gursky, H. (2009). Variación de la dinámica erosiva y acumulativa en Cayo Moa Grande , Bahía de Moa , Cuba . Período 1972 – 2007. *Minería y Geología*, 25, 1–16.
- Collantes, M., & Mayhua, K. (2016). Centro comercial y de entretenimiento en playa las rocas Pimentel .Tesis de Licenciatura. Universidad Ricardo Palma.
- Comisión Europea. (2005). Vivir con la erosión costera en Europa, Sedimentos y espacios para la sostenibilidad. EUROSION, 1–40.
- Cooperacion. (2009). El Cambio Climatico y la Zona Costera Peruana. Lima.

- Correa, I. & Vernet, G. (2004). Introducción al problema de la erosión litoral en Urubá (Sector Arboletes - Turbo) Costa Caribe colombiana. *Boletín de investigaciones marinas y costeras*, (33), 7- 28.
- Cruz, E. V. (2015). *La erosión costera y su influencia en la oferta de servicios del sector hotelero del distrito de Huanchaco 2009-2014*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- D'Amico, G. (2009). Fragilidad de los espacios litorales: Lineamientos para comprender la erosión costera inducida en el litoral marítimo bonaerense. El caso de la localidad de Mar del Tuyú. *Revista de Estudios Geográficos*, 5(5). 1 - 18.
- Dirección de Hidrografía y Navegación (2016). Disponible en <https://www.dhn.mil.pe/>
- Ferrari, M.P. (2012). Análisis de la dinámica costera vinculada a la urbanización: los casos de Playa Unión y Playa Magaña (provincia de Chubut, Patagonia, Argentina). *Revista digital para estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*. 1-18
- Gobierno regional de Lambayeque. (2013). Zonificación ecológica y económica base para el ordenamiento territorial del departamento de Lambayeque, Perú.
- Guerrero, A., Hoyos, M., Reyes, E., Sánchez, L., Santa Cruz, Y., & Santillán, R. (2014). Impacto ambiental generado por erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad, Perú. *Revista Rebiol*, 33(2), 11-22.
- Hegde, A. (2010). Coastal erosion and mitigation methods - Global state of art. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 39(4). 521- 530.
- Hernández, J., Ortiz, M., Méndez, A., & Gama, L. (2008). Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, (65), 7–21.
- Ibarra, D. & Belmonte, F. (2017). Comprendiendo el litoral: Dinámicas y procesos. Universidad de Murcia.
- Isobe, M. (1998). Toward Integrated Coastal Zone Management in Japan.
- Jara, N. M. (2016). *Influencia de la erosión costera en la actividad turística del balneario de Huanchaco*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Kokot, R. R. (2004). Erosión en la costa patagónica por cambio climático. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4): 715 - 726.
- Leatherman, S. P., Zhang, K., & Douglas, B. C. (2000). Sea level rise shown to drive coastal erosion. *Eos*, 81(6), 55–57. Disponible en <https://doi.org/10.1029/00EO00034>

- Leceta, F. H. (2009). *Análisis de variabilidad temporal de la línea de costa mediante la aplicación de métodos de teledetección y sistema de información geográfica: Bahía de Miraflores, Perú 1936-2005*. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Manfredi, E. 2015. Legislación de la erosión costera de Pinamar. Disponible en: http://dspace.uces.edu.ar:8180/xmlui/bitstream/handle/123456789/2883/Erosion_Manfredi.pdf?sequence=1
- Moreno, P. (2005). Las playas y dunas del Golfo de México. Una visión de la situación actual. En *Diagnostico Ambiental del Golfo de Mexico* (pp. 491–520). Mexico.
- Merlotto, A., & Bertola, G. . (2009). Evolucion de la línea de costa en el Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Ciencias Marinas*, 35(3), 271–286.
- Morón, O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Boletín IMARPE*, 19, 179-204.
- Mosso, O. C. (2004). *Estudio numérico-experimental de la dinámica de la zona cercana a la costa*. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Ministerio de ambiente (2016). Lineamientos Para El Manejo Integrado De Las Zonas Marino Costeras.
- Ministerio de ambiente (2019). Reporte de Monitoreo de la línea de costa y los cambios de uso en los ámbitos marino costeros con mayor nivel de erosión priorizados.
- Murillo, Y. (2014). *Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la playa Chérrepe- Provincia de Chepén, Mayo- Diciembre 2013*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Navarrete, S. (2014). Protocolo indicador. Variación línea de costa: perfiles de playa. Indicadores de monitoreo biológico del subsistema de áreas marinas protegidas(SAMP). Serie de Publicaciones Generales Del Invemar., 73, 36.
- Ortíz, M. (1992). Retroceso reciente de la línea de costa del frente deltaico del río San Pedro, Campeche-Tabasco. *Investigaciones Geográficas*, (25), 7–23.
- Ortiz, L., Arceo, P., Granados, A., Salas, D., & Jimenez, M. (2010). Zona Costera. En *Atlas del Patrimonio Natural, Historico y Cultural de Veracruz* (pp. 123–146). Mexico.
- Paneque, R. R., & Mayorga, H. B. (2012). Estudio De Los Procesos De Erosión–Sedimentación Playa El Espino Republica De El Salvador, 2(2008), 1–74.
- Paz, O. (2014, Julio 14). Trujillo perdió 8 kilómetros de playas por erosión en 60 años. *El Comercio*. La Libertad.
- Peña, N. (2011). Proyecto Guardarenas . Sea Grant. Disponible en: <http://seagrantpr.org/guardarenas/datos/balneario-tres-hermanos-anasco/>

