

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología Microbiología

**“ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LA MACROINFAUNA INTERMAREAL
DESDE LA PLAYA LOS PALOS HASTA EL CHASQUI
DE LA PROVINCIA DE TACNA – 2014”**

TESIS

Presentada por:

Bach. José Enrique Mamani Cahuana

Para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

TACNA - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología Microbiología

TESIS

**"ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LA MACROINFAUNA INTERMAREAL
DESDE LA PLAYA LOS PALOS HASTA EL CHASQUI
DE LA PROVINCIA DE TACNA - 2014"**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 21 DE NOVIEMBRE DEL 2016,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



Mgr. DALADIER MIGUEL CASTILLO COTRINA

MIEMBRO:



Dr. JUAN FRANCO LEON

SECRETARIO:



Blgo. VICTOR CARBAJAL ZEGARRA

DEDICATORIA

A mi abuelo, padre y amigo Mariano por ser el mejor ejemplo de ser humano y del cual aprendí que todo es posible con perseverancia y trabajo; a mi mamá bella Ángela, a mis familiares y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme siempre, a mi asesor Mgr. Giovanni Aragón Alvarado por tantos conocimientos aportados, al Biólogo Microbiólogo José Calizaya por su incondicional apoyo y a todos aquellos que con su esfuerzo, tiempo y alegría apoyaron este proyecto en playas.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Formulación del Problema.....	3
1.2 Hipótesis	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Definición: Las playas	5

2.2	Estado morfológico de playas arenosas	6
2.3	Estado morfodinámico de playas arenosas	8
2.3.1	Playas arenosas reflectivas	10
2.3.2	Playas arenosas en estado intermedio	10
2.3.3	Playas arenosas disipativas	11
2.4	Playas arenosas como sistemas ecológicos.....	13
2.4.1	Playas arenosas expuestas	13
2.5	Estructura comunitaria en playas arenosas	14
2.6	Bancos naturales de la región de Tacna	19
2.6.1	Banco natural Cerro Cortado	20
2.6.2	Banco natural La Yarada	20
2.6.3	Banco natural Los Palos	21
2.6.4	Banco natural Llostay	22
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		24
3.1	Metodología	24
3.1.1	Descripción de la zona de estudio	24
3.1.2	Ubicación.....	24
3.1.3	Puntos de muestreo.....	25
3.1.4	Población y muestra	26
3.1.5	Toma de Muestra.....	26
3.1.6	Análisis comunitario	27

3.1.7	Perfil de la playa Los Palos hasta El Chasqui	30
3.1.8	Granulometría.....	34
3.1.9	Parámetro de Dean (\bar{U}).....	35
3.1.10	Índices de diversidad biológica	37
CAPITULO IV: RESULTADOS.....		41
4.1	Características comunitarias de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui, reportados de enero a marzo del 2014.	41
4.1.1	Riqueza específica (S).....	41
4.1.2	Abundancia relativa:	45
4.1.3	Frecuencia Relativa:	46
4.1.4	Biomasa húmeda:	52
4.1.5	Densidad:	56
4.2	Perfil medio desde la playa Los Palos hasta El Chasqui – Tacna....	59
4.3	Parámetro de Dean (Ω).....	61
4.4	Índices de diversidad biológica.....	63
4.4.1	Índice de diversidad de Margalef	63
4.4.2	Índice de dominancia de Simpson	64
4.4.3	Índice de equidad de Shannon – Wiener	65
4.4.4	Coeficiente de similitud de Jaccard.....	66
4.4.5	Índice de Morisita - Horn.....	67

4.5 Relación de parámetros físicos y biológicos	69
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	71
CONCLUSIONES	75
SUGERENCIA	77
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	78
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación cualitativa de las playas en general.....	6
Tabla 2. Diferencias entre estados morfodinámicos de playas: Reflectivas, intermedias y disipativas.....	12
Tabla 3. Coordenadas geográficas UTM de los transectos de muestreo.....	25
Tabla 4. Composición de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui, reportados de enero a marzo del 2014	41
Tabla 5. Abundancia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014	45
Tabla 6. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – enero 2014.....	46
Tabla 7. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa los Palos hasta el Chasqui – febrero 2014.....	48
Tabla 8. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – marzo 2014	50

Tabla 9. Biomasa húmeda (toneladas cúbicas) de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014.....	52
Tabla 10. Distribución de Emerita analoga por sexo	55
Tabla 11. Densidad total de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014.....	56
Tabla 12. Parámetro de Dean (Ω) - enero 2014.....	61
Tabla 13. Parámetro de Dean - febrero 2014	62
Tabla 14. Parámetro de Dean, marzo 2014	62
Tabla 15. Resumen del índice de Margalef – 2014	63
Tabla 16. Resumen del índice de dominancia de Simpson – 2014	64
Tabla 17. Resumen del índice de equidad de Shannon - Wiener – 2014.....	65
Tabla 18. Resumen del coeficiente de similitud de Jaccard	66
Tabla 19. Resumen del índice de Morisita – Horn	67
Tabla 20. Relación de parámetros físicos y biológicos.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Topografía y regiones de una playa arenosa	7
Figura 2. Perfil típico de una playa.....	31
Figura 3. Levantamiento del perfil de una playa utilizando un nivel topográfico	33
Figura 4. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui - enero 2014	47
Figura 5. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui - febrero 2014.....	49
Figura 6. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui - marzo 2014.....	51
Figura 7. Biomasa húmeda de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – enero 2014.....	53
Figura 8. Biomasa húmeda de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – febrero 2014.....	53
Figura 9. Biomasa húmeda de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – marzo 2014	54

Figura 10. Densidad poblacional de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014	57
Figura 11. Localización de los transectos de muestreo desde la playa Los Palos hasta El Chasqui – 2014	59
Figura 12. Perfil de la zona intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui.....	60
Figura 13. Relación entre el índice de Jaccard y Morisita - Horn	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Relación entre el tamaño de grano de la arena de la playa, exposición a la acción del oleaje, y ángulo de la pendiente en playas del oeste de EUA	89
Anexo 2. Valores de las pendientes desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – enero 2014	89
Anexo 3. Valores de las pendientes desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – febrero 2014	90
Anexo 4. Valores de las pendientes desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – marzo 2014	90
Anexo 5. Perfil de los transectos 1 al 4 en el mes de enero 2014	91
Anexo 6. Perfil de los transectos 5 al 8 en el mes de enero 2014	92
Anexo 7. Perfil de los transectos 1 al 4 en el mes de febrero 2014	93
Anexo 8. Perfil de los transectos 5 al 8 en el mes de febrero 2014	94
Anexo 9. Perfil de los transectos 1 al 4 en el mes de marzo 2014	95
Anexo 10. Perfil de los transectos 5 al 8 en el mes de marzo 2014	96

RESUMEN

Se realizaron muestreos de macroinfauna en playas arenosas de la Provincia de Tacna comprendida desde la playa Los Palos hasta El Chasqui a fin de determinar la estructura comunitaria de los invertebrados presentes en la zona intermareal. Se determinó la macroinfauna intermareal prevaleciendo en número el decápodo *Emerita analoga*; en la composición específica se puede mencionar además especies de valor comercial como *Mesodesma donacium* (recurso “macha”) y *Mulinia edulis* (almejita). Dentro de la comunidad intermareal además se reportó a *Lepidopa chilensis* (muy muy blanco), *Isocheles pacificus* (cangrejo ermitaño), *Bellia picta* (cangrejo plano), los poliquetos *Nephtys sp.*, *Lumbrineris sp.* y el gusano marino *Nectonema sp.* El estado morfodinámico determinado por el parámetro de Dean de la zona de estudio resultó disipativo con zonas de estado intermedio, lo garantizan zonas benignas para la abundancia de invertebrados filtradores y el resto que compone la comunidad intermareal en playas arenosas.

Palabras clave: Playas arenosas, macroinfauna, intermareal, Los Palos, El Chasqui, Parámetro de Dean.

ABSTRACT

Macroinfauna sampling was carried out on sandy beaches in the province of Tacna from Los Palos beach to El Chasqui in order to determine the community structure of the invertebrates present in the intertidal zone. The intertidal macroinfauna was determined prevailing in number the *Emerita analoga* decapod; in the specific composition can be mentioned also species of commercial value as *Mesodesma donacium* (resource "macha") and *Mulinia edulis* (almejita). Within the intertidal community, *Lepidopa chilensis* (very very white), *Isocheles pacificus* (hermit crab), *Bellia picta* (flat crab), the polychaetes *Nephtys sp.*, *Lumbrineris sp.* and the marine worm *Nectonema sp.* The morphodynamic state determined by the Dean parameter of the study area was dissipative with intermediate state zones, guaranteed by benign areas for the abundance of filtering invertebrates and the rest composed by the intertidal community on sandy beaches.

Key words: Sandy beaches, macroinfauna, intertidal, Los Palos, El Chasqui, Parameter of Dean.

INTRODUCCIÓN

Las playas arenosas peruanas representan unos de los ambientes marinos más dinámicos y cambiantes; con extensiones de arena que se distinguen a lo largo de la costa peruana, en Tacna los bancos naturales de sustrato arenoso poseen una extensión aproximada de 35 kilómetros (Instituto del Mar del Perú, 2006). A su vez estos ambientes se ven sometidas a la acción de factores ambientales tales como el viento, oleaje y mareas; entre las más importantes (Anfuso, 2001). Dichos agentes energéticos son los que controlan la morfología de la playa arenosa, ocasionando que se mantengan en constante cambio (Ramírez, 2012).

A pesar de ser ambientes rigurosos y dinámicos; alberga una macroinfauna intermareal bien adaptada a esas condiciones (McLachlan y cols., 1995). La comunidad bentónica en playas arenosas está constituida principalmente por bivalvos, crustáceos y poliquetos; y son muy importantes en los ecosistemas marinos, ya que ayudan en el proceso de reciclaje de nutrientes y carbono; por tal está íntimamente relacionada con la red alimentaria pelágica (Cortes y Mendoza, 2012).

Estos ambientes arenosos se clasifican típicamente como disipativas (anchos y con pendientes suaves) o reflectivas (estrecho y con pendientes empinadas), presentando un gradiente morfodinámico de estados intermedio entre ambos extremos; para el cual se tienen en cuenta aspectos físicos como altura y frecuencia de las olas y el tamaño medio de grano (Defeo y McLachlan, 2005).

El presente trabajo tiene por finalidad determinar las características comunitarias de la macroinfauna intermareal a través del estado morfodinámico de cada uno de los transectos evaluados desde la playa “Los Palos” hasta “El Chasqui” en la provincia de Tacna.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del Problema

¿Cuál es la estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui de la Provincia de Tacna?

1.2 Hipótesis

La estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal está determinada por el estado morfodinámico y variables físicas de playas, donde el conjunto de poblaciones de macroinfauna están estructuradas por la respuesta independiente de las especies frente al ambiente físico.

1.3 Justificación

La necesidad de hacer una investigación a detalle para analizar las comunidades en este tipo de ecosistema marino se justifica dada la extensión de este tipo de playas arenosas a lo largo de la costa peruana; la presencia de especies de valor comercial como el recurso “macha” y además de ser el sostén de asentamientos humanos (Instituto del Mar del

Perú, 2010). Por tal motivo el entendimiento de este sistema marino servirá para interpretar cambios de la macroinfauna de la zona en estudio.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar las características comunitarias de la macroinfauna intermareal dependientes del estado morfodinámico y variables físicas de playas, desde la playa Los Palos hasta El Chasqui de la Provincia de Tacna – 2014.

1.4.2 Objetivos Específicos

Caracterizar la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui de la Provincia de Tacna – 2014.

Determinar la abundancia relativa de las especies que constituyen la comunidad de macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui de la Provincia de Tacna – 2014.

Caracterizar el estado morfodinámico de las playas arenosas desde Los Palos hasta El Chasqui, con base en sus características físicas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El mar, origen de la vida, es depositario de una enorme y poca conocida diversidad de regiones, ecosistemas, plantas, animales, microorganismos, genes y moléculas orgánicas. El mar, en apariencia homogéneo, es muy heterogéneo, de los polos al trópico, de uno a otro lado del mundo. Los ecosistemas marinos y las comunidades de seres vivos que los constituyen demuestran la gran variedad posible: manglares y arrecifes, profundidades abisales, sistemas pelágicos de mar abierto o quimiosintéticos en las fisuras submarinas de la corteza terrestre (Márquez, 1996).

2.1 Definición: Las playas

Las playas son sistemas costeros que cubren dos terceras partes de la costa libre de hielo en todo el mundo. Según Short (1996) una playa tiene dos componentes básicos: las olas y los sedimentos. Su clasificación cualitativa se realiza con base en: altura/energía de la ola, clima de ola anual/estacional, tipo de ola, tamaño/composición de los sedimentos, rango de las mareas, clima y latitud (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación cualitativa de las playas en general

PARÁMETRO	TIPO DE PLAYA	REFERENCIA
Olas Altura/Energía	Alta energía Baja energía	Davis & Hayes (1984)
Clima de ola anual	Ola de tormenta Oleaje de la costa oeste Oleaje de costa este Protegida	Davies (1964)
Clima de ola estacional	Invierno/tormenta/corte Verano/oleaje/relleno	Inman & Filloux (1960) Bascom (1964) Davis & Schwartz (1982)
Tipo de ola	Oceánica/Oleaje Mar Estuarina	Davies (1964) Nordstrom (1992)
Marea	Macro Meso Micro	Davies (1964) Hayes (1979) Davies & Hayes (1984)
Tamaño de sedimento	Roca Grava/guijarro	Davies (1980)
Composición de sedimento	Arena Cuarzo Carbonato	Bird (1982)
Clima/latitud	Polar/alta Templada/media Tropical/baja	Davies (1982)

Fuente: Torres, 2010

2.2 Estado morfológico de playas arenosas

Las playas arenosas están constituidas por dos ambientes: uno expuesto, variable, ubicado desde la línea de la marea alta (cercana a las dunas o berma permanente), hasta el lugar de rompiente de las olas y uno sumergido en permanente movimiento, que va desde la zona de

rompiente hasta el límite extremo de acción de las celdas de circulación de rompiente (Ramírez, 2012). (Figura 1).

La función directa más importante de las playas arenosas es la protección de la zona costera, ya que ahí se concentra la energía del oleaje, donde se disipa en una zona relativamente estrecha cerca de la superficie del agua (Ramírez, 2012).

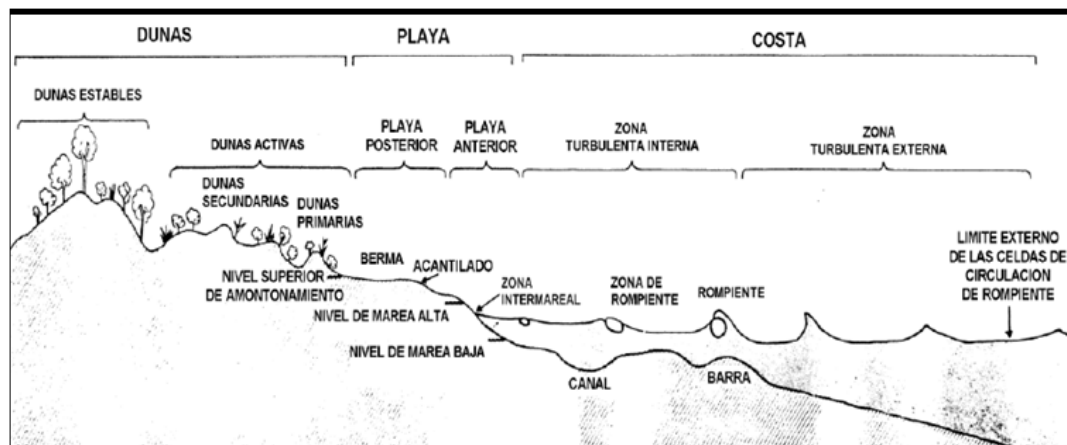


Figura 1. Topografía y regiones de una playa arenosa

Fuente: Ramírez, 2012

Los principales factores involucrados en la morfología de las playas son el régimen hidrodinámico al que están sometidas, las condiciones fisiográficas y batimétricas, así como las características del material sedimentario del que se compone la playa (Mösso, 2004).

A pesar que las playas varían ampliamente en apariencia y composición, los principios que gobiernan su comportamiento se relacionan con el sedimento. Mientras el sedimento se encuentra en suspensión, es susceptible de ser transportado a lo largo de la costa por las corrientes inducidas por el oleaje, donde el esfuerzo dominante sobre el sedimento es el ir y venir de la ola, determinando el régimen hidrodinámico, el cual se retroalimenta con las variaciones morfodinámicas. La percolación del agua en el lecho poroso ayuda a iniciar el movimiento y la suspensión del sedimento (De La Lanza, 1986).

El transporte inducido por las olas produce un aumento en la pendiente de la playa hasta que alcanza una condición de equilibrio, o por el viento en el cual el transporte eólico se hace por saltación y arrastre superficial de arena (Bird, 2003).

2.3 Estado morfodinámico de playas arenosas

Desde el punto de vista de la conformación y evolución de la línea de costa peruana, las playas y bahías están estrechamente ligadas a condiciones tectónicas, morfodinámicas, oceanográficas y ambientales, que controlan la dinámica del litoral cercano (Soto y Arriagada, 2007).

