



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

**Caracterización de la malacofauna de la Terraza
Marina Pampa del Palo como indicador de las
variaciones ambientales costeras del área de Ilo en el
último interglaciar (~125 000 años BP)**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en
Hidrobiología y Pesquería

AUTOR

Kathy Zindzi Liyi CORDOVA RODRÍGUEZ

ASESOR

Franz Teodosio CARDOSO PACHECO

Juan Carlos Ernesto FERNÁNDEZ JOHNSTON (Coasesor)

Matthieu CARRÉ

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Córdova, K. (2022). *Caracterización de la malacofauna de la Terraza Marina Pampa del Palo como indicador de las variaciones ambientales costeras del área de Ilo en el último interglaciar (~125 000 años BP)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Kathy Zindzi Liyi Córdova Rodríguez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70432427
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5527-6416
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Franz Teodosio Cardoso Pacheco
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09624117
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1562-7098
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Juan Carlos Ernesto Fernández Johnston
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09158256
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-8801-4452
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Matthieu Carré
Tipo de documento de identidad	Pasaporte
Número de documento de identidad	FR / 17AR93751
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8178-7316

Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carmen Rosario Yamashiro Guinoza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06756224
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Ysabel Amanda Prado Velazco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07573332
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Oswaldo Benjamin Cornejo Gonzales
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06156889
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.1.1.1. Biodiversidad y Ecología de Ecosistemas Acuáticos A.1.1.4. Paleobiología
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Francia. Le Centre national de la recherche scientifique (CNRS). IRD Perú.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Instituto del Mar del Perú País: Perú Departamento: Provincia Constitucional del Callao Provincia: Callao Distrito: Chucuito Latitud: -12.0666687 Longitud: -77.1580306
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2012- 2022
URL de disciplinas OCDE	Paleontología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.03 Otros temas de biología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.16



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA
(MODALIDAD: SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS)**

Siendo las 14:02 horas del 31 de agosto de 2022, en el Salón de Grados Virtual de la Facultad de Ciencias Biológicas cuya dirección electrónica fue <https://meet.google.com/ads-vcff-aij>, y en presencia del Jurado formado por los profesores que suscriben, se inició la sesión para optar al **Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería** de **KATHY ZINDZI LIYI CÓRDOVA RODRÍGUEZ**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° UNMSM-20220011787, la titulando expuso su tesis: **“CARACTERIZACIÓN DE LA MALACOFAUNA DE LA TERRAZA MARINA PAMPA DEL PALO COMO INDICADOR DE LAS VARIACIONES AMBIENTALES COSTERAS DEL AREA DE ILO EN EL ÚLTIMO INTERGLACIAR (~125 000 años BP)”**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota **18** calificativo: **Aprobado con mención honrosa**.

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el **Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería** a **KATHY ZINDZI LIYI CÓRDOVA RODRÍGUEZ** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 15:52 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 31 de agosto de 2022.

Blga. CARMEN YAMASHIRO GUINOZA
(PRESIDENTA)

Blgo. FRANZ CARDOSO PACHECO
(ASESOR)

Blgo. OSWALDO CORNEJO GONZALES
(MIEMBRO)

Ing. ISABEL PRADO VELASCO
(MIEMBRO)

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis no hubiera sido posible sin el financiamiento del Instituto de Investigación para el desarrollo de Francia (IRD), al LMI-PALEOTRACES y el Objetivo específico PALEOMAP (IMARPE).

Un agradecimiento especial al Dr. Carlos Paredes (+) por el apoyo incondicional y las recomendaciones valiosas, que contribuyeron en el desarrollo de esta tesis y pasión por la investigación, la amistad y comprensión brindada por todos estos años.

Agradezco a Ernesto Fernández, por haberme apoyado muchísimo desde que llegué al IMARPE, sin su ayuda, consejos, sugerencias y amistad brindados en cada proyecto emprendido no habría llegado hasta aquí.

Agradezco a Matthieu Carré (UPCH-IRD), por haber confiado desde un inicio en mí para la realización de esta tesis, por su preocupación y motivación constante en el desarrollo de este trabajo y sus enriquecedoras sugerencias.