- Petersen, G. (1972). Geografía y Geología del litoral peruano. *Historia Marítima del Perú*.1 (1):13-185.
- Piedra , I. (2006). Gestion en la zona costera de rocha: playa la balconada ., 1–14.
- Polar, M. (2016). Uso de la teledeteccion para identificar los cambios espacio - temporales de la morfología de la línea costera peruana. En *Libro de Resúmenes V Congreso de Ciencias del Mar del Perú*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Posada, B., & Henao, William., (2008). Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta, 200 páginas.
- Prensa Argentina. Secretaría de Comunicación Pública. (2012). Construir y forestar sobre los médanos, causa de la erosión de la costa bonaerense. (2012). Disponible en : http://www.portalba.com.ar/noticia_7_20718_erosion-de-la-costa-bonaerense
- Rivera,I. (2016). Proyecto de Perfil de Playas.Datos de enero a diciembre 2016. Disponible en <https://seagrantpr.org/guardarenas/wp-content/uploads/sites/3/2017/02/Reporte-Perfil-de-playa.pdf>
- Rodriguez,R., & Cordova, E. (2006). La erosión en las playas de la región nororiental de Cuba. *Revista Geografica*, Noviembre, 9–26. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/40996716>
- Rodriguez, R., Cordova, E., Franco, J., & Rueda, A. (2009). La Erosión en las playas del litoral de Holguín, Cuba. *Cencias Holguin*, 15, 1–20.
- Rondón,G.(2011).Análisis de la variación temporal de la línea de costa y caracterización de la geomorfología litoral: Bahía de Paita, Perú 1946-2007.*Espacio y Desarrollo*.23,93-114
- Sanchez, G., Blas, N., & Chau, G. (2010). Informe Nacional Sobre El Estado Del Ambiente Marino Del Perú.
- Santana, E., Dumont, F., & King, A. (2001). Tasa De Erosion Costera En El Sector De Punta Gorda ., INOCAR, 11(1), 1–8. Disponible en : https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta_11/OCE1101_22.pdf
- SENAMHI . 2017. Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú. Lima
- Sierra, G. (2015). *Estrategias para el control y prevención de la erosión en la playa de South West en la Isla de Providencia*. Tesis de licenciatura Universidad Católica de Colombia , Bogotá, Colombia.
- Soto, M., Arriagada, J., Castro,C., Ibarra , I.& Rodolfi,G., (2015). Condiciones geodinámicas derivadas del terremoto y tsunami de 2010 en la costa de Chile central. El caso de Pichilemu. *Revista de Geografía Norte Grande*. 60: 79 - 95.

Tavares, C., & Drenkhan, F. (2010). Variación de la línea litoral entre Puerto Chicama y Puémape, La Libertad, Perú (1961-2006). *Espacio Y Desarrollo*, 103–117.

UNESCO. 2012. Guardarenas: Adaptarse al cambio climático y educar para el desarrollo sostenible. París: UNESCO, 1 - 146 pg.

Vega, Y. (2016). Playas de Pimentel Y Santa Rosa En Peligro de Desaparecer Por La Erosión. Chiclayo. *La Republica*. Disponible en <http://larepublica.pe/impres/sociedad/750294-playas-de-pimentel-y-santa-rosa-en-peligro-de-desaparecer-por-la-erosion>.