Tales procesos dinámicos se asocian a un ambiente tectónicamente inestable debido a las condiciones de subducción de la Placa de Nazca y

la Sudamericana, cuyas sucesivas pulsaciones inciden en solevantamiento o hundimiento (Soto y Arriagada, 2007).

Las playas arenosas son ambientes rigurosos y dinámicos que actúan como zonas de transición entre la tierra y el mar albergando macrofauna intermareal bien adaptada a esas condiciones (McLachlan y cols., 1995).

Según Jaramillo y cols. (1993) teniendo en cuenta aspectos físicos como altura de ola, tamaño medio de grano, pendiente, las playas se clasifican típicamente como disipativas o reflectivas, presentando un gradiente morfodinámico de estados intermedios entre ambos extremos.

McLachlan y Brown (2006) mencionan que las playas disipativas presentan zonas de “swash” (estado final de una ola al colapsar en la arena) benignas, una amplia zona de barrido o surf (área entre la rompiente de la ola y la orilla) donde se disipa gran parte de la energía, pendiente suave, tamaño de grano fino y alto contenido de materia orgánica y agua en los sedimentos.

Defeo y McLachlan (2005) sostienen que las playas reflectivas se caracterizan por olas que rompen directamente en la cara de la playa, swashes dinámicos y turbulentos, zonas de barrido muy reducidas o inexistentes, pendientes más pronunciadas y sedimentos más gruesos, así como bajo contenido de materia orgánica y agua en el sedimento.

2.3.1 Playas arenosas reflectivas

Según Finkl (2004) menciona que las playas arenosas en estado reflectivo ocurren donde las olas son pequeñas, usualmente en promedio menor a 0,5 metros de altura. Son de arena gruesa y pendientes empinadas (5 – 10°), delineadas hacia el mar, por largas ondulaciones (que dibuja el agua en la arena), llamadas cuspilitos o, en su lugar, hacia tierra, en planos secos llamados bermas. La ola impacta directamente sobre la playa, por lo que el clima de lavado (“swash”) es más riguroso. En las mareas bajas se acumulan sedimentos gruesos, formando un “escalón”. La arena gruesa de este tipo de playa permite un drenaje dinámico a través de él.

2.3.2 Playas arenosas en estado intermedio

Según Short (1996) las playas arenosas en estado intermedio presentan olas de 0,5 a 2 metros de altura y sedimentos de finos a medios. Están caracterizadas por una zona de disipación del oleaje (“surf”), que se amplía a medida que se incrementa la altura del oleaje y además presentan barras de arena, canales, corrientes de retorno y corrientes en dicha zona. La forma que presentan depende de la altura de las olas. Olas de 1 metro de altura o menores, dan como resultado playas rectas con cara de playa inclinada, protegida por una barra de arena en la

base de la playa, la cual es expuesta durante la marea baja. Cuando las olas exceden 1 metro de altura, barren el piso hacia canales en la barrera de arena, produciendo una alteración en las barras someras separadas por profundas corrientes de retorno y canales espaciados entre 150 y 300 metros. La alteración de las barras y retornos causa que el borde de la playa sea arrasado del lado de las corrientes y acumulado de lado de las barras, produciéndose rítmicamente playas intermedias. En playas intermedias donde las olas son más grandes (≈ 2 metros), hay un movimiento a lo largo del piso de la playa con corrientes de retorno amplias (300 – 500 metros) cruzando la zona de “surf”.

En general, todos los tipos de playas intermedias permiten un ambiente benigno para la vida marina ya que, aunque la energía del oleaje es mayor que en las playas reflectivas, las amplias zonas de disipación del oleaje reducen el efecto de las olas sobre la playa (Torres, 2010).

2.3.3 Playas arenosas disipativas

Según Defeo y McLachlan (2005) las playas arenosas disipativas ocurren con olas grandes (de 2 a 3 metros de alto) y arena fina (menor a 0,2 mm de diámetro). Presentan zonas de disipación del oleaje que rompen en forma de derrame (“spilling breakers”). Las olas disminuyen la

gran energía que poseen sobre la amplia zona de disipación y en consecuencia llegan débiles hasta la cara de la playa. La arena en estos casos fina, el drenaje es lento, el clima de lavado es menos violento, el piso de la playa y la zona de disipación son las más estables de todos los tipos de playa.

Son los ecosistemas de playa con mayor productividad, caracterizándose por presentar altas biomásas de fitobentos adaptado a vivir en la zona de barrido. Esto a su vez permite el desarrollo de una alta biomasa de invertebrados filtradores (Torres, 2010).

Tabla 2. Diferencias entre estados morfodinámicos de playas: Reflectivas, intermedias y disipativas

REFLECTIVAS	INTERMEDIAS	DISIPATIVAS
<ul style="list-style-type: none"> • Olas pequeñas (<0,5 m); la cual impacta directamente sobre la playa. • Pendiente inclinada (>4°) • Arena gruesa (>0,5 mm); el cual permite un drenaje dinámico. • Son angostas (protegidas). • Bajo contenido de agua y materia orgánica en el sedimento. • Sin zona de barrido o "surf". • "Swash" riguroso y corto. • Periodo de ola largo. • Produce acreción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Olas de tamaño intermedio (>0,5 m y <2 m). • Pendiente moderada (>2° y <4°). • Sedimentos finos a medios. • Presentan barras de arena, canales y corrientes de retorno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Olas grandes (>2 m). • Pendiente suave (<2°) • Arena fina (<0,2 mm de diámetro). • Son anchas (expuestas). • Alto contenido de agua y materia orgánica en el sedimento. • Amplia zona de barrido. • Largos periodos de "swash". • Periodo de ola corto. • Produce erosión.

Fuente: Elaboración propia

2.4 Playas arenosas como sistemas ecológicos

Las playas arenosas difieren de otros ecosistemas acuáticos principalmente porque su base energética es la materia orgánica. Esta materia orgánica se encuentra disponible entre los granos de sedimento y proviene de algas marinas, animales muertos, heces y material procedente de tierra adentro. Durante las mareas bajas, las bacterias actúan más eficientemente en la descomposición de todo este material; luego, en cada marea alta se lava y se resuspenden los productos resultantes de esta descomposición y se aporta materia orgánica nueva (McLachlan y Brown, 2006).

Desde el punto de vista ecológico, según McGwynne y McLachlan (1992) las playas de tipo arenosas están constituidas por dos componentes: un ecosistema marino y un ecosistema terrestre. El primero está controlado por la acción del viento, oleaje, la marea y es habitado por la biota marina. El segundo está controlado por la acción del viento, la lluvia y es habitado por la biota terrestre.

2.4.1 Playas arenosas expuestas

Según McLachlan y Brown (2006) las playas de “alta energía” son ambientes dinámicos, donde su topografía se ajusta constantemente debido a la influencia de los procesos de oleaje y marea. Defeo y

McLachlan (2005) mencionan que los estudios ecológicos contemporáneos en ambientes de alta energía son los más abundantes en la literatura y a la fecha se conocen algunos patrones y procesos que suceden en estos ambientes a escalas macro, meso y micro. En general, en las playas arenosas abiertas al océano la riqueza de especies y abundancia de sus comunidades, tienden a incrementarse desde playas reflectivas hacia playas disipativas.

Para McLachlan y cols. (1993) el grado de exposición de las playas también influye en la biota, observándose una disminución a medida que la playa está más expuesta al oleaje.

En las playas de alta energía las grandes fuerzas hidrodinámicas y el estrés ambiental limitan el número de especies. (McLachlan y cols., 1981).

2.5 Estructura comunitaria en playas arenosas

Los sedimentos intermareales y submareales de profundidades someras sustentan comunidades bentónicas, cuya estructura comunitaria y productividad, han sido asociadas a la variabilidad espacio-temporal de los componentes físicos del ambiente, características sedimentológicas y condiciones hidrográficas. (Jaramillo y cols., 1998).

Según Defeo y cols. (1992) para el intermareal de playas arenosas, por ejemplo, se ha enfatizado el rol de la interacción entre el tipo de sedimento, la pendiente y las características del oleaje (morfodinamismo) en la riqueza de especies, la abundancia y biomasa de la macrofauna.

Si bien la composición de las especies bentónicas intermareales de la Región Tacna ha sido estudiada por diferentes instituciones como el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y el Ministerio de la Producción (PRODUCE) con sedes en Ilo y Tacna respectivamente, no se ha llevado un seguimiento del total de especies que conforman la comunidad intermareal (existen estudios sobre especies de valor comercial como *Mesodesma donacium*) y menos la interacción biológica de especies que la conforman (Ej. Competencia entre *Emerita analoga* y *Mesodesma donacium*). Los estudios realizados por Castillo (2011) en el año 2009 sobre la “Evaluación de Bancos Naturales de Macha asentadas en Playa Santa Rosa con la finalidad de repoblar áreas aledañas del litoral”, nos indican que: “El área de muestreo está dominada por ejemplares de muy muy (*Emerita analoga*), bajo este contexto donde existe mayor abundancia de este crustáceo menor es la diversidad”.

Estos organismos han sido objeto de estudios poblacionales y relativos a su biología, por su abundancia y amplia distribución geográfica, según

Burmett (1971) han sido considerados como un buen indicador de alteraciones ambientales.

Así se puede mencionar trabajos anteriores en donde se menciona la prevalencia de tres grupos importantes en playas arenosas: Crustáceos, Moluscos y Poliquetos. Según Tarazona, J., Paredes, C. e Igreda, M. (1986) en su investigación denominada “Estructura del Macrobentos en la Playas Arenosas de la Zona de Lima, Perú”; en base a muestreos periódicos realizados a lo largo de transectos, entre abril de 1976 y abril de 1978 en 3 playas arenosas de la zona de Lima, Perú: Asia, San Pedro de Lurín y las Conchitas de Ancón; reportó que la composición de especies entre las playas de estudio (a pesar de ser las playas arenosas ambientes muy modificables) se mantuvo más o menos constante; habiéndose registrado un total de 27 especies de macroinfauna.

Dentro de los que destacan:

- Moluscos: *Donax obesulus* y *Mesodesma donacium*.
- Poliquetos: *Nephtys multcirrata*, *Nephtys monilibranchiata*, *Hemipodus triannulatus*, *Goniadides falcigera*, *Lumbrineris sp.*, *Scolecopsis sp.*, *Scoloplos (Leodamas) tribulosus*, *Euzonus (Thoracophelia) sp.*

- Crustáceos: *Excirolana brazilensis*, *Callianassa* (Calichirus) *islagrande*, *Emerita analoga*, *Blepharipoda spinimana*, *Bellia picta*, *Lepidopa chilensis*, *Pagarus perlatus*, *Isocheles pacificus*, *Ocypode gaudichandii*, *Pinnixa sp.*
- Otros grupos: Nematoda, Nemertea.

Jaramillo y cols. (1998) caracterizaron la estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal del litoral del norte de Chile, una costa caracterizada por comprender playas de sustrato arenoso. Para ello realizó muestreos en la costa de Antofagasta, Caldera y La Serena – Coquimbo. La estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal de las playas arenosas mostraron relación con el tipo morfodinámico de playa; en las playas con características más reflectivas (grano más grueso, mayor pendiente) ocurrió los valores más bajos de riqueza y abundancia de taxa. Lo contrario se observó en playas con grano más fino y menores pendientes (playas disipativas), las cuales se encuentran dominadas por los poliquetos en sedimentos más finos y los crustáceos y mariscos en sustratos más gruesos.

En el litoral de Antofagasta, las playas de Hornitos y Mejillones estuvieron dominadas por el decápodo anomuro *Emerita analoga* y el isópodo cirolánido *Excirolana brazilensis*, especie dominante en La

Rinconada. En el litoral de La Serena – Coquimbo dominó *Emerita analoga* y *Excirolana hirsuticauda* en El Apolillado, *E. analoga* y *E. brazilensis* en San Pedro y el poliqueto *Euzonus heterocirrus* y el bivalvo *Mesodesma donacium* en Tongoy. (Jaramillo y cols., 1998).

Las playas arenosas ubicadas dentro de las zonas urbanas están afectadas por actividades de recreación y/o limpieza en las mismas, lo que puede generar un impacto negativo sobre la riqueza específica y la abundancia de la macroinfauna de la comunidad ahí presente. Este es el caso de la costa de Iquique (zona norte de Chile), en donde Acuña (2014) hizo un estudio sobre el impacto de las zonas urbanas; los resultados de este estudio mostraron que las playas urbanas, poseen una menor riqueza específica que aquellas ubicadas fuera del radio urbano. Sin embargo, no observó un efecto sobre la abundancia ni el tamaño de las especies representativas de estas playas arenosas.

Los resultados sobre la riqueza específica se dio al evaluar playas urbanas (Cavancha, Playa Brava y Huayquique) y no urbanas (Chauca, Chomache, Ike Ike, Boca del Diablo y Playa Larga) de la ciudad de Iquique y mencionan que la especie más abundante en el área de estudio fue *Emerita analoga* (Decapoda, Anomura), esto con excepción de Ike Ike, donde *Excirolana brazilensis* (Isopoda, Cirolanide) fue la especie

predominante y Playa Larga, donde la especie con mayor abundancia fue *Lepidopa chilensis* (Decapoda, Anomura). (Acuña, E., 2014).

Los valores más altos de riqueza específica, se registraron en Playa Larga y Chomache (9 especies), mientras que las más bajas ocurrieron en Playa Brava, Cavanca y Huayquique (4 – 5 especies). (Acuña, 2014).

2.6 Bancos naturales de la región de Tacna

En la región Tacna según el informe realizado por el Instituto del Mar del Perú denominado: Bancos Naturales de las Regiones Moquegua y Tacna (2006); se delimitaron 18 bancos naturales, de los cuales 3 bancos naturales son de sustrato arenoso.

El sector Boca del Río – Límite Fronterizo Sur tiene una extensión total de 35 kilómetros aproximadamente y es un banco natural predominante de fondo arenoso donde se distribuye como único recurso de importancia comercial a la macha (*Mesodesma donacium*), quien comparte su hábitat con el “muy muy” (*Emerita analoga*). Esta sección también presenta un banco natural de sustrato rocoso en la zona de Llostay, el cual tiene una plataforma muy reducida y que en determinadas épocas del año se encuentra cubierto de arena. Su borde costero es de fácil acceso donde se ubican diversos balnearios y asentamientos de pescadores de orilla (Instituto del Mar de Perú, 2006).

El recurso macha en la actualidad ha colapsado su pesquería debido a varios factores, destacando la sobreexplotación de la especie y cambios ambientales a consecuencia del evento “El Niño 1997 – 1998” (Instituto del Mar del Perú, 2006).

Por los muestreos realizados en la extensión del área y antecedentes de anteriores evaluaciones se ha podido identificar TRES bancos naturales de sustrato arenoso denominados Cerro Cortado, La Yarada y Los Palos; y UNO de sustrato rocoso denominado Llostay (Instituto del Mar del Perú, 2006).

2.6.1 Banco natural Cerro Cortado

Banco natural de sustrato arenoso con una extensión aproximada de 1,7 kilómetros, se encuentra limitado por el norte con la desembocadura del río Sama y por el sur con el balneario de Llostay. Este banco natural enmarca el área de distribución del recurso “macha” (*Mesodesma donacium*).

2.6.2 Banco natural La Yarada

La extensión de este banco natural es aproximadamente de 22 kilómetros de longitud, limitada por los balnearios de Llostay al norte y Los

Palos al sur respectivamente. Este banco natural del recurso “macha” (*Mesodesma donacium*) es el de mayor extensión.

2.6.3 Banco natural Los Palos

Presenta una extensión longitudinal de 7 kilómetros aproximadamente, sus límites son por el norte el balneario de Los Palos y al sur el límite fronterizo sur, este banco se comparte con el vecino país de Chile el cual es conocido como el Chinchorro.

Principales comunidades bentónicas

En estos tres bancos naturales de fondos arenosos descritos anteriormente, el recurso que habita es la macha (*Mesodesma donacium*). Por anteriores evaluaciones y monitoreos de la macha se tiene una distribución en todo el banco natural. Con el evento El Niño 1997 - 1998 colapsó la pesquería del recurso “macha” en los bancos naturales de Tacna, y otra especie acompañante y competidora como el “muy muy” (*Emerita analoga*) está actualmente ocupando el banco natural, ante la “ausencia” del recurso “macha”. (Barriga y Quiroz, 1998).

En el último reporte sobre la composición especiológica de la macrofauna intermareal realizada por Castillo en el año 2009 en la Playa

Santa Rosa descrita en la Revista Ciencia y Desarrollo (2011), identificaron 9 especies, agrupadas en 3 clases:

- a. Mollusca: Macha (*Mesodesma donacium*), Almejita (*Mulinia edulis*).
- b. Polychaeta: *Nephtys sp.*; *Nematomorpha sp.*
- c. Crustacea: Muy-muy (*Emerita analoga*), Cangrejo ermitaño (*Isocheles pacificus*), Cangrejo Ovalado (*Pseudocorystes sicarius*), Muy-muy blanco (*Lepidopa chilensis*), Cangrejo plano (*Bellia picta*).

En donde el recurso con mayor abundancia fue *Emerita analoga* (88,57%), seguido de *Mesodesma donacium* (5,92%), *Mulinia edulis* (4,02%), *Isocheles pacificus* (1,22%) y el resto de los recursos cada uno no supera el 0,08%. (Castillo, 2011).