A la Dra. Violeta Valdivieso (IMARPE) y de la Dra. Sandra Gordillo (Centro de Investigaciones Paleobiológicas de la Universidad Nacional de Córdoba) por su apoyo en la identificación de especies y recomendaciones realizadas. Al Sr. Arturo por su paciencia y apoyo para el pesado de muestras. Al Dr. Luc Ortlieb (+) por sus aportes, discusión y crítica brindados.

Al equipo dinámico del Laboratorio de Geología Marina del IMARPE, Ing. Federico Velazco e Ing. Juana Solís por su apoyo en el uso de equipos e instalaciones y su colaboración, paciencia, consejos y amistad brindados. Asimismo, a Lizbeth Luciano, Wilson Carhuapoma, María Igarza por su amistad y colaboración.

A los profesores Carmen Yamashiro y Marco Espino (+), por haberme permitido pertenecer a la familia del IMARPE. A mis compañeros y amigos de la facultad de Ciencias Biológicas. Analí Jiménez, Junior Vitor, Gerson Román, por sus sugerencias, trabajo en equipo y amistad compartida.

Wencheng Lau y Lander Merma por su ayuda clave para escribir y procesar datos.

A Luis Cerpa, Gerardo, Cristina, Jose, Deysi, Jenny, Oscar, Arnold y Wilson del Programa de Geología Marina y Estudios Antárticos y el Proyecto de Suelos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), por apoyo en la parte geológica de esta tesis.

Un especial agradecimiento al Dr. José Macharé por sus aportes geológicos para entender a las terrazas.

A todas las personas que de alguna forma colaboraron conmigo.

A mis padres, hermanos y familiares por su aliento, comprensión y ayuda incondicional.

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Terraza marina	3
2.2 Pleistoceno	5
2.3 Estadio isotópico marino (MIS)	7
2.4 Ensamble de moluscos	10
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	14
3.1 Hipótesis:	14
3.2 Objetivo general:	14
3.3 Objetivos específicos:.....	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1 Área de estudio.....	15
4.2 Diseño de muestreo:	16
4.3 Columna estratigráfica:.....	18
4.4 Procesamiento de muestras:	18
4.4.1 Descripción de las muestras:	18
4.4.2 Separación por tamaño:	18
4.4.3 Análisis de gravas:	19
4.4.4 Análisis de arenas:	19
4.5 Análisis de datos	21
4.5.1 Sedimentos:	21
4.5.2 Restos biogénicos:	21
4.5.3 Índices ecológicos de Diversidad:	21
4.5.4 Análisis de preservación:	22
5. RESULTADOS	23
5.1 Columna estratigráfica del lugar muestreado:	23
5.2 Caracterización de los sedimentos:	27
5.3 Composición faunística	29
5.3.1 Contenido biogénico total	29
5.3.2 Contenido biogénico por estratos:	33
5.4 Relación de la fauna con el sedimento.	43
5.5 Inferencia de condiciones térmicas	46
5.6 Preservación de <i>Mesodesma donacium</i>	51