Veneros, B., Icochea, E., Bocanegra, C., Ywanaga, N., & Bopp, G. (2012). Efecto de cambios morfológicos litorales sobre las comunidades intermareales de tres playas de. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo*. Trujillo. Perú, 32, 94–102.

IX. ANEXOS

Anexo I. Puntos de referencia



Puntos de referencia en la playa de Chérrepe.



Puntos de referencia en la playa de Pimentel.

Anexo II. Trabajo de campo



A. Ubicación del punto de referencia.



B. Medición del ángulo de la pendiente



C. Medición de la distancia entre los puntos.

Anexo III. Presencia de escarpes



A. Vista lateral del escarpe encontrado en la playa de Chérrepe.

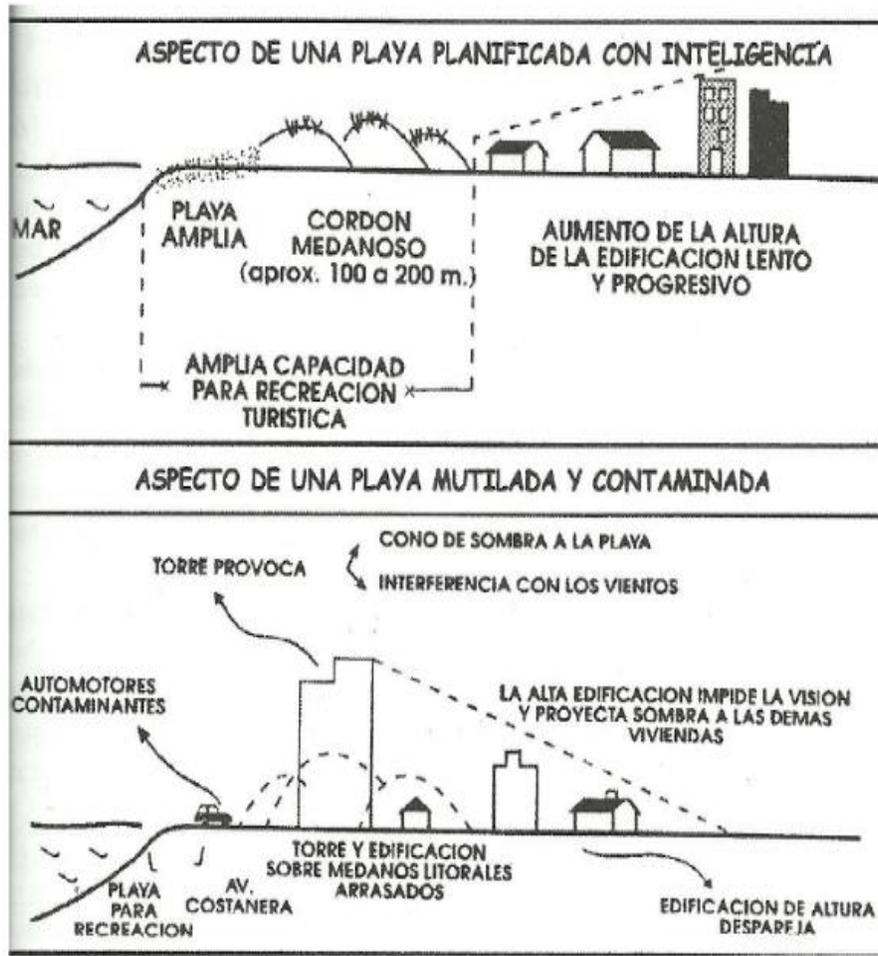


B. Vista frontal del escarpe encontrado en la playa de Chérrepe

Anexo IV. Formato de campo para registrar los datos del perfil de playa.

NOMBRE DE LA PLAYA			
DIA			
OBSERVACIONES			
MEDICIÓN DESDE EL TOPE DEL PUNTO DE REFERENCIA			
SEGMENTO	LONGITUD DEL SEGMENTO (m)	ANGULO DE INCLINACION	
A-B			
B-C			
C-D			
D-E			
E-F			
F-G			
G-H			
H-I			
J-K			
L-M			
M-N			

Anexo V. Recomendaciones para la correcta urbanización de las costas.



Fuente: Manfredi (2015).