2.6.4 Banco natural Llostay

El banco natural de Llostay se delimita por dos playas de arena y tiene una extensión aproximada de 260 metros caracterizada por presentar mesas rocosas que se extienden hasta la zona submareal, el borde costero es rocoso y arenoso, la playa es 100% de arena; en la temporada de invierno la mayor parte de las mesas rocosas se cubren de arena.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología

3.1.1 Descripción de la zona de estudio

El estudio se realizó desde la playa Los Palos (19K 347004 E, 7976253 S) hasta El Chasqui (19K 333961 E, 7984866 S); dicho espacio abarca una zona de playa para veraneantes como Los Palos, y comunidades de pescadores artesanales de las playas: Los Palos, La Yarada y El Chasqui; quienes se han dedicado a la actividad extractiva de recursos del mar, principalmente durante muchos años a la recolección de machas. (Castillo, 2011).

Esta franja costera arenosa del sur peruano se caracteriza por ser altamente dinámica; es decir se ven afectadas por vientos, corrientes marinas, estaciones, etc. (IMARPE, 2006).

Las condiciones del mar en el sur del Perú son influenciados en el invierno por las corrientes frías de Aguas Templadas Sub Antárticas (ATSA) la que presenta características térmicas que se encuentra en un rango de 13 a 15 °C y salinidades que van de 34,6 a 34,8 UPS con

concentraciones de oxígeno menores de 2,5 ml/L. Contrariamente en el verano por la fuerte proyección de las Aguas Superficiales Sub Tropicales (ASST) que presentan características de temperatura que va de 19 a 25 °C y condiciones halinas mayores de 35,1 UPS con concentraciones de oxígeno mayores de 5,0 ml/L. (Instituto del Mar del Perú, 2006).

Respecto a las condiciones del ambiente marino en un año normal como lo ocurrido en el año 2003, se presentan valores térmicos que fluctúan entre 13,7 y 15,4 °C en la estación de invierno y 16,0 a 19,0 °C en el verano. Mientras que en un año frío como lo registrado en el año 2001, se presenta temperaturas de 13,4 a 15,0 °C en pleno invierno, variando de 15,2 a 17,5 °C en el verano. En un año cálido como se presentó en 1998 el ambiente térmico varió de 14,8 a 16,2 °C en la estación de invierno y de 19,5 a 23,5 °C en el verano respectivamente. (Instituto del Mar del Perú, 2006).

3.1.2 Ubicación

El estudio se realizó desde la playa Los Palos (19K 347004 E, 7976253 S) hasta El Chasqui (19K 333961 E, 7984866 S) de la Provincia de Tacna, haciendo extensión aproximada de 14 000 metros de recorrido por el borde costero. La zona de estudio abarcó un área aproximada de 280 000 m².

3.1.3 Puntos de muestreo

Se tomaron 8 transectos de muestreo en una extensión de 14 kilómetros lineales que abarcan desde la playa Los Palos hasta El Chasqui. Cada transecto distanciado de otro aproximadamente por 2 kilómetros. Además, de cada transecto se tomaron 3 estaciones de muestreo definidos por 3 alturas biométricas: Rodilla, cintura y pecho (0,80; 1,10; 1,60 metros respectivamente). Los transectos de muestreo fueron georeferenciados por un GPS Carmin modelo 76 CXS y por imágenes satelitales proporcionadas por el programa Google Earth.

Tabla 3. Coordenadas geográficas UTM de los transectos de muestreo

Transecto	Coordenadas Geográficas UTM		
	Zona y Banda	Metros al Este	Metros al Norte
1	19 K	345546	7977268
2	19 K	344248	7978183
3	19 K	342475	7979436
4	19 K	340417	7980791
5	19 K	338539	7981989
6	19 K	336761	7983099
7	19 K	335014	7984143
8	19 K	333256	7985193

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Población y muestra

3.1.4.1 Población

Macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui.

3.1.4.2 Muestra

Macroinfauna intermareal de cada uno de los 8 transectos establecidos desde la playa Los Palos hasta El Chasqui.

3.1.5 Toma de Muestra

Las muestras fueron colectadas en marea baja; debido a que la fuerza del oleaje en marea alta hace más difícil la recolección de la muestra; para ello se tomaron los datos proporcionados por la Marina de Guerra del Perú con sede en Ilo y por la SHOA de Arica, quienes hacen publicaciones en internet con las mareas altas y bajas. (Com. per: Ing. José Machaca – PRODUCE).

Según la metodología propuesta por Penchaszadeh (1971); las muestras fueron recolectadas utilizando un cilindro o corer muestreador con una base de área aproximada de $0,025 \text{ m}^2$, enterrados a una profundidad de 30 cm para luego ser filtradas en mallas de 5 mm de luz. Esta actividad fue realizada 4 veces en una misma estación a fin de tener

muestras representativas. Para determinar la comunidad del área de estudio se realizaron 3 muestreos distribuidos respectivamente durante los meses de enero, febrero y marzo del 2014.

Las muestras recolectadas fueron fijadas en solución de formalina al 5% (Apín, y cols., 2009), previo etiquetado y rotulado de las bolsas de plástico conteniendo la muestra; para su posterior identificación y cuantificación.

3.1.6 Análisis comunitario

Para el análisis comunitario se identificó las especies del total de individuos capturados, la riqueza específica de la comunidad fue considerada como el número de especies presentes de manera general en las playas desde Los Palos hasta el Chasqui. Entre más especies existan en un sitio, mayor será la riqueza de dicho sitio.

Se contabilizó todos los individuos por cada especie y se procedió a calcular la abundancia relativa (%) de las especies según el total de individuos capturados.

$$Abundancia\ Relativa(\%) = \frac{\#Total\ "X"}{\#TotalDeIndividuos} \times 100$$

Donde:

“X” = Cualquier especie de la comunidad bentónica intermareal

Para la estimación de la biomasa (peso húmedo) por transectos se realizó la media aritmética del peso de individuos de cada estación por transecto, multiplicados después por el volumen total que abarca la zona de estudio, donde:

$$T_1 = \left(\frac{\sum e1 + \sum e2 + \sum e3}{3} \right)$$

Donde:

T₁ = Transecto 1

e1 = Peso total de la rodilla

e2 = Peso total de la cintura

e3 = Peso total del pecho

$$BIOMASA(PESO) = \left(\frac{\sum T1 + \sum T2 + \sum T3 + \dots + \sum T8}{8} \right) (VT)$$

Donde:

T1 = Transectos

VT= Volumen total (m³)

La frecuencia se calculó como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece (uno o más individuos) en relación con el número total de unidades muestrales.

$$fi = \frac{mi}{M} \times 100$$

Donde:

m_i = Unidades muestrales en donde aparece el atributo.

M = Número total de unidades muestrales.

La densidad poblacional (ind/m^2) se determinó utilizando el número total de individuos por especie entre el área que abarca la zona de estudio desde la playa Los Palos hasta El Chasqui.

$$\text{Densidad}(\text{ind} / \text{m}^2) = \frac{\# \text{TotalDeIndividuos} " X "}{\text{ÁreaZonadeEstudio}}$$

Donde:

“X” = Cualquier especie de la comunidad bentónica intermareal

3.1.7 Perfil de la playa Los Palos hasta El Chasqui

El levantamiento del perfil de una playa constituye un método práctico y rápido de caracterizar una playa y hacer el seguimiento de los cambios en su morfología. El perfil completo debe contemplar desde la zona supramareal hasta la profundidad en donde el fondo comienza a ser afectado por las olas; en tal sentido, comprenderá un perfil topográfico y un perfil batimétrico, como prolongación del anterior. (Posada, 2008). (Fig. 02).

Se realizó un recorrido inicial para demarcar de forma exacta el área y definir la dirección del levantamiento de los perfiles topobatimétricos delimitando el lugar mediante el uso de un GPS. Se recomienda recorrer

la línea de costa a pie y tomar anotaciones periódicamente, en especial en los sitios con presencia de rocas, desembocaduras de ríos u otros rasgos que trunquen la playa. (Posada, 2008).

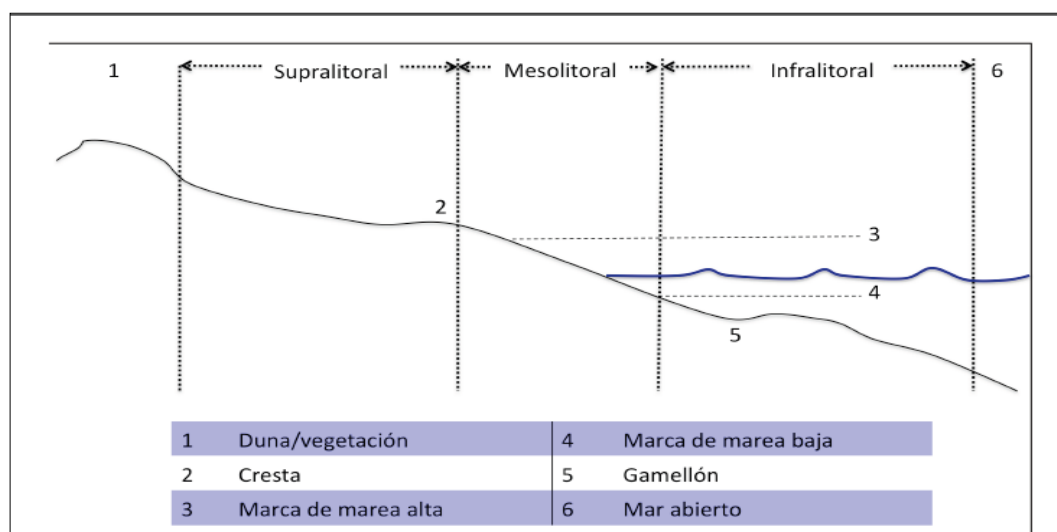


Figura 2. Perfil típico de una playa

Fuente: Posada, 2008

El levantamiento del perfil de playa se realizó usando un NIVEL TOPOGRÁFICO. El nivel topográfico u óptico consta de un anteojo similar al del teodolito con un retículo estadimétrico, para apuntar y un nivel de burbuja muy sensible (o un compensador de gravedad o magnético en el caso de los niveles automáticos), que permita mantener la horizontalidad del eje óptico del anteojo, ambos están unidos solidariamente de manera que cuando el nivel está desnivelado, el eje del anteojo no mantiene una

perfecta horizontalidad. Se localizan, mediante un GPS, los puntos de amarre de cada perfil para proceder a nivelar el instrumento (nivel) y así dar vista al mar a lo largo de una línea con rumbo conocido. A continuación se describe los pasos a seguir.

- a. Localice la primera marca de referencia.
- b. Determine la orientación del perfil (debe ser perpendicular a la orilla del mar) y trace el perfil de la marca de referencia hacia la línea de marea baja usando una cuerda o una cinta métrica.
- c. Para comenzar el observador, calibra el nivel topográfico, asegurándose de que el trípode esté bien armado y así se tomarán tres datos a diferentes distancias de profundidad hacia la mar de 10 m, 20 m y 30 m .
- d. Mida y anote la altura ('h') entre el objetivo del nivel y la base de la playa, utilizando la cinta métrica.
- e. Posterior el observador alinea la vista del nivel con la regla para tomar nuestro primer dato conociendo la distancia ('x') desde el nivel hacia la mar (10 m).

- f. La diferencia de datos ('y') entre la altura observada ('x') y la altura del nivel ('h') nos permitirá conocer al desnivel y por método de triángulos se determinará la pendiente.
- g. Para cada segmento, se puede anotar información adicional.
- h. Bajar a la siguiente sección de modo que el operador de la regla coloque la misma a la segunda distancia conocida (20 m)
- i. Continuar hasta que llegue al gamellón o bajamar (30 m).
- j. Tomar fotos a lo largo del perfil.

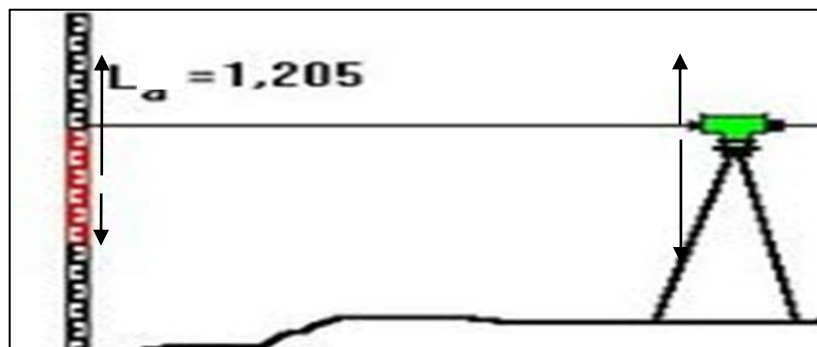


Figura 3. Levantamiento del perfil de una playa utilizando un nivel topográfico

Fuente: Santamaría, 2005

3.1.8 Granulometría

La interrelación entre el tamaño del sedimento y la forma del perfil es bien conocida. Así, playas de material más grueso presentan pendientes más pronunciadas y viceversa. (Medina y cols., 1995).

Se colectaron muestras de arena en cada transecto, haciendo un total de 8, a una profundidad de 30 cm (0,3 m) a fin de evitar el alto grado de intemperismo, estas muestras se tomaron en la zona de marea baja. (Estrada, 2007).

Para realizar el estudio de tamaño de grano, según la NTP 400.001:2001 sobre Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global; se tomaron aproximadamente 500 gramos de cada una de las 8 muestras colectadas; debido a que la norma estipula para agregados finos un mínimo de 300 gramos luego del secado en horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para separar por tamaño de grano se utilizó una columna de tamices de acuerdo a la NTP 350.001:1 970 sobre Tamices de Ensayo; el cual manifiesta para agregados finos los siguientes números/diámetro de luz de malla: 3/8"/9,50 mm, 4/4,76 mm, 8/2,38 mm, 16/1,19 mm, 20/0,84 mm, 30/0,59 mm, 40/0.42 mm, 50/0,30 mm, 60/0.25 mm, 100/0.149 mm, 140/0,106 mm, 200/0,

074 mm y la bandeja. (Tamices Norma ASTM D421-58).

A fines de procesar el parámetro de Dean se utilizó el programa GRADISTAT VERSIÓN 4,0 para determinar el tamaño medio de grano (D50). (Conv. per. Biol. Alex Tejada - IMARPE).

3.1.9 Parámetro de Dean (\bar{U})

Para determinar el tipo de playa es necesario conocer la altura de la ola al momento de la rompiente, el período de las olas y la velocidad de caída de la arena (Ley de Stokes), conociendo previamente el tamaño medio del grano.

A. Altura de la ola

Para determinar la altura promedio de las olas se utilizó la escala de Douglas que proporciona promedios de altura de olas de acuerdo a las características del oleaje y rompiente.

B. Periodo de ola

El periodo de las olas se determinó tomando el tiempo en que olas sucesivas pasaban por un mismo punto fijo, elegido arbitrariamente. El tiempo utilizado para las mediciones será de 1 minuto.

C. Velocidad de caída de la arena

Para calcular la velocidad de caída de la arena primero se determinó el tamaño medio del grano de arena (D50) y posteriormente la velocidad de caída, utilizando la Ley de Stokes. Para tal efecto se tomarán muestras de arena en cada transecto, del límite inferior de la zona mesolitoral. (Stotz y cols., 2008)

Para obtener el estado morfodinámico de la playa, se reemplazan los valores promedio de altura de las olas (H_b) en metros, período de tiempo medio entre olas (T) en segundos y la velocidad de caída de la arena (W_s) en m/s, en el parámetro de Dean:

$$\Omega = H_b / W_s.T$$

Si este índice toma valores entre 0,1 y 1,0, entonces se define un estado morfodinámico de playa tipo reflectivo, si el valor se encuentra entre 1,1 y 6,0 es un estado de playa tipo intermedio, y superior a 6,1 corresponde a una playa tipo disipativo (Short, 1996).

3.1.10 Índices de diversidad biológica

A. Índice de diversidad de Margalef:

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S = Número total de especies.

N = Número total de individuos capturados.

B. Índice de dominancia de Simpson:

$$\lambda = \sum Pi^2$$

Donde:

Pi = Abundancia proporcional de la especie "i", es decir, el número de individuos de la especie "i" dividido entre el número total de individuos de la muestra.

C. Índice de equidad de Shannon - Wiener:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$$

Donde:

S = Número total de especies.

P_i = Abundancia proporcional de la especie "i", es decir, el número de individuos de la especie "i" dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Magurran (1988) menciona que cuando adquiere valores entre "0", cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

D. Coeficiente de similitud de Jaccard:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = Número de especies presentes en el sitio "A".

b = Número de especies presentes en el sitio "B".

c = Número de especies presentes en ambos sitios "A" y "B".

El intervalo de valores para este índice va de "0" cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta "1" cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. (Moreno, 2001).

E. Índice de Morisita - Horn:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (an_i x bn_j)}{(da + db) aN x bN}$$

Donde:

a_n = Número de individuos de la "i"-ésima especie en el sitio A.

b_n = Número de individuos de la "j"-ésima especie en el sitio B.

$$da = \sum a_n^2 / aN^2$$

$$db = \sum b_n^2 / bN^2$$

aN = Número total de individuos en el sitio A.

bN = Número total de individuos en el sitio B.