6. DISCUSIÓN	55
6.1 Tamaño de la muestra.....	55
6.2 Riqueza de especies en la terraza	55
6.3 Asociaciones de especies en cada unidad: enfoque paleoambiental y paleoecológico	61
6.4 Población de <i>Mesodesma donacium</i> a través del interglaciar	66
7. CONCLUSIONES	68
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de una sección mostrando las partes de una terraza marina (Tomado de Bradley 1957).	3
Figura 2 Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2015. Fíjese en el Pleistoceno y su división en pisos. El Estratotipo global de limite (GSSP, Global Stratotype Section and Point), es el límite basal de cada unidad es definido por un punto de referencia apropiado en una secuencia sedimentaria (Tomado de la Comisión Estratigráfica Internacional).	5
Figura 3 Definición de interglaciar (raya punteada) basada en el nivel del mar usando isótopos de $\delta^{18}O$ en el LR04 stack (Lisiecki and Raymo, 2005)	6
Figura 4 Dentro de la última era del hielo, grandes variaciones de temperatura fueron registradas en Groenlandia, aquí están representados por cambios en los ratios de isótopos de oxígeno de hielo (tomado de Crucifix 2012).	7
Figura 5 Composición de isótopos de oxígeno de <i>Globigerina sacculifera</i> en el núcleo V28-238. Fíjese en los estadios isotópicos que están enumerados sobre la curva (Tomado de Shackleton & Opdyke, 1973).	8
Figura 6 Correlación tentativa de las unidades del último interglaciar (A y B) con los estadios isotópicos marinos (C) (Tomado de Kukla et al., 2002).	10
Figura 7 Escalas de tiempo para la formación de ensamble de conchas, desde un ensamble de censo ecológico, ensamble de promedio temporal dentro del hábitat, ensamble de condensación ambiental y ensamble de condensación bioestratigráfica (Kidwell & Bosence, 1991).	12
Figura 8 Ubicación del lugar de muestreo, la flecha negra indica el lugar donde se tomó muestras de una columna estratigráfica que corresponde a la Terraza Marina Pampa del Palo, ubicada en Ilo (17°S), Moquegua, Perú.	15
Figura 9 Transectos de muestreo en la Terraza Marina Pampa del Palo. En 100 m de largo paralelo a la orilla del mar se distribuyeron los distintos transectos de acuerdo a la accesibilidad del terreno.	16
Figura 10 Metodología utilizada para separar cada muestra en fracciones de tamaño.	19
Figura 11 Escala de clasificación de tamaños de grano Udden-Wentworth, para sedimentos terrígenos (tomado de Wentworth, 1922)	20
Figura 12 Esquema de la columna estratigráfica muestreada en la Terraza Marina Pampa del Palo. A la derecha se observa la fotografía del lugar de muestreo.	26
Figura 13 Número de especies por grupo taxonómico de todos los ensambles de especies encontrados en la columna estratigráfica muestreada de la Terraza Marina Pampa del Palo.	29
Figura 14 Principales especies de bivalvos encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo: a) <i>Mesodesma donacium</i> , b) <i>Mulinia edulis</i> , c) <i>Tagelus dombeii</i> , d) <i>Ilioichione subrugosa</i> , e) <i>Retrotapes lenticularis</i> , f) <i>Glycymeris ovata</i> , g) <i>Ensis macha</i> , h) <i>Trachycardium procerum</i> , i) <i>Anomia peruviana</i> , j) <i>Choromytilus chorus</i> , k) <i>Petricola rugosa</i> , l) <i>Argopecten purpuratus</i> , m) <i>Neaeromya sp.</i> , n) <i>Cryptomya californica</i> , o) <i>Donax sp.</i> Barra blanca corresponde 1cm, barra celeste corresponde a 0.5 cm.	32
Figura 15 Principales especies de gasterópodos encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo: a) <i>Felicioliva peruviana</i> , b) <i>Crepidatella sp.</i> , c) <i>Nassarius sp.</i> , d) <i>Cerithidea sp.</i> , e) <i>Polinices sp.</i> , f) <i>Sinum cymba</i> , g) <i>Turritella cingulata</i> , h) <i>Xanthochorus sp.</i> , i) <i>Crucibulum sp.</i> j) <i>Prisogaster niger</i> , k) <i>Trochita trochiformis</i> , l) <i>Mitrella sp.</i> , m) quela de cangrejo, n)	