Este índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, y tiene la desventaja de que es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante (Magurran, 1988).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Características comunitarias de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui, reportados de enero a marzo del 2014.

4.1.1 Riqueza específica (S)

Tabla 4. Composición de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui, reportados de enero a marzo del 2014

TAXÓN	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NÚMERO DE INDIVIDUOS	PRESENCIA EN MESES DE ESTUDIO		
				ENERO	FEBRERO	MARZO
Subfilo Crustacea	<i>Emerita analoga</i>	Muy muy	14 899	X	X	X
	<i>Lepidopa chilensis</i>	Muy muy blanco	19	X	X	X
	<i>Isocheles pacificus</i>	Cangrejo ermitaño	4	X	X	X
	<i>Bellia picta</i>	Cangrejo plano	12	X	X	X
Filo Mollusca	<i>Mesodesma donacium</i>	Macha	22	X	X	X
	<i>Mulinia edulis</i>	Almejita	3	X		X
Filo Annelida	<i>Nephtys sp.</i>	Poliqueto	17	X	X	X
	<i>Lumbrineris sp.</i>	Poliqueto	3	X		X
Filo Nematomorpha	<i>Nectonema sp.</i>	Nematomorfo	42	X	X	X
TOTAL			15 021			

Fuente: Elaboración propia

En un total de 15 021 individuos recolectados de la zona intermareal de playas arenosas en la Provincia de Tacna, durante los meses de enero, febrero y marzo; se identificó 9 especies; pertenecientes al subfilo Crustacea, filo Mollusca, filo Annelida y filo Nematomorpha. Las especies *Mulinia edulis* (almejita) y el poliqueto *Lumbrineris sp.* no fueron capturados en los muestreos durante el mes de febrero. (Tabla 3).

Las playas en estudio poseen un marcado predominio por el “muy muy” (*Emerita analoga*) debido probablemente al tipo de playa en estudio (playas abiertas; pendiente baja y arena fina); la disponibilidad de alimento que presenta y la ausencia casi de depredadores. Además, la casi ausencia del recurso “macha” (*Mesodesma donacium*); quizás como consecuencia a lo reportado en la bibliografía; por problemas ambientales como el fenómeno de “El Niño” del 1997 – 1998 y la sobreexplotación del recurso en mención.

A continuación se hace la presentación de la ubicación taxonómica de las especies reportadas como riqueza específica para la zona intermareal de las playas en estudio:

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Familia: Hippidae

Género: Emerita

Especie: *Emerita analoga*

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Familia: Albuneidae

Género: Lepidopa

Especie: *Lepidopa chilensis*

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Familia: Diogenidae

Género: Isocheles

Especie: *Isocheles pacificus*

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Familia: Atelecyclidae

Género: Bellia

Especie: *Bellia picta*

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Verenoida

Familia: Mesodesmatidae

Género: Mesodesma

Especie: *Mesodesma donacium*

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Verenoida

Familia: Mactridae

Género: Mulinia

Especie: *Mulinia edulis*

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: Phyllodocida

Familia: Nephtyiade

Género: Nephtys

Especie: *Nephtys sp.*

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: Eunicida

Familia: Lumbrineridae

Género: Lumbrineris

Especie: *Lumbrineris sp.*

Filo: Nematomorpha

Clase: Nectonematoidea

Género: Nectonema

Especie: *Nectonema sp.*

4.1.2 Abundancia relativa:

Tabla 5. Abundancia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014

NOMBRE DE LA ESPECIE	ENERO	FEBRERO	MARZO	n _i	ABUNDANCIA RELATIVA	PORCENTAJE
<i>Emerita analoga</i>	4 911	5 247	4 741	14 899	0,9918	99,18%
<i>Mesodesma donacium</i>	10	11	1	22	0,0014	0,14%
<i>Mulinia edulis</i>	2	-	1	3	0,0002	0,02%
<i>Bellia picta</i>	2	2	8	12	0,0008	0,08%
<i>Lepidopa chilensis</i>	10	8	1	19	0,0012	0,12%
<i>Isocheles pacificus</i>	1	1	2	4	0,0003	0,03%
<i>Nephtys sp.</i>	3	9	5	17	0,0011	0,11%
<i>Lumbrineris sp.</i>	2	-	1	3	0,0002	0,02%
<i>Nectonema sp.</i>	19	15	8	42	0,0027	0,27%
TOTAL	4 960	5 293	4 768	15 021	1	100%

Fuente: Elaboración propia

Para la zona de estudio de sustrato arenoso se calculó la abundancia relativa según el número total de individuos por especie; así se presenta en la tabla 4; valores muy desiguales en porcentajes en posiblemente debido a que *Emerita analoga* presenta hembras y machos en madurez sexual en verano (estación de muestreo) y según reportes del IMARPE la mayor cantidad de hembras ovígeras se da en la primavera lo cual indica que para verano la población se incrementa de manera notoria.

4.1.3 Frecuencia Relativa:

Tabla 6. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – enero 2014

NOMBRE DE LA ESPECIE	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	PORCENTAJE
<i>Emerita analoga</i>	1	0,4710	47,10%
<i>Mesodesma donacium</i>	0,167	0,0786	7,86%
<i>Mulinia edulis</i>	0,041	0,0193	1,93%
<i>Bellia picta</i>	0,083	0,0390	3,90%
<i>Lepidopa chilensis</i>	0,250	0,1177	11,77%
<i>Isocheles pacificus</i>	0,041	0,0193	1,93%
<i>Nephtys sp.</i>	0,125	0,0588	5,88%
<i>Lumbrineris sp.</i>	0,083	0,0390	3,90%
<i>Nectonema sp.</i>	0,333	0,1568	15,68%
TOTAL	2,123	1	100%

Fuente: Elaboración propia

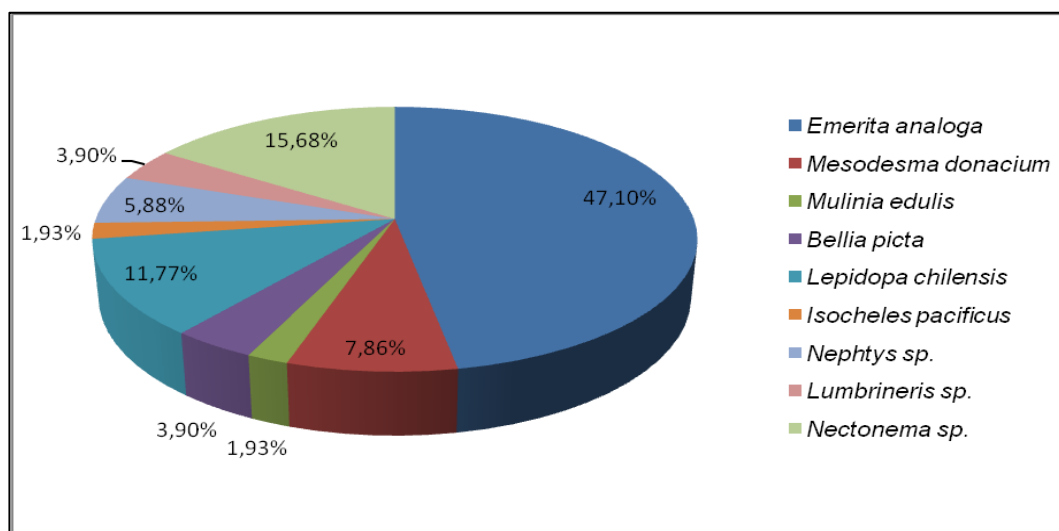


Figura 4. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui - enero 2014

Fuente: Tabla 5

Durante el mes de enero, tal como se presenta en la tabla 5, la frecuencia relativa se presenta de tal manera que tres especies en descripción se muestran con mayor frecuencia relativa respecto al número de apariciones de todas las especies en las 24 estaciones de muestreo realizados, estas son: *Emerita analoga* (47,10%), *Nectonema sp.* (15,68%) y *Lepidopa chilensis* (11,77%). Debido quizás a que los estudios realizados a la especie *Emerita analoga* revelan que su vida larvaria transcurre conformando la biomasa del plancton, lo que determina una gran distribución al llegar a la etapa juvenil, que al ser llevadas por las corrientes incrementan las poblaciones en áreas aparentes a su medio de vida adulta.

La presencia de *Nectonema sp.* quizás se deba a la distribución cosmopolita de la especie y su preferencia por sustratos arenosos debido al constante intercambio de materia orgánica. *Lepidopa chilensis* por el contrario se presentó en un 11,77% lo cual indicaría que no existe competencia con *Emerita analoga* por el territorio y alimento.

Tabla 7. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa los Palos hasta el Chasqui – febrero 2014

NOMBRE DE LA ESPECIE	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	PORCENTAJE
<i>Emerita analoga</i>	1	0,4528	45,28%
<i>Mesodesma donacium</i>	0,2083	0,0943	9,43%
<i>Bellia picta</i>	0,0833	0,0377	3,77%
<i>Lepidopa chilensis</i>	0,250	0,1132	11,32%
<i>Isocheles pacificus</i>	0,0416	0,0188	1,88%
<i>Nephtys sp.</i>	0,2916	0,1320	13,20%
<i>Nectonema sp.</i>	0,3333	0,1509	15,09%
TOTAL	2,2081	1	100%

Fuente: Elaboración propia

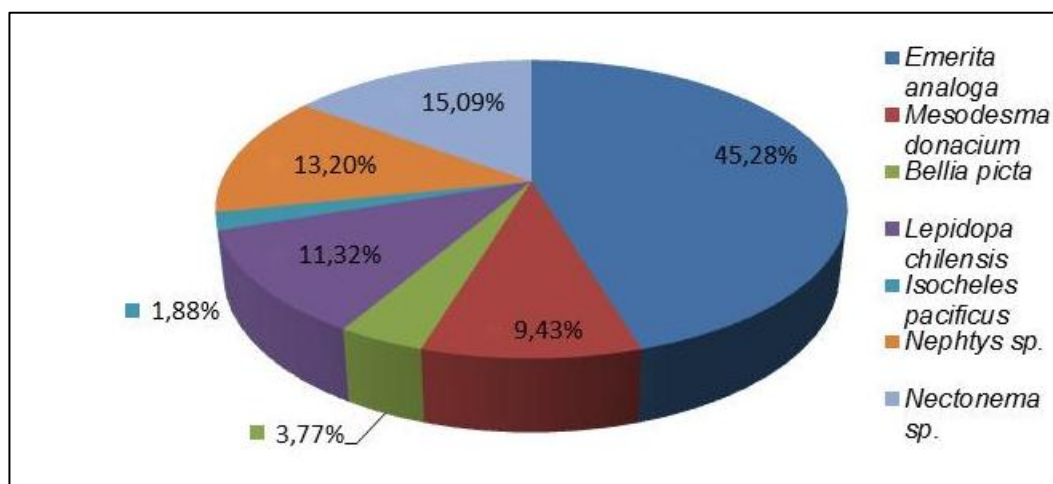


Figura 5. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui - febrero 2014

Fuente: Tabla 6

Tal como se presenta en la tabla 6; en el mes de febrero resalta la presencia del poliqueto *Nephtys sp.* con un 13,20%, por detrás de la especie dominante *Emerita analoga* y *Nectonema sp.*; cabe mencionar que algunos poliquetos poseen una fase larvaria denominada trocófora que puede ser de larga duración y que captura alimento del plancton (planctrófica); por tal se consideraba que podrían algunas de ellas atravesar los océanos (teleplánica), lo que ayuda a explicar la distribución de algunas especies cosmopolitas.

Otra especie en mencionar es *Lepidopa chilensis* (11,32%) que presenta una distribución geográfica desde la isla de San Lorenzo situada frente a las costas del Callao en el Perú a Iquique en el norte de Chile, lo

cual explica las apariciones de dicho crustáceo. El recurso macha (*Mesodesma donacium*) se presenta con un 9,43%, de las 24 estaciones muestreados estuvo presente en 5 de ellas; dentro de los cuales se reporta un individuo de la especie como juvenil, lo cual presume que el recurso no ha desaparecido por completo de la zona de estudio pero si se podría haber alterado su ecosistema lo cual no permite la abundancia reportada en años anteriores.

Tabla 8. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – marzo 2014

NOMBRE DE LA ESPECIE	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	PORCENTAJE
<i>Emerita analoga</i>	1	0,5218	52,18%
<i>Mesodesma donacium</i>	0,0416	0,0217	2,17%
<i>Mulinia edulis</i>	0,0416	0,0217	2,17%
<i>Bellia picta</i>	0,2083	0,1086	10,86%
<i>Lepidopa chilensis</i>	0,0416	0,0217	2,17%
<i>Isocheles pacificus</i>	0,0833	0,0434	4,34%
<i>Nephtys sp.</i>	0,2083	0,1086	10,86%
<i>Lumbrineris sp.</i>	0,0416	0,0217	2,17%
<i>Nectonema sp.</i>	0,250	0,1304	13,04%
TOTAL	1,9163	1	100%

Fuente: Elaboración propia

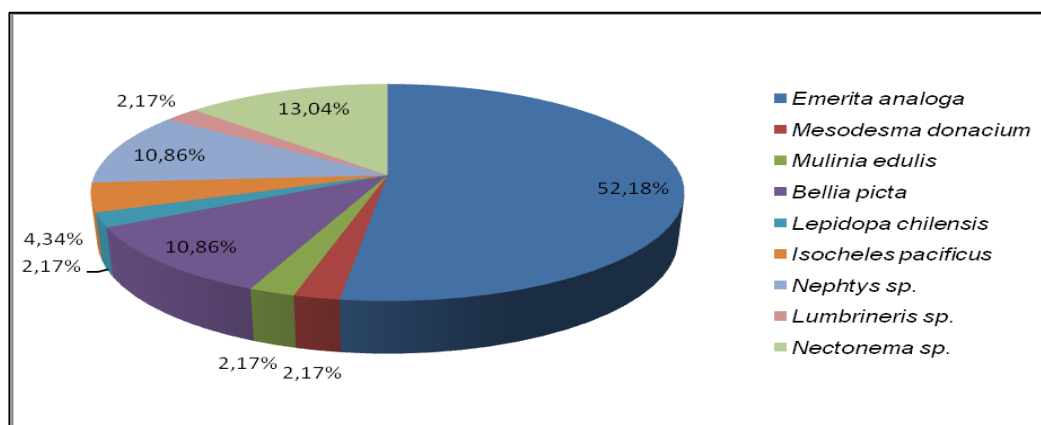


Figura 6. Frecuencia relativa de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui - marzo 2014

Fuente: Tabla 7

De igual manera como en los meses anteriores, durante el mes de marzo (Tabla 7) la especie que presentó mayor porcentaje de frecuencia relativa fue *Emerita analoga*. Otra especie que se presentó de manera regular fue *Bellia picta* con un 10,86%; crustáceo cuya distribución geográfica esta reportada en las costas de Perú y Chile.

Una especie que estuvo presente durante los meses de enero, febrero y marzo fue *Isocheles pacificus* (cangrejo ermitaño); que durante el mes de marzo alcanzó su mayor porcentaje de frecuencia relativa con un 4,34%; *Mulinia edulis* (almejita) y el poliqueto *Lumbrineris sp.* no se reportan en el mes de febrero pero si en el mes de marzo con un porcentaje de frecuencia relativa de 2,17% ambos (Tabla 7). Las playas

arenosas presentan variaciones muy grandes en cuanto a abundancia; sin embargo, la composición de taxones en la comunidad se mantiene más o menos constante, eso podría explicar la presencia de *Mulinia edulis* y el poliqueto *Lumbrineris sp.* en enero; posterior ausencia en el mes febrero y aparición con baja frecuencia en marzo.

4.1.4 Biomasa húmeda:

Tabla 9. Biomasa húmeda (toneladas cúbicas) de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014

NOMBRE DE LA ESPECIE	ENERO		FEBRERO		MARZO		BIOMASA PROMEDIO	%
	n _i	BIOMASA TOTAL	n _i	BIOMASA TOTAL	n _i	BIOMASA TOTAL		
<i>Emerita analoga</i>	4 911	14,518245	5 247	9,479085	4 741	9,1784	11,058576	88,12%
<i>Mesodesma donacium</i>	10	1,826615	11	1,678355	1	0,137445	1,21413833	9,67%
<i>Mulinia edulis</i>	2	0,26348	-	-	1	0,21658	0,16002	1,27%
<i>Bellia picta</i>	2	0,031115	2	0,007945	8	0,167475	0,068845	0,54%
<i>Lepidopa chilensis</i>	10	0,04816	8	0,03353	1	0,009485	0,03039167	0,24%
<i>Isocheles pacificus</i>	1	0,004445	1	0,00469	2	0,031780	0,01363833	0,11%
<i>Nephtys sp.</i>	3	0,00126	9	0,00322	5	0,001750	0,00207667	0,016%
<i>Lumbrineris sp.</i>	2	0,000525	-	-	1	0,000175	0,00023333	0,001%
<i>Nectonema sp.</i>	19	0,002065	15	0,00161	8	0,00084	0,001505	0,012%
TOTAL	4 960	16,69591	5 293	11,208435	4 768	9,74393	12,5494243	100

Fuente: Elaboración propia

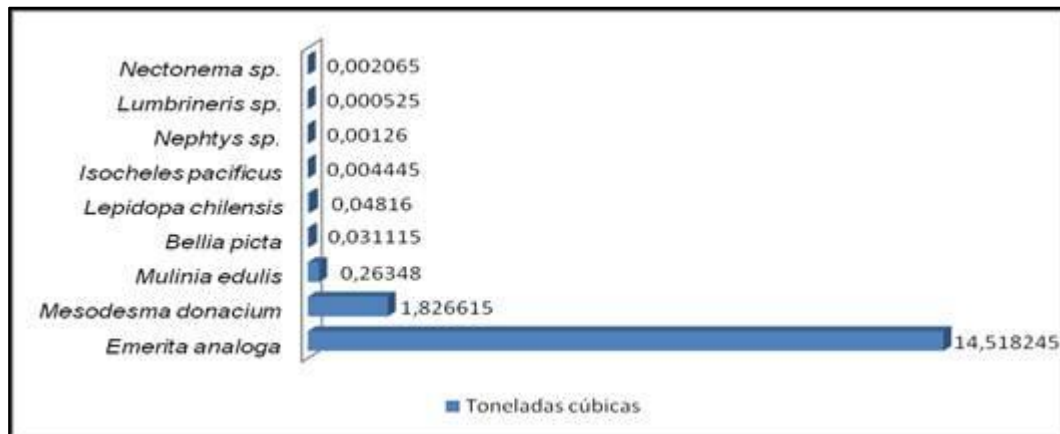


Figura 7. Biomasa húmeda de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – enero 2014

Fuente: Tabla 8

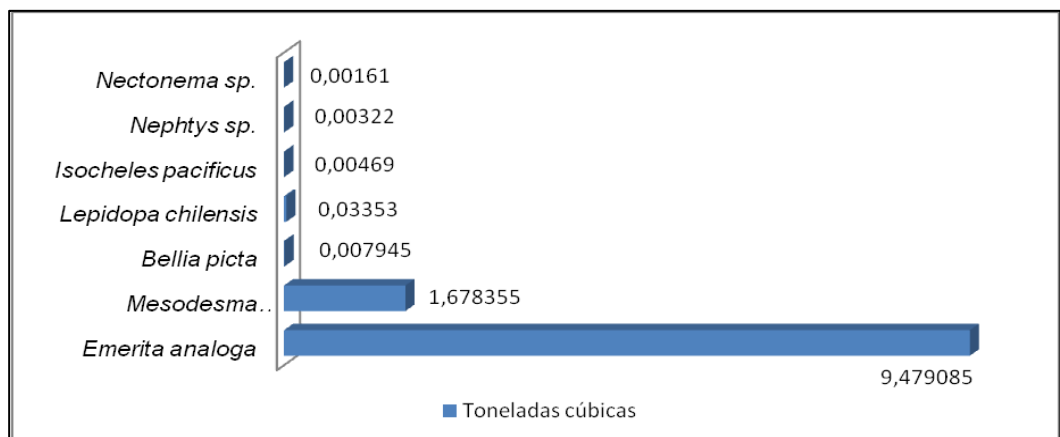


Figura 8. Biomasa húmeda de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – febrero 2014

Fuente: Tabla 8

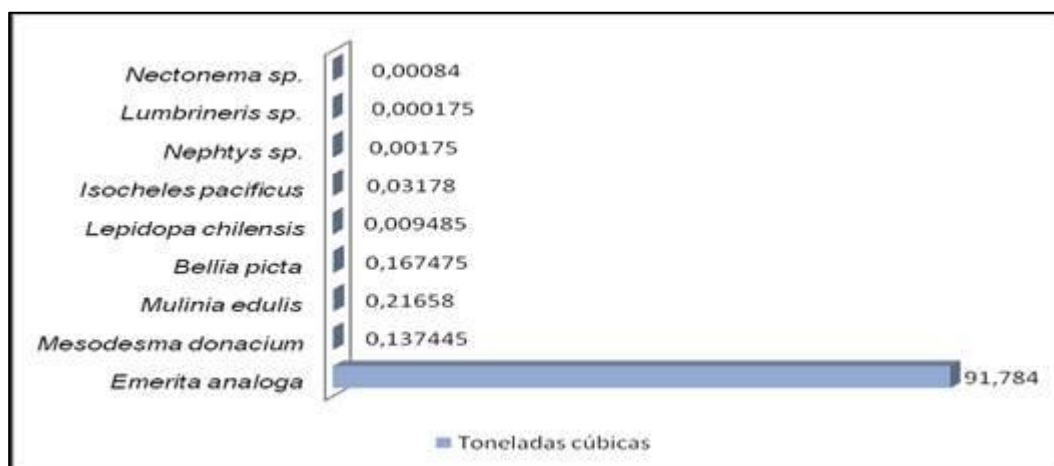


Figura 9. Biomasa húmeda de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – marzo 2014

Fuente: Tabla 8

Tal como se resume en la tabla 8; en los meses enero, febrero y marzo; los crustáceos, principalmente *Emerita analoga*, constituyen más del 80% de biomasa húmeda. Pero en el caso de los bivalvos, destacando *Mesodesma donacium*, debido al bajo número de individuos capturados apenas supera el 10% de biomasa húmeda en los meses de estudio, esto responde a la posible depredación de pescadores locales del recurso “macha”; debido a que estos pueden llegar a formar bancos muy densos de población.

Las demás especies constituyentes de la macrofauna bentónica intermareal como el bivalvo *Mulinia edulis* y los crustáceos *Bellia picta*, *Lepidopa chilensis* e *Isocheles pacificus*, en la mayoría de casos no

superan el 2% de la biomasa total promediada; esto posiblemente relacionado a la parchosidad (heterogeneidad espacial) que presentan la gran mayoría de animales en zonas de playas de arena (Tabla 8).

Tabla 10. Distribución de *Emerita analoga* por sexo

	HEMBRAS TOTAL	HEMBRAS OVÍGERAS	MACHOS	MEGALOPAS	TOTAL	BIOMASA TOTAL (Tonelada s cúbicas)
ENERO	1461	564	3430	20	4911	12,20485
FEBRERO	1288	477	3896	63	5247	9,479085
MARZO	1365	353	3360	16	4741	9,1784

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que en el mes de enero la especie dominante *Emerita analoga* posee una mayor biomasa (14,5182 toneladas cúbicas) que en el mes de febrero (9,479085 toneladas cúbicas) y marzo (9,1784 toneladas cúbicas). Como se resume en la tabla 9, en el mes de enero (4911 ind.) a pesar de tener menor cantidad de individuos que el mes de febrero (5247 ind.) y casi igual cantidad en el mes marzo (4741 ind.); presentó mayor biomasa. Esto posiblemente debido a la disminución en el número de hembras totales y hembras ovígeras en los meses de febrero (477 hembras ovígeras) y marzo (353 hembras ovígeras) con respecto a enero (564 hembras ovígeras); sumándole a ello el aumento de la población en machos y megalopas en el mes de febrero.

4.1.5 Densidad:

Tabla 11. Densidad total de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014

NOMBRE DE LA ESPECIE	ENERO		FEBRERO		MARZO		DENSIDAD PROMEDIO (ind/m ²)	%
	n _i	DENSIDAD TOTAL (ind/m ²)	n _i	DENSIDAD TOTAL (ind/m ²)	n _i	DENSIDAD TOTAL (ind/m ²)		
<i>Emerita analoga</i>	4 911	2046,25	5247	2186,25	4741	1975,42	2069,31	99,18%
<i>Mesodesma donacium</i>	10	4,17	11	4,58	1	0,42	3,06	0,14%
<i>Mulinia edulis</i>	2	0,83	-	-	1	0,42	0,42	0,02%
<i>Bellia picta</i>	2	0,83	2	0,83	8	3,33	1,66	0,08%
<i>Lepidopa chilensis</i>	10	4,17	8	3,33	1	0,42	2,64	0,12%
<i>Isocheles pacificus</i>	1	0,42	1	0,42	2	0,83	0,56	0,026%
<i>Nephtys sp.</i>	3	1,25	9	3,75	5	2,08	2,36	0,11%
<i>Lumbrineris sp.</i>	2	0,83	-	-	1	0,42	0,42	0,02%
<i>Nectonema sp.</i>	19	7,92	15	6,25	8	3,33	5,83	0,27%
TOTAL	4960	2066,67	5293	2205,42	4768	1986,67	2086,25	100%

Fuente: Elaboración propia

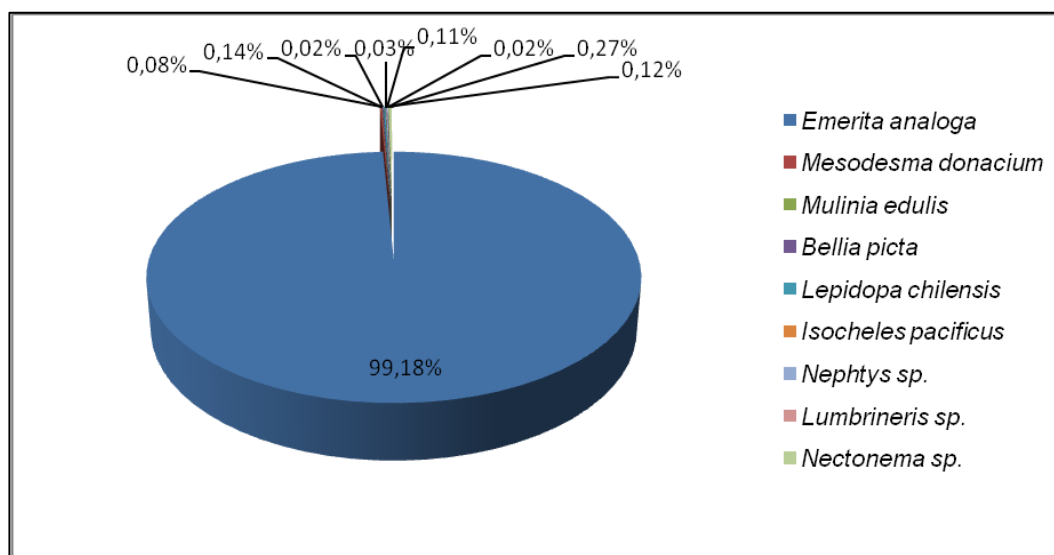


Figura 10. Densidad poblacional de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – 2014

Fuente: Tabla 10

Como se resume en la tabla 10; *Emerita analoga* presentó una densidad elevada ($2069,31 \text{ ind/m}^2$) en relación a los demás integrantes de la comunidad bentónica intermareal. Si bien existen diferencias en los meses de estudio esto posiblemente debido a que las fluctuaciones temporales de la densidad pueden manifestarse a lo largo del año o entre varios años y están dadas por las variaciones de factores abióticos (temperatura, mareas, sedimento, tipo de playa) y dentro de los factores bióticos más importantes se encuentran la disponibilidad de alimento, la depredación y la competencia. Entonces debido a que los muestreos se

dieron en meses de temporada de verano, en condiciones óptimas de desarrollo de *Emerita analoga*, explicaría dicha densidad poblacional.

El resto de la comunidad no supera el 0,30%, así tenemos a *Nectonema sp.* con 5,83 ind/m² y a *Mesodesma donacium* con 3,06 ind/m² (Tabla 10). Ambos reportados para la zona intermareal en dicho ecosistema, el nematomorfo con mayor incidencia quizás debido a la disponibilidad de alimento (materia orgánica) y para el recurso “macha” posiblemente se deba su densidad a esfuerzos por repoblar la zona de Los Palos y Chile con “semillas” de *Mesodesma donacium* en años anteriores. El resto de especies componentes de la comunidad presentan densidad baja debido a que posiblemente exista competencia por el ambiente arenoso donde se sabe que la especie dominante es *Emerita analoga*.

4.2 Perfil medio desde la playa Los Palos hasta El Chasqui – Tacna

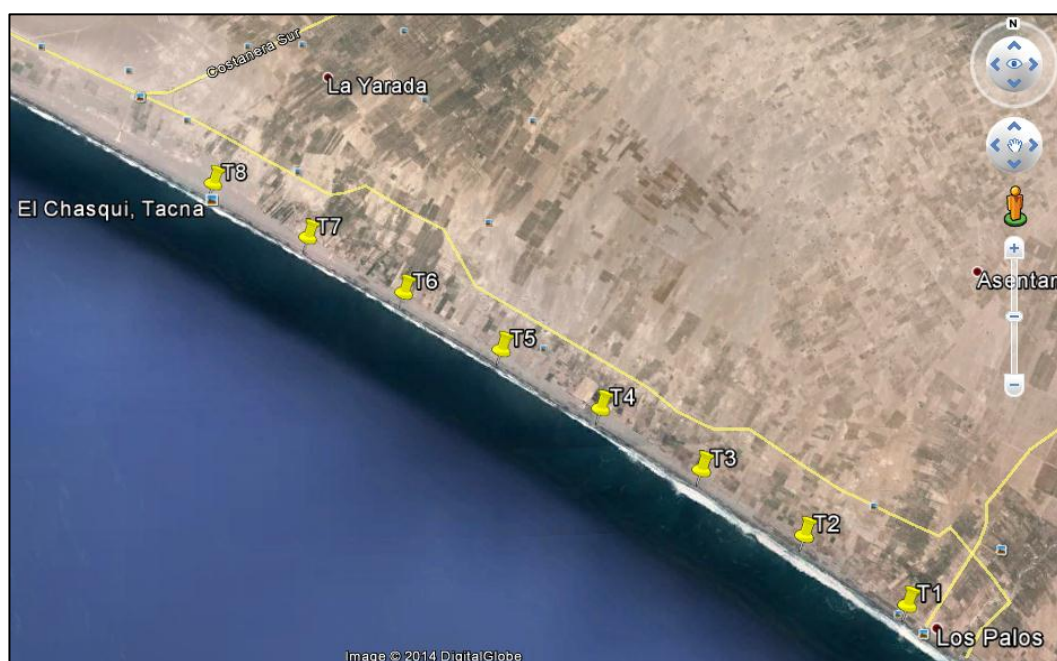


Figura 11. Localización de los transectos de muestreo desde la playa Los Palos hasta El Chasqui – 2014

Fuente: Google Earth

La zona de estudio abarcó un territorio que corresponde desde la playa Los Palos (19K 347004 E, 7976253 S) hasta El Chasqui (19K 333961 E, 7984866 S) (Figura 4). En donde se trazaron 8 transectos perpendiculares a la línea costera durante los meses de enero, febrero y marzo del 2014; haciendo una extensión aproximada de 280 000 m².



Figura 12. Perfil de la zona intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui

Fuente: Fotografía propia

La zona de estudio presenta un perfil de playa arenosa con poca erosión, los cuales están determinadas por condiciones de arena (promedio de 0,149 milímetros de diámetro) y oleaje incidente (olas con altura de 1 a 2 metros). Las Playas en estudio son abiertas al océano Pacífico con amplio rango y largos periodos de “swash” (la zona de “swash” es la parte de la playa que se extiende desde el nivel más bajo alcanzado por el oleaje en la playa y el nivel más alto alcanzado por el oleaje). La vegetación no es cercana a la línea de marea alta y presenta una pendiente suave (Figura 5). Respecto a la variación temporal del perfil

de playa; no hubo cambios significativos debido a que los muestreos se realizaron durante la temporada de verano.

4.3 Parámetro de Dean (Ω)

Tabla 12. Parámetro de Dean (Ω) - enero 2014

TRANSECTO	Altura Promedio de Ola (m)	Velocidad de Sedimentación (m/s)	Periodo de Ola (s)	DEAN (Ω)	DESCRIPCIÓN
T-1	1,2	0,014	10	8,5	DISIPATIVO
T-2	1,5	0,02	10	7,5	DISIPATIVO
T-3	1,3	0,0217	10	6,0	DISIPATIVO
T-4	1,3	0,0224	10	5,8	INTERMEDIA
T-5	1,5	0,027	10	5,5	INTERMEDIA
T-6	1,6	0,0246	10	6,5	DISIPATIVO
T-7	1,5	0,025	10	6,0	DISIPATIVO
T-8	1,8	0,025	10	7,2	DISIPATIVO

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el estado morfodinámico de las playas desde Los Palos hasta El Chasqui se utilizó el parámetro de Dean (Ω); este índice toma valores entre 0,1 y 1,0 en playas de estado morfodinámico reflectivo; si el valor se encuentra entre 1,1 y 6,0 se presenta un estado de playa tipo intermedio y superior a 6,1 corresponde a una playa tipo disipativo.