<i>Fissurella sp.</i> , o) <i>Cancellaria buccinoides</i> , p) <i>Acanthina sp.</i> q) <i>Fusinus sp.</i> r) <i>Concholepas concholepas</i> . Barra blanca corresponde 1cm, barra celeste corresponde a 0.5 cm.....	32
Figura 16 Variación del N° de especies, diversidad Shannon-Wiener y abundancia (ind/10 Kg) en la columna estratigráfica ubicada en el extremo norte de la Terraza Marina Pampa del Palo, Ilo - Perú.....	34
Figura 17 Abundancia específica de las principales especies encontradas en los diferentes estratos de la Terraza Marina Pampa del Palo.....	39
Figura 18 Columna estratigráfica de la Terraza Marina Pampa del Palo acompañado del número de especies de sustrato duro y el número de especies de ambiente protegido....	45
Figura 19 Columna estratigráfica de la Terraza Marina Pampa del Palo, acompañado del número de especies tropicales, y las abundancias de <i>Ilioichione subrugosa</i> , <i>Cryptomya californica</i> , <i>Anomia peruviana</i> , <i>Pitar sp.</i> , <i>Neaeromya sp.</i> y <i>Cerithidea sp.</i>	47
Figura 20 Variación de características de preservación como porcentaje (%) de conchas rotas y porcentaje (%) de conchas desarticuladas de <i>Mesodesma donacium</i> de la Terraza Marina Pampa del Palo, Ilo, Perú.	52
Figura 21 A) Valvas articuladas de <i>Mesodesma donacium</i> , B) Corrosión en las valvas de <i>Mesodesma donacium</i> , las grietas muestran la disolución de la valva y C) Distinto grado de abrasión o desgaste de <i>Mesodesma donacium</i> . La barra blanca corresponde a 1cm .	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Transectos, coordenadas y sus respectivos estratos muestreados en la Terraza Marina Pampa del Palo	18
Tabla 2. Detalle de la textura de sedimento y el tamaño de grano promedio encontrado en cada muestra de la Terraza Marina Pampa del Palo-Ilo.	29
Tabla 3. Contenido biogénico de moluscos del depósito muestreado: Gastropoda, Bivalvia y Polyplacofora.	32
Tabla 4. Valores de los índices ecológicos por cada estrato muestreado en la Terraza Marina Pampa del Palo.	36
Tabla 5. Valores de índices ecológicos por Unidades estratigráficas en la Terraza Marina Pampa del Palo.	37
Tabla 6. Especies dominantes de moluscos en cada estrato de la Terraza Marina Pampa del Palo.	42
Tabla 7. Principales especies encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo y su hábitat, sustrato y distribución geográfica actuales según Paredes et al., 2016.	43
Tabla 8. Especies de la Provincia Peruana y de la Provincia Panámica encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo.	48
Tabla 9. Características de preservación de <i>Mesodesma donacium</i> a través de la columna estratigráfica de la Terraza Marina Pampa del Palo.	53
Tabla 10. Resumen de los estudios de composición faunística en la Terraza Marina Pampa del Palo a la fecha.	56

RESUMEN

El Último interglaciar (125 mil años antes del presente), se caracterizó como un periodo de tiempo con una temperatura superficial del mar de +3°C comparado con el Holoceno. El estudio de la fauna en este periodo de tiempo cálido en el pasado nos podría ayudar a entender las posibles respuestas de las comunidades marino costeras frente al próximo calentamiento global. El objetivo fue estudiar de los ensambles de moluscos almacenado en la terraza marina Pampa del palo en Ilo, Perú (17°S) que corresponden MIS 5e (parte superior de la terraza) y MIS 7 (parte inferior), para describir la composición, y luego usar esta información para determinar cambios ambientales en las costas de Ilo en el pasado. Se encontró conchas de 29 bivalvos, 30 gasterópodos, 1 poliplacóforo, restos de decápodos, balánidos y ostrácodos. La diversidad en la terraza, la abundancia y riqueza de especies fueron variables con tendencia a incrementarse hacia la base de la terraza. La especie dominante fue *Mesodesma donacium*, aunque en algunos estratos fue reemplazada por *Mulinia edulis*, estas especies frías alcanzaron sus mayores abundancias en la base de la terraza. Por lo tanto, el estudio cuantitativo de la malacofauna permitió reconstruir ambientes protegidos (laguna), sustratos rocosos y ambientes expuestos. Además, especies de distribución actual en el norte y centro del Perú, encontradas en la terraza han permitido inferir condiciones tipo El Niño, como también condiciones “normales” de aguas frías caracterizadas por sus especies dominantes.

Palabras clave: malacofauna, Ilo, ensamble de moluscos, MIS 5e, terraza marina.