Tabla 13. Parámetro de Dean - febrero 2014

TRANSECTO	Altura Promedio de Ola (m)	Velocidad de Sedimentación (m/s)	Periodo de Ola (s)	DEAN (Ω)	DESCRIPCIÓN
T-1	1,5	0,0211	10	7,1	DISIPATIVO
T-2	1,5	0,0215	10	6,9	DISIPATIVO
T-3	1,2	0,0213	10	5,6	DISIPATIVO
T-4	1,6	0,024	10	6,6	DISIPATIVO
T-5	2,0	0,026	12	6,4	DISIPATIVO
T-6	1,8	0,025	12	6,0	DISIPATIVO
T-7	1,5	0,0256	10	5,8	INTERMEDIA
T-8	1,8	0,0265	12	5,6	INTERMEDIA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Parámetro de Dean, marzo 2014

TRANSECTO	Altura Promedio de Ola (m)	Velocidad de Sedimentación (m/s)	Periodo de Ola (s)	DEAN (Ω)	DESCRIPCIÓN
T-1	1,2	0,0219	10	5,4	INTERMEDIA
T-2	1,5	0,0239	10	6,2	DISIPATIVO
T-3	1,2	0,02	10	6,0	DISIPATIVO
T-4	1,3	0,0181	10	7,1	DISIPATIVO
T-5	1,8	0,024	10	7,5	DISIPATIVO
T-6	1,5	0,0223	10	6,7	DISIPATIVO
T-7	1,5	0,0241	10	6,2	DISIPATIVO
T-8	1,3	0,0219	10	5,9	INTERMEDIA

Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación de playas, la zona de estudio presentó un perfil disipativo con zonas de perfil intermedio (Tabla 02, 03 y 04); además la zona de estudio presentó características propias de una playa disipativa

como tamaño de grano de arena clasificado como “arena fina”; amplia zona de disipación en donde las olas disminuyen su energía y en consecuencia llegan débiles hasta la cara de la playa; el clima de lavado es menos violento y presentan una alta biomasa de invertebrados filtradores.

4.4 Índices de diversidad biológica

4.4.1 Índice de diversidad de Margalef

Tabla 15. Resumen del índice de Margalef – 2014

MES	RIQUEZA ESPECÍFICA	TOTAL DE INDIVIDUOS	INDICE DE MARGALEF
ENERO	9	4960	0,9402
FEBRERO	7	5293	0,6998
MARZO	9	4768	0,9445

Fuente: Elaboración propia

Según el índice de Margalef, supone que hay una relación funcional entre el número de especies (riqueza específica) y el número total de individuos; según esto se elaboró la Tabla 05, en el cual se observa un índice de diversidad de Margalef con valores bajos (<2,0) debido a la baja riqueza de especies en comparación a otros ambientes de zona litoral como por ejemplo la playas de sustrato rocoso. Sin embargo la riqueza específica reflejada a través de índice de Margalef posiblemente se vea

influenciada debido a que las playas de arena son ambientes muy dinámicos caracterizados por presentar grandes abundancias específicas y la dominancia de algunas especies; además de la distribución espacial de la comunidad bentónica intermareal, en donde damos cuenta de sus agregaciones o parches, que pueden tener diferentes causas, tales como fenómenos conductuales, competencia, disponibilidad de alimento, perturbación y los factores físicos.

4.4.2 Índice de dominancia de Simpson

Tabla 16. Resumen del índice de dominancia de Simpson – 2014

TRANSECTO	ENERO	FEBRERO	MARZO
	ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON	ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON	ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON
T1	0,9882	0,9956	0,9936
T2	0,9702	0,9826	0,9759
T3	0,9931	0,9758	0,9916
T4	0,9884	0,9842	0,986
T5	0,9661	0,9914	0,998
T6	0,9934	0,9697	0,9851
T7	0,9689	0,9862	0,9881
T8	0,9664	0,9602	0,9867

Fuente: Elaboración propia

Tal como se describe en la Tabla 06; el índice de Dominancia de Simpson es muy sensible a las abundancias relativas del número total de individuos recolectados, así se observa la marcada dominancia de una

especie componente de la comunidad bentónica intermareal (*Emerita analoga*) como consecuencia de la clasificación del tipo de playa arenosa; la cual presenta un estado morfodinámico de disipativa.

Esto debido a que una playa arenosa disipativa permite la retención de materia orgánica proveniente de las zonas mesomareal y submareal, a su vez las bacterias dejan libre los nutrientes para que organismos fotosintéticos puedan incorporarlos a su organismo, esta disponibilidad de alimento permite la dominancia de *Emerita analoga* la cual se adapta muy bien a las condiciones ya descritas.

4.4.3 Índice de equidad de Shannon – Wiener

Tabla 17. Resumen del índice de equidad de Shannon - Wiener – 2014

TRANSECTO	ENERO	FEBRERO	MARZO
	ÍNDICE DE EQUIDAD DE SHANNON-WIENER	ÍNDICE DE EQUIDAD DE SHANNON-WIENER	ÍNDICE DE EQUIDAD DE SHANNON-WIENER
T1	0,04238	0,01714	0,02173
T2	0,09705	0,06169	0,08255
T3	0,02531	0,07978	0,03032
T4	0,03956	0,05677	0,04798
T5	0,09722	0,03264	0,007792
T6	0,02231	0,09228	0,05192
T7	0,102	0,04567	0,03993
T8	0,1074	0,118	0,04755

Fuente: Elaboración propia

Algunos de los índices más reconocidos sobre diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad; por tal el índice de Shannon-Wiener nos expresa que no existe uniformidad de todas las especies componentes de la comunidad intermareal, además cuando se observó mayor dominancia (Tabla 06), menor fue la diversidad (Tabla 07); a pesar de que se presentaron condiciones favorables para el desarrollo de los demás componentes de la comunidad, se pudo evidenciar que *Emerita analoga* al tener alta abundancia permite observar una baja abundancia en las demás poblaciones de especies.

4.4.4 Coeficiente de similitud de Jaccard

Tabla 18. Resumen del coeficiente de similitud de Jaccard

COEFICIENTE DE SIMILITUD DE JACCARD			
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO
ENERO	-	0,78	1
FEBRERO	0,78	-	0,78
MARZO	1	0,78	-

Fuente: Elaboración propia

El índice de similitud de Jaccard, presenta un intervalo de valor de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. Para el mes de enero, febrero y marzo del 2014; así entonces a pesar de que las playas

expuestas de arena son ambientes muy dinámicos y cambiantes, la similitud entre los meses de enero y marzo es de 1; muy probablemente a que en ambos meses presentaron las mismas características físicas (temporada de verano) y si bien hubo una similitud de 0,78 entre los meses de enero y marzo frente a febrero, esto respondería a la parchosidad (heterogeneidad espacial) que presentan la gran mayoría de animales en zonas de playa de arena (Tabla 08).

4.4.5 Índice de Morisita - Horn

Tabla 19. Resumen del índice de Morisita – Horn

ÍNDICE DE MORISITA HORN			
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO
ENERO	-	0,9993	0,9980
FEBERO	0,9993	-	0,9982
MARZO	0,9980	0,9982	-

Fuente: Elaboración propia

Este índice está relaciona las abundancias específicas con las abundancias relativas y total; normalmente es muy sensible a la abundancia de la especie más abundante. El índice de Morisita - Horn como se describe en la Tabla 09, muestra una similitud elevada entre los meses de estudio; como consecuencia de las condiciones ambientales muy similares en los meses de enero, febrero y marzo del 2014 (verano);

ello influye en el estado morfodinámico de la zona de estudio; la cual califica para los tres meses como zonas de playa arenosa que van desde un estado morfodinámico intermedio a disipativo.

De igual manera, un factor determinante en zonas de vida marina como la temperatura del mar, estuvo constante durante los meses de estudio, oscilaron entre los 19 y 21 °C. Dado esto no se alteró la composición espeziológica ni la abundancia de organismos excavadores.

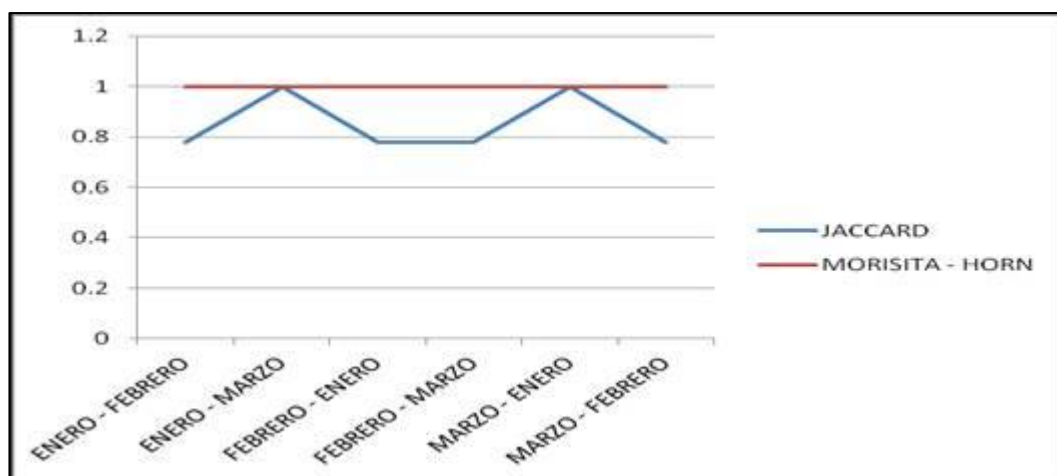


Figura 13. Relación entre el índice de Jaccard y Morisita - Horn

Fuente: Tabla 8 y 9

Si bien ambos índices expresan el grado de semejanza en composición de especies; el índice de Jaccard es cualitativo y el de Morisita – Horn es cuantitativo y este último tiene la desventaja de que es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante

(*Emerita analoga*); por ello las diferencias entre ambos índices que miden la semejanza entre dos sitios (Gráfico 08).

4.5 Relación de parámetros físicos y biológicos

Tabla 20. Relación de parámetros físicos y biológicos

CORRELACIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON			
	ENERO	FEBRERO	MARZO	TOTAL
Abundancia total/Parámetro de Dean (Ω)	0,8485	0,6038	0,8228	0,7503
Riqueza específica/Parámetro de Dean (Ω)	0,4650	-0,0146	0,0147	0,2246
Abundancia total/Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0,3350	0,8583	-0,4923	0,2750
Riqueza específica/Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	-0,3803	0,5053	0,0640	0,1855
Abundancia total/Ángulo de inclinación	-0,0400	0,1632	0,2001	0,1077
Riqueza específica/Ángulo de inclinación	0,3110	-0,0297	-0,3229	-0,0138

Fuente: Elaboración propia

Según como se expone la tabla 11, al realizar la correlación lineal de Pearson entre los parámetros físicos tales como la pendiente, parámetro de Dean y la temperatura; frente a los parámetros biológicos tales como la abundancia total y riqueza específica; así se muestra una correlación directa y significativa (Coeficiente de correlación de Pearson = 0,75) entre la abundancia total de individuos y el estado morfodinámico de la playa (Parámetro de Dean) que va de zonas de perfil intermedio a disipativo. Sin embargo para su interpretación se determinó el coeficiente de

determinación, obteniéndose un valor de 0,56. Esto puede interpretarse como que un 56% de la abundancia total de individuos es debido al estado morfodinámico de la playa (Parámetro de Dean).

Así entonces, cuando el perfil de playa fue más disipativo hubo mayor abundancia total de individuos; caso contrario si el perfil de playa es de estado intermedio se reduce la abundancia total de individuos.

Las zonas de playa arenosa con estado morfodinámico disipativo, debido a las características propias que posee tales como pendiente baja, tamaño de grano de arena clasificado como “arena fina”, amplias zonas de swash, etc. hacen posible la abundancia de ciertos invertebrados (*Emerita analoga*), muchos de ellos importantes en cadenas alimenticias marinas y como indicadores de contaminación antropogénica (Acuña y Jaramillo, 2015).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

El promedio del número de especies reportadas (9 especies) para la franja costera arenosa de la Región de Tacna en estudio, está delimitando el rango inferior observado en playas arenosas vecinas de la costa del Pacífico, como en playas de Lima: San Pedro de Lurín y Asia (playas de régimen expuesto), con 20 especies y Las Conchitas (playa de poco oleaje), con 14 especies (Tarazona y cols., 1986). Estudios realizados en el 2013 por el Instituto del Mar del Perú denominado “Investigaciones sobre recursos de fondo blando con énfasis en el recurso macha en el litoral de la región de Tacna”; manifiesta una riqueza específica para la zona de estudio entre Pueblo Libre y Rancho Grande de 11 y 16 especies respectivamente en temporada de verano. Por el contrario en la estación de invierno en Pueblo Libre aumentó la riqueza (13 especies) y en Rancho Grande disminuyó la riqueza (11 especies) cambios dados por la variabilidad del ecosistema de playas arenosas y la marcada diferencia estacional.

Las playas arenosas están sujetas a una amplia variación de las condiciones físicas, y esta inestabilidad estacional se relaciona con la baja diversidad y la elevada abundancia de ciertos filtradores (Dexter, 1972). El grupo más representativo en la zona intermareal fue la de los crustáceos seguido de la clase Nectomatoidea, moluscos y anélidos; con abundancias de 4911, 5247 y 4741 individuos en los meses de enero, febrero y marzo respectivamente; donde se encuentra una mayor abundancia respecto al reporte del Instituto del Mar del Perú del 2013 que manifiesta para la zona una abundancia de 3363 y 1816 individuos en las zonas de Pueblo Libre y Rancho Grande. Así mismo la abundancia de la macroinfauna intermareal sufre importantes variaciones a lo largo de la playa de arena lo que ocasiona una heterogeneidad espacial de las especies que constituyen la comunidad (McLachlan, 1983). En el caso de la macroinfauna de playas de arena, especialmente en los crustáceos, las especies son móviles por lo cual la capacidad de exploración está presente (Brazeiro y cols., 1998).

Por otro lado, la riqueza de especies no presentó relación con el estado morfodinámico de la playa (intermedio a disipativo) descrito por Defeo y McLachlan (2005) y Jaramillo y cols. (1998). Sin embargo la abundancia total por transecto evaluado presenta una relación directa y

significativa (c. de Pearson = 0,75) respecto al estado morfodinámico del perfil de playa; esto debido a la hipótesis de rigurosidad ambiental (HHH por sus siglas en inglés) que postula que en playas reflectivas e intermedias, los organismos requieren más energía para adaptarse y mantenerse en un ambiente riguroso y por lo tanto tienen menor abundancia y tasas más bajas de fecundidad, crecimiento y sobrevivencia, que en playas disipativas. (Celenteano, 2005).

La especie más abundante fue el decápodo anomuro *Emerita analoga*, lo que coincide con estudios llevados a cabo en la zona por el IMARPE y más al sur, en el vecino país de Chile, por investigaciones realizadas por Jaramillo por 30 años atrás (Acuña, 2104). Esto debido al tratarse de una zona con playas intermedias a disipativas la cual brinda el ambiente más propicio para la filtración, debido a la extensa zona de “swash” de la cual dependen los filtradores y por tener bajas tasas de transporte de sedimentos que en general facilita a la macroinfauna que se alimenta mediante este mecanismo (Lercari y Defeo, 2006). Los cambios temporales en la abundancia de *Emerita analoga* y *Mesodesma donacium* en playas pueden estar relacionadas por interacciones bióticas, Arntz y cols. (1987), indican que durante un periodo de dominancia de *E. analoga*, *M. donacium* estuvo ausente en las playas del Perú, posteriormente *M. donacium* dominó y sugirió que las poblaciones densas

del bivalvo puede excluir a *E. analoga*. Dugan y Hubbard, (2004), reportan de la misma manera evidencias sobre interacciones biológicas negativas entre la macroinfauna en playas expuestas, indicando además la importancia de las condiciones físicas en la interacción de las especies que se distribuyen en la zona intermareal de playas arenosas.

La configuración morfológica de las playas del litoral de Tacna, presenta condiciones de hábitat aparentemente adecuadas para el recurso “macha” con un predominio de arena media y fina en su hábitat, como lo registrado en el 2008 en las playas de Tacna donde el recurso presentaba mayores densidades (Instituto del Mar del Perú, 2009), así como lo observado en la cuarta Región – Chile por Ortiz y Stotz (1996) donde predomina la arena fina para los individuos juveniles.

CONCLUSIONES

La comunidad de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui en el 2014 se encontró representado por los siguientes grupos taxonómicos: Subfilo Crustácea (*E. analoga*; *L. chilensis*; *I. pacificus* y *Bellia picta*), filo Mollusca (*M. donacium* y *M. edulis*), filo Annelida (*Nephtys sp.* y *Lumbrineris sp.*) y filo Nematomorpha (*Nectonema sp.*). Predominando los crustáceos sobre los demás integrantes de la comunidad, debido a las características morfodinámicas del perfil de playa lo cual proporciona un ambiente propicio para su desarrollo y asentamiento.

La abundancia relativa de las especies que constituyen la comunidad de macroinfauna desde la playa Los Palos hasta El Chasqui de la Provincia de Tacna en el 2014; está representado en mayor porcentaje por el suspensívoro del área, *E. analoga* con un 99,18%, varía en relación a estados morfodinámicos de playas; en general, las abundancias poblacionales fueron menores en playa con características intermedias. El resto de especies no superan el 0,20% de abundancia relativa.

La zona de estudio comprendida desde Los Palos hasta El Chasqui en el 2014, presentó un estado morfodinámico que va desde un perfil de playa intermedia a disipativa. Los resultados de abundancia total por transecto muestran que la estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal de las playas arenosas, en general, presentan una estrecha relación con las características morfodinámicas de las zonas de estudio, definidas estas por el parámetro de Dean.

SUGERENCIA

Se sugiere que se hagan estudios por periodos de tiempo estacional; para poder evidenciar los cambios morfológicos ocurridos cuando las condiciones estacionales varíen en la zona intermareal de playas arenosas. Esto debido a la fuerte relación que existe entre la estructura de la comunidad de la macroinfauna y los factores físicos resumidos en el Parámetro de Dean.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, E. (2014). *Estructura Comunitaria de la Macroinfauna Intermareal en las Playas Arenosas sometidas a Diferentes Presiones Antropogénicas en la Costa de Iquique, Chile*. Tesis para optar por el Título Profesional de Biólogo Marino. Universidad Austral de Chile.
- Acuña, E. & Jaramillo, E. (2015). *Macroinfauna en playas arenosas de la Costa Norte Grande de Chile sometidas a diferentes presiones antrópicas*. Revista de Biología Marina y Oceanografía. Vol. 50, 2:299-313.
- Apín, Y., Ocaña, F., Cala, Y. & Gómez, L. (2009). *Estructura poblacional de Emerita sp. (Crustacea: Decapoda) en playa Levisa, Granma, Cuba*. Universidad de Oriente. Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras (CEMZOC). Cuba.
- Anfuso, G. (2001). *Morfología y dinámica sedimentaria del litoral gaditano entre Chipiona y Rota*. Tesis de Doctorado. Universidad de Cádiz, España. p. 375.

- Arntz, W., Brey, T., Tarazona, J. & Robles, A. (1987). *Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. South African Journal of Marine Science.* 5:645-658.
- Barriga, E. & Quiroz, M. (1998). *Efectos del Fenómeno El Niño 97-98 sobre las poblaciones del recurso macha (Mesodesma donacium) en los bancos naturales del litoral de Moquegua y Tacna.* Informe Interno. IMARPE
- Bird, E. (2003). *Coastal Geomorphology. An Introduction.* John Wiley & Sons, The Atrium Gate, Chichester., 321 p.
- Brazeiro, A., Rozbaczylo, N., Fariña, J. (1998). *Distribución espacial de la macrofauna de una playa expuesta de Chile central: Efectos de la morfodinámica intermareal.* Pontificia Universidad Católica de Chile. Invest. Mar. Valparaíso. 26:119-126.
- Burnett, R. (1971). *DDT residues: Distributions of concentrations in Emerita analoga along coastal California.* Science 174:606-608.
- Castillo, G. (2011). *Evaluación de Bancos Naturales de Macha Mesodema donacium asentadas en Playa Santa Rosa con la finalidad de repoblar áreas aledañas al litoral.* Revista Ciencia y Desarrollo 2011; 13:22-27.

Celenteano, E. (2005). *Efecto de la morfodinámica en la abundancia e historia de vida del “tatucito” Emerita brasiliensis (Decapoda:Hippidae) en las playas arenosas de Uruguay*. Tesis de Maestría en Biología. Universidad República – Montevideo.

Cortes, C. y Mendoza, J. (2012). *Estructura de la comunidad macrobentónica en cuatro playas arenosas del parque nacional natural Corales del Rosario y San Bernardo (Caribe Colombiano) sometidas a diferentes niveles de uso*. Revista Intrópica. Santa Marta – Colombia. 7:21-27.

Defeo, O., Jaramillo, E. & Lyonnet, A. (1992). *Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna on the Atlantic coast of Uruguay*. Journal of Coastal Research 8:830-839.

Defeo, O. & Gómez, J. (2005). *Morphodynamics and habitat safety in sandy beaches: Life history adaptations; a multi-scale analysis*. Marine Ecology Progress Series. 295:1-20.

Defeo, O. & McLachlan, A. (2005). *Patterns, processes and regulatory mechanisms in Sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 295:1-20.

- De La Lanza, G. (1986). *Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: Importancia, comportamiento y significado de modelos de predicción*. An. Inst. Cien. Mar y Limnol. Universidad Nacional Autónoma de México. 13:251-286.
- Dexter, D. (1972). *Comparison of the community structures in a Pacific and an Atlantic Panamian Sandy beach*. Bull. Mar. Sei. 22:449-462.
- Dugan, E. y Hubbard, M. (1996). *Local variation in populations of the sand crab Emerita analoga on sandy beaches in southern California*.
- Estrada, J. (2007). *Características granulométricas y geoquímicas de arena de playa de Tecolutla, Veracruz, México: Implicaciones de Procedencia y Ambientes Sedimentarios de Depósito*. Tesis de Licenciatura publicada. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Finkl, C. (2004). *Coastal classification: Systematic approaches to the development of a proposed comprehensive scheme*. Journal of Coastal Research, 20(1).
- Jaramillo, E., Carrasco, F., Quijon, P., Pino, M. & Contreras, H. (1998). *Distribución y Estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica*

en la costa del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 1998; 71:459-478 pp.

Jaramillo, E., McLachlan, A. & Coetzee, P. (1993). *Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed Sandy beaches in south-central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser.* 101:105-118.

Lercari, D. & Defeo, O. (2006). *Large-scale diversity and abundance trends in Sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics. Estuar Coast Shelf Sci.* 68:27-35.

Márquez, G. (1996). *Biodiversidad Marina: Aproximación con referencia al Caribe. En: Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia. Bogotá.* 67-102 pp.

Magurran, E. (1988). *Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey.* pp. 179.

McGwyne, L. & McLachlan, A. (1992). *Ecology and management of sandy coasts. University of Port Elizabeth, South Africa, Institute for Coastal Research. Report N° 30.*

McLachlan, A. y Brown, A. (2006). *The Ecology of Sandy Shores. Academic Press Elsevier.* 2da. Ed.

McLachlan, A. & cols. (1981). *Sand beach energetic: an ecosystem approach towards a high energy interface*. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 13(1):11-25.

McLachlan, A. (1983). *Sandy beach ecology: a review*. Sandy beach as ecosystem. The Hague. 321-380.

McLachlan, A. & cols. (1993). *Sand beach macrofauna communities: a geographical comparison*. Journal of Coastal Research, 15:27-38.

McLachlan, A. & cols. (1995). *Adaptions of bivalves to different beach types*. Exp. Mar. Biol. Ecol. 187: 147-160.

Medina, R., Losada, I., Losada, M. & Vidal, C. (1995). *Variabilidad de los perfiles de playa: Forma y distribución granulométrica*. Ingeniería del Agua. Vol. (2). Num. Extraordinario. (Abril 1995), pp. 133-142.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y tesis SEA*. Vol. 1.

Morin, P. (1999). *Community Ecology*. Blackwell Sciencie. Inc. Malden.

Mösso, C. (2004). *Estudio numérico-experimental de la dinámica de la zona cercana a la costa*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de

Catalunya, Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental.

Ortiz, M. & Stotz, W. (1996). *Distribución de juveniles recientemente asentados de Mesodesma donacium (Lamarck, 1 818) (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmastidae) en tres bahías de la cuarta región: Variables físicas y químicas que le caracterizan*. Biol. Pesquera (Chile), 25:27–40.

Penchaszadeh, P. (1971). *Observaciones cuantitativas preliminares en playas arenosas de la costa central del Perú con especial referencia a las poblaciones de “muy muy” (Emerita analoga Crustacea:Anomura, Hippidae)*. Inst. Biol. Mar. Mar del Plata. 177:1-16.

Perú. Instituto del Mar del Perú (2006). *Bancos Naturales de las Regiones Moquegua y Tacna*. Sede Regional Ilo. Informe Interno.

Perú. Instituto del Mar del Perú (2009). *Monitoreo del Recurso Macha (Mesodesma donacium) en el litoral de la Región Tacna*. Abril 2009. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno.

Perú. Instituto del Mar del Perú (2014). *Investigaciones sobre recursos de fondos blandos con énfasis en el recurso “macha” en el litoral de la Región de Tacna*. Sede Regional Ilo.

Posada, B. (2008). *Metodología para el levantamiento de perfiles de playas*. Servicio de publicaciones del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. pp. 55-63.

Ramírez, A. (2012). *Variación espacio-temporal de la Comunidad Macrobentónica del Intermareal de la playa “El Cochalito”, B.C.S., México*. Tesis de Maestría publicada. México: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

Robertson, M., Hall, S. & Eleftheriou, A. (1989). *Environmental correlates with amphipod distribution in a Scottish sea loch*. Cahiers de Biologie Marine, 30, 243-258.

Rodil, I., Lastra, M. y López, J. (2007). *Macrofauna community structure and biochemical composition of sedimentary organic matter along a gradient of wave exposure in Sandy beaches (NW Spain)*. Hydrobiologia, 579: 301-316.

Santamaría, J. (2005). *Manual de prácticas de topografía y cartografía*. Universidad de la Rioja. Servicio de publicaciones.

Short, A. (1996). *The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: A review*. Revista Chilena de Historia Natural, 69:589-604.

Soto, M. y Arriagada, J. (2007). *Características dinámicas de ensenadas estructurales de Chile central. Maitencillo - Cachagua y Papudo, Región de Valparaíso*. Revista de Geografía Norte Grande 38:99-112.

Stotz, W., Valdebenito, M., Romero, M., Bernal, G., Caillaux, L., Aburto, J., Contreras, H., Lancellotti, D., Urriola, N., Guajardo, P., Baro, S., Aquea, G. & Cerda, C. (2008). *Estudio Reproductivo del Recurso Almeja en la IV Región. (Informe Final: Proyecto FIP, 2006-46)*. Chile: Universidad Católica del Norte. Facultad de Ciencias del Norte.

Tarazona, J., Paredes, C. y Igreda, M. (1986). *Estructura de Macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú*. Revista de Ciencias U.N.M.S.M., Vol. 74, N° 1, pp. 103 – 116.

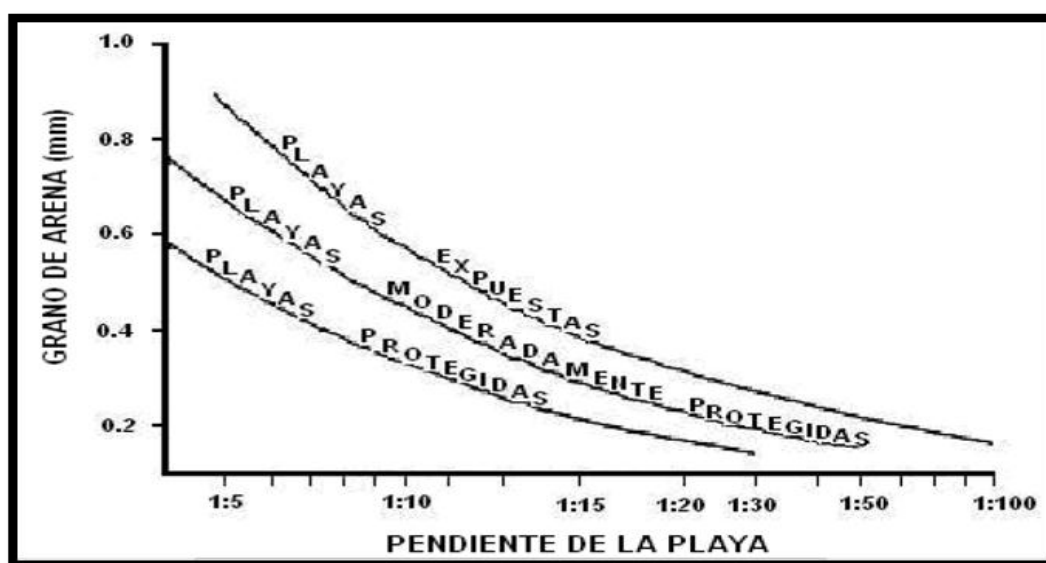
Torres, G. (2010). *Ecología de la Taxocenosis de Peracáridos Macrobentónicos en Playas Arenosas Protegidas: Análisis multiescala de los patrones ecológicos y consideraciones para el*

manejo sustentable. Tesis de Doctorado publicada. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

Tuja, S. (2011). *Distribución vertical y transversal de Gremios Filtradores y Carroñeros en dos playas con morfodinámica contrastante*. Tesis de Licenciatura publicada. Uruguay: Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

ANEXOS

Anexo 1. Relación entre el tamaño de grano de la arena de la playa, exposición a la acción del oleaje, y ángulo de la pendiente en playas del oeste de EUA



Fuente: Torres, 2010

Anexo 2. Valores de las pendientes desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – enero 2014

TRANSECTO	PENDIENTE A 10 m	PENDIENTE A 20 m	PENDIENTE A 30 m	PENDIENTE PROMEDIO	ÁNGULO
T-1	2,70%	2,00%	2,00%	2,23%	1,5°
T-2	3,00%	2,25%	2,33%	2,53%	1,7°
T-3	2,80%	2,10%	1,67%	2,19%	1,6°
T-4	2,80%	2,50%	2,50%	2,60%	1,6°
T-5	2,70%	2,40%	2,30%	2,47%	1,5°
T-6	1,90%	2,15%	1,97%	2,01%	1,1°
T-7	2,20%	2,05%	2,13%	2,13%	1,3°
T-8	1,90%	1,75%	2,27%	1,97%	1,1°

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Valores de las pendientes desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – febrero 2014

TRANSECTO	PENDIENTE A 10 m	PENDIENTE A 20 m	PENDIENTE A 30 m	PENDIENTE PROMEDIO	ÁNGULO
T-1	3,40%	2,90%	3,56%	3,29%	1,9°
T-2	2,90%	3,50%	3,50%	3,30%	1,7°
T-3	2,90%	3,50%	2,83%	3,08%	2,0°
T-4	3,00%	3,60%	3,40%	3,33%	1,7°
T-5	3,50%	3,60%	3,17%	3,42%	2,0°
T-6	2,90%	4,10%	3,50%	3,50%	1,1°
T-7	3,80%	3,65%	3,40%	3,62%	1,8°
T-8	4,50%	4,10%	3,97%	4,19%	1,8°

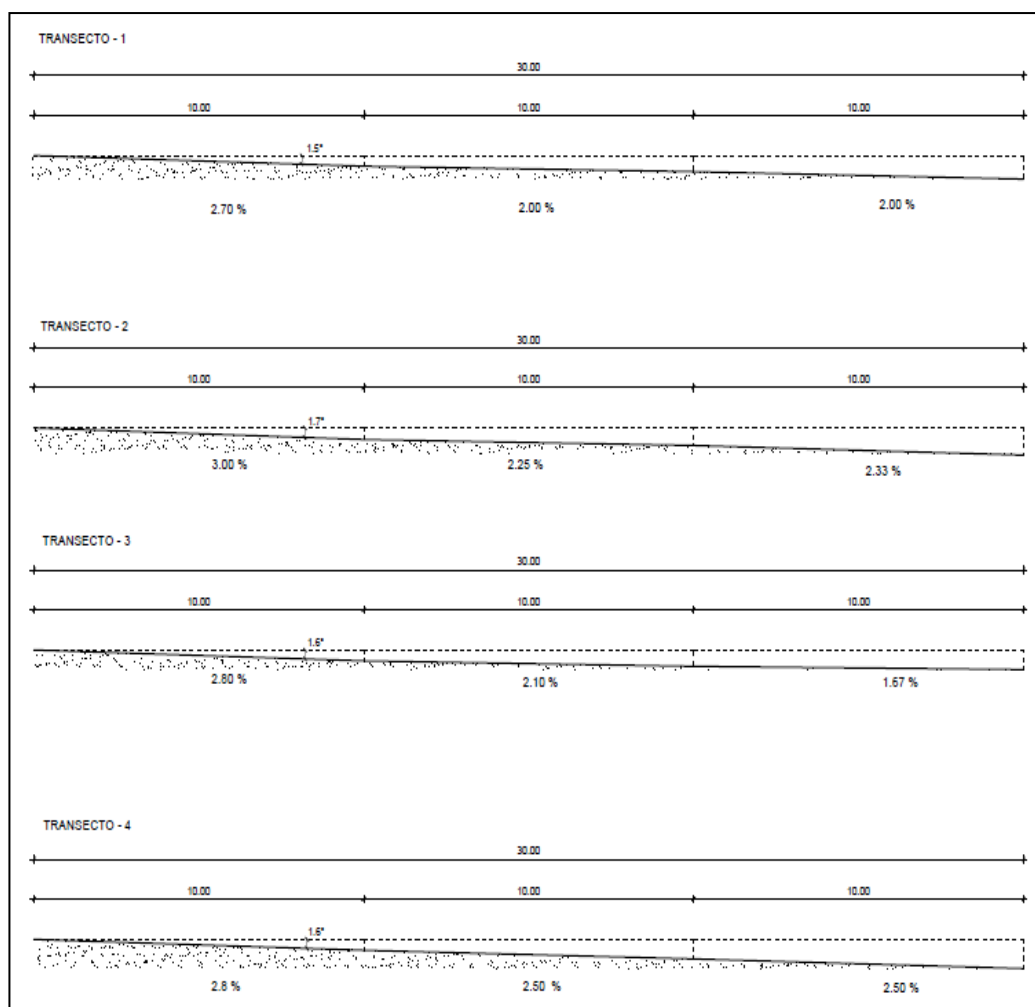
Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Valores de las pendientes desde la playa Los Palos hasta el Chasqui – marzo 2014

TRANSECTO	Pendiente a 10 m	Pendiente a 20 m	Pendiente a 30 m	PENDIENTE PROMEDIO	ÁNGULO
T-1	2,70%	2,00%	1,73%	2,14%	1,5°
T-2	2,80%	2,05%	1,80%	2,22%	1,6°
T-3	2,80%	2,10%	1,67%	2,19%	1,6°
T-4	2,80%	2,30%	1,93%	2,34%	1,6°
T-5	2,90%	2,05%	1,67%	2,21%	1,7°
T-6	1,60%	1,75%	1,67%	1,67%	0,9°
T-7	2,20%	2,00%	1,70%	1,97%	1,3°
T-8	1,20%	1,55%	1,53%	1,43%	0,7°

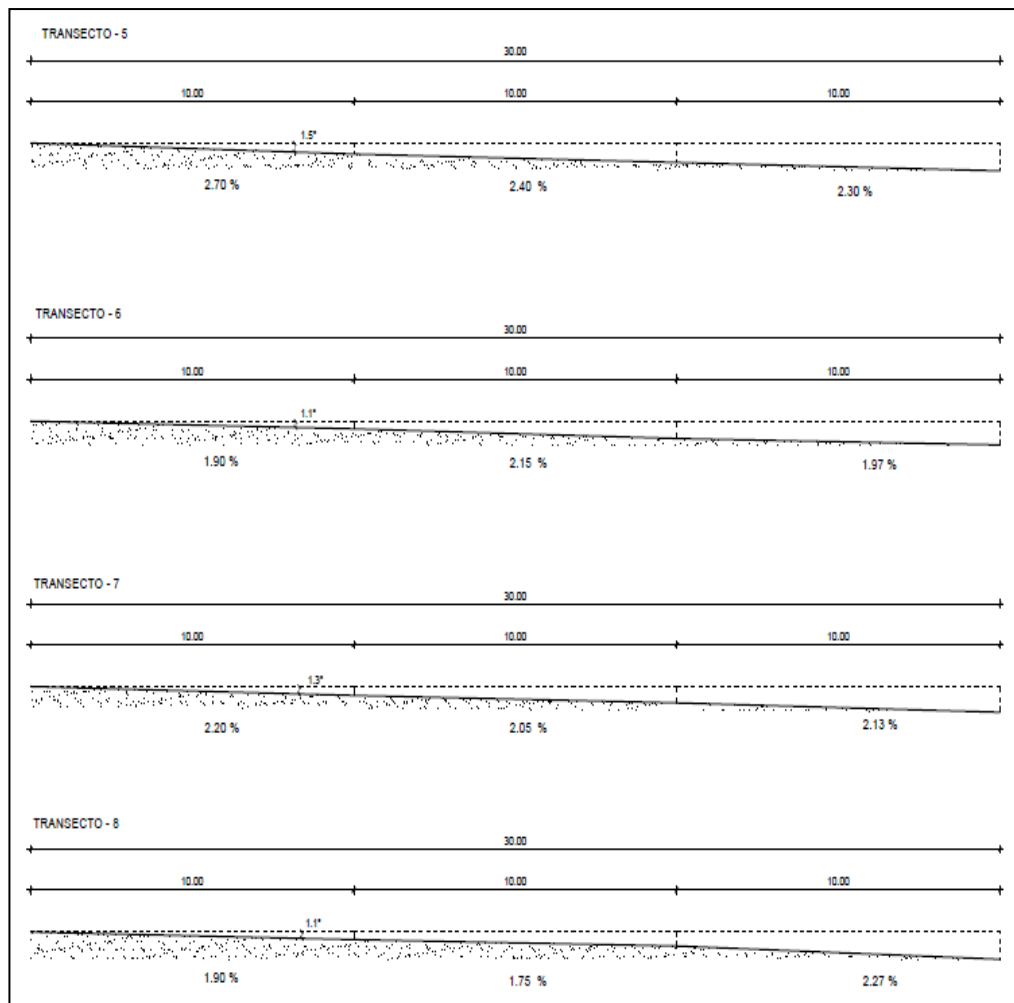
Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Perfil de los transectos 1 al 4 en el mes de enero 2014



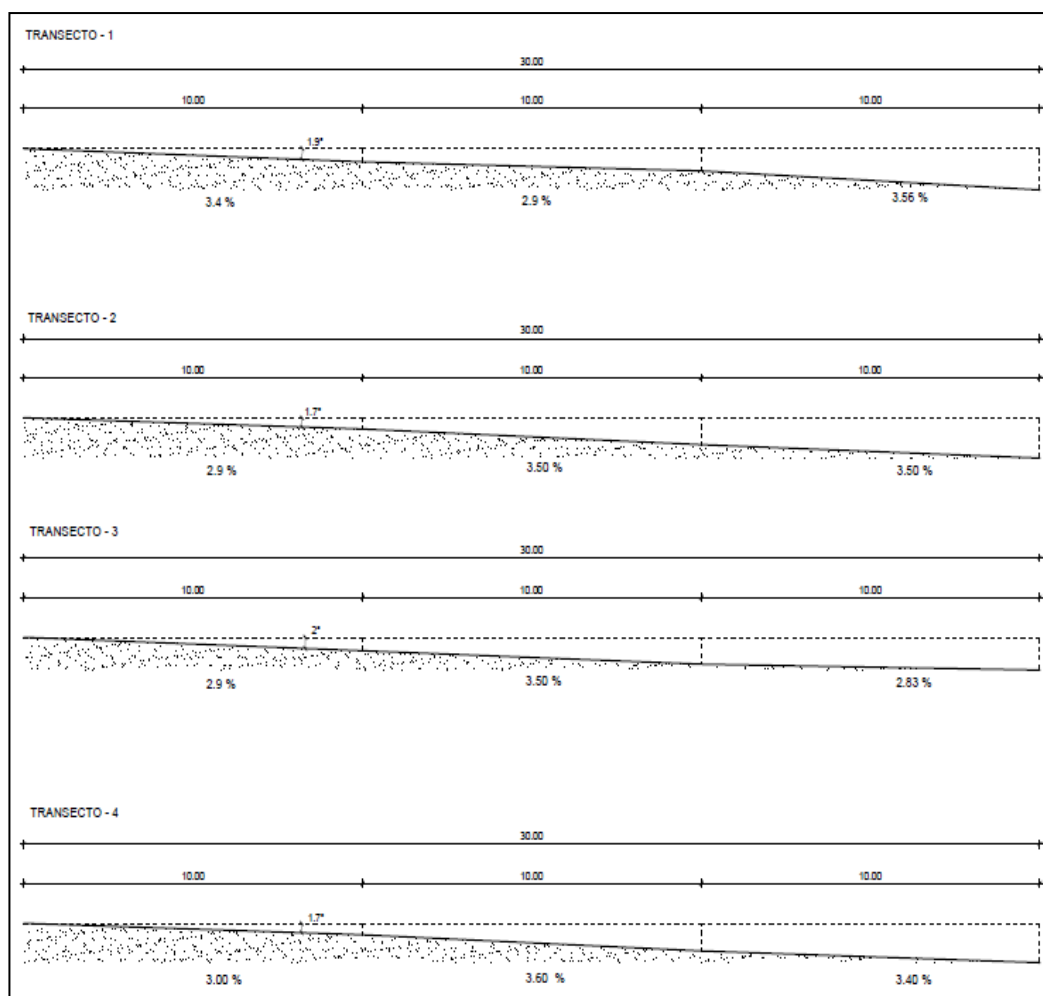
Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Perfil de los transectos 5 al 8 en el mes de enero 2014



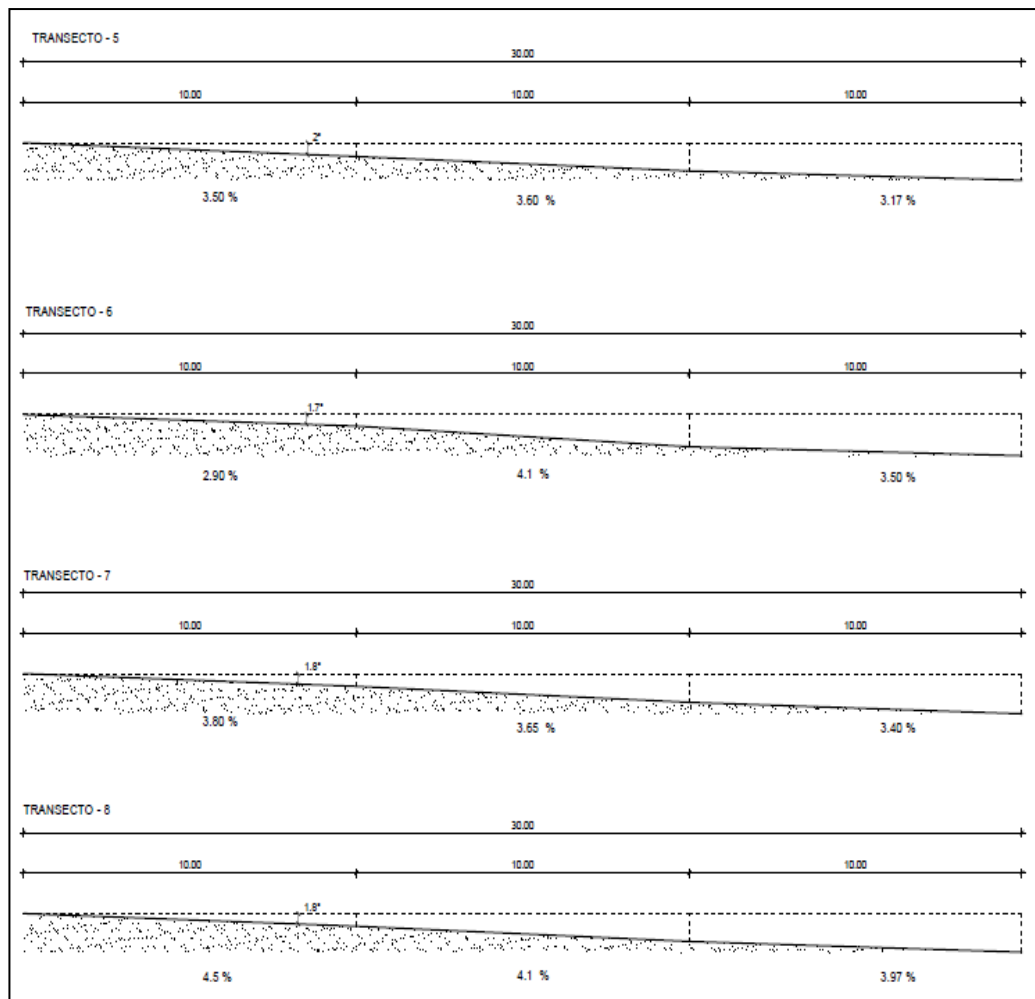
Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Perfil de los transectos 1 al 4 en el mes de febrero 2014



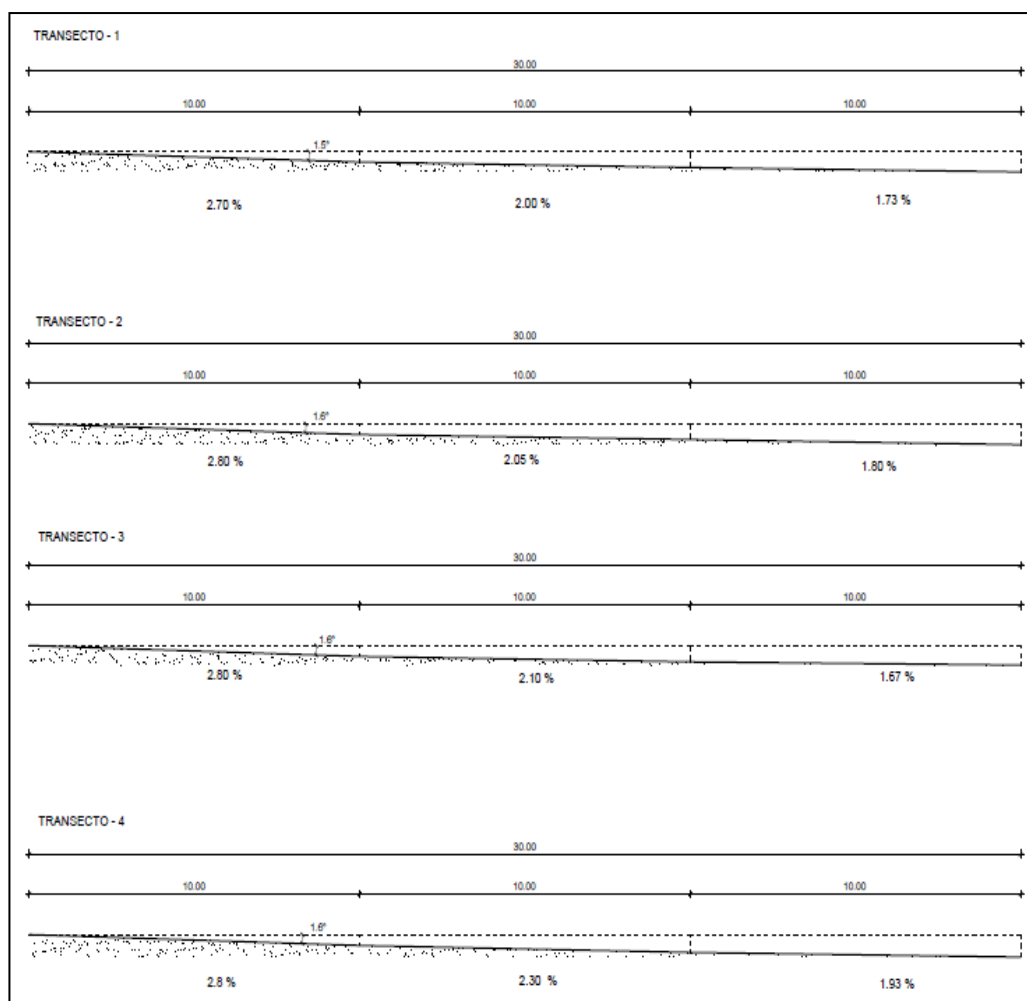
Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Perfil de los transectos 5 al 8 en el mes de febrero 2014



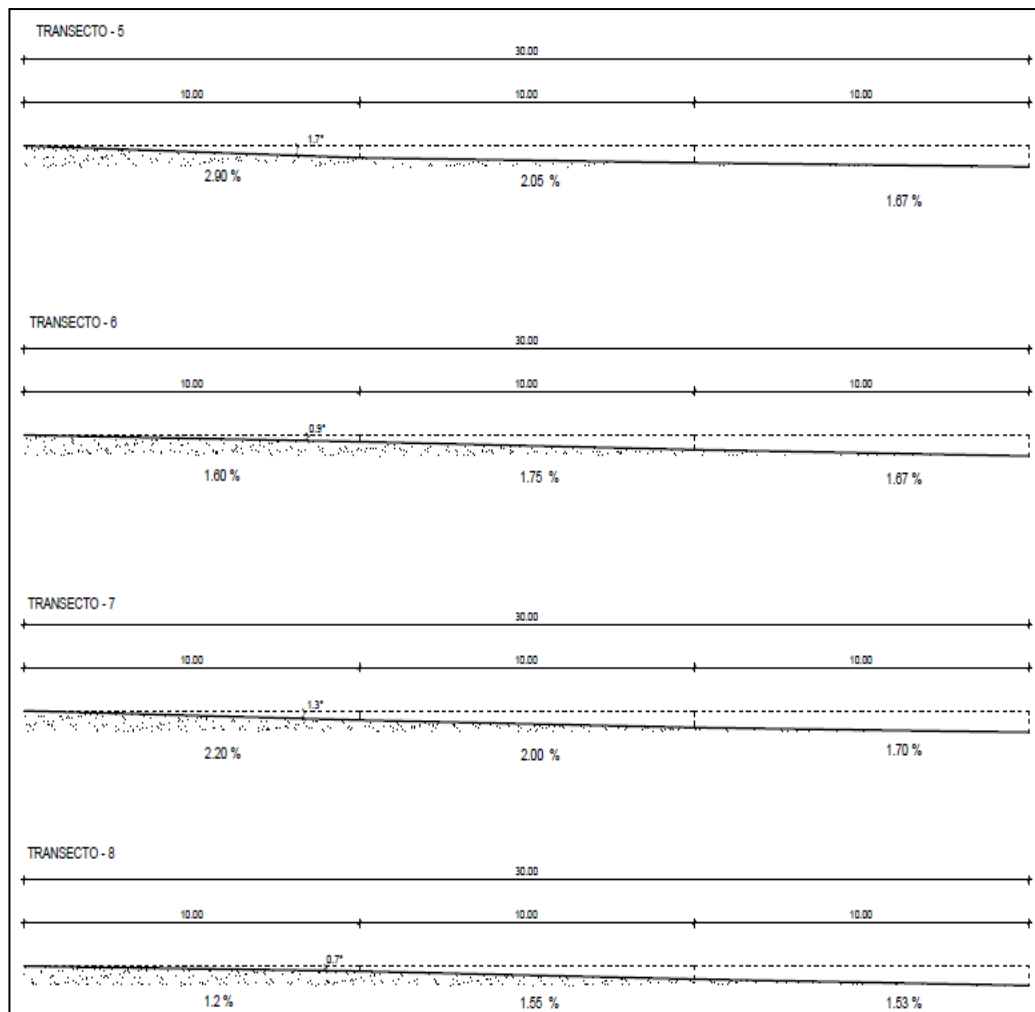
Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Perfil de los transectos 1 al 4 en el mes de marzo 2014



Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Perfil de los transectos 5 al 8 en el mes de marzo 2014



Fuente: Elaboración propia