ABSTRACT

The Last Interglacial (125 K years BP), was characterized as a period of time with a sea surface temperature of + 3 ° C compared to the Holocene. The study of fauna in this period of warm weather in the past could help to understand the possible responses of coastal marine communities to global warming. The objective was to study the assemblages of molluscs stored in the Pampa del Palo marine terrace in Ilo, Peru (17 ° S) that correspond to MIS 5e (upper part of the terrace) and MIS 7 (lower part), to describe the composition, and then use this information to determine environmental changes on the coast of Ilo in the past. Shells of 29 bivalves, 30 gastropods, 1 polyacophore, and remains of decapods, balanids and ostracods were found. The diversity on the terrace was variable, the abundance and richness of species was variable with a trend to increase towards the base of the terrace. The dominant species was *Mesodesma donacium*, although in some strata it was replaced by *Mulinia edulis*, these cold species reached their highest abundance at the base of the terrace. Therefore, the quantitative study of the malacofauna allowed us to reconstruct protected environments (lagoons), rocky substrate and exposed environments. In addition, species of current distribution in the north and central coast of Peru, found on the terrace, have made it possible to infer El Niño-like conditions, as well as "normal" cold water conditions characterized by their dominant species.

Keywords: malacofauna, Ilo, mollusk assemblage, MIS 5e, marine terrace.

1. INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha pronosticado un incremento de la temperatura de la capa superior del océano de hasta +3°C, para el peor escenario proyectado para el 2100 (IPCC 2013). Periodos de calentamiento similares a los pronosticados han acontecido en el pasado, como el último interglaciar hace 125 mil años, (Kukla et al., 2002) al cual se le atribuye una temperatura del océano mayor respecto al Holoceno.

El Último Interglaciar coincide con el estadio isotópico marino 5e (MIS 5e), donde se alcanza el pico de mayor temperatura siendo (2-3°C) mayor que el Holoceno. En el océano Pacífico frente a Perú (12°S) el incremento de la temperatura fue entre 2-3°C respecto del promedio actual (de Bar et al., 2018). El estudio del último interglaciar permitiría entender el comportamiento del clima en un escenario de cambio climático futuro (Kukla et al., 2002), así mismo el estudio de las respuestas biológicas frente a estos cambios pasados nos permitirían predecir ciertos cambios a nivel de la fauna de moluscos, pero esto debe ser complementado con estudios a nivel específico de las especies actuales (Roy & Pandolfi, 2005).

Las terrazas marinas preservan antiguas playas y su fauna (conchas), y se han formado en épocas de alto nivel del mar, como el Último Interglaciar (hace 125 mil años) y en ciclos previos. Las terrazas marinas que corresponden a Último Interglaciar pueden ser encontradas en el norte y sur del Perú. En Punta Coles-Ilo (17°S) una terraza de 20 m de altura llena de conchas de moluscos correspondiente al MIS 5e (Ortlieb et al., 1996) denominada Pampa del Palo es nuestro lugar de estudio. Estudios previos se enfocaron en la ocurrencia de especies indicadoras del ENSO como *Chione broggi* (= *Illichione subrugosa*)

(Ortlieb et al., 1990) o en estudios de alta resolución, donde han usado una especie (*Mesodesma donacium*) para reconstruir la magnitud del ENSO (Rivas 2021).

Un ensamble de moluscos es una asociación de moluscos que son hallados en una misma área o lugar, que son resultado de procesos post mortem: enterramiento y transporte. El estudio de los ensambles de moluscos puede brindar información ecológica del pasado como el hábitat, el tipo de sustrato, tipo de ambiente de alta o baja energía, además de la información de las especies como: la dominancia, la distribución; y atributos tafonómicos como la desarticulación y ruptura de conchas, permiten hacer reconstrucciones en un rango de tiempo y espacio promedio (Kidwell & Bosence, 1991).

En este estudio intentamos responder que asociaciones o ensambles de moluscos han quedado almacenados en las secuencias estratigráficas que corresponden al MIS 5e y MIS 7 en Punta Coles-Ilo (17°S) Perú, y la caracterización cuantitativa de estas asociaciones, permite reconstruir los ambientes pasados que existieron en la zona y posibles variaciones oceanográficas usando las herramientas paleoecológicas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Terraza marina

Los forzantes tectónicos y climáticos son responsables de la generación de terrazas marinas (Anderson et al., 1999). Las terrazas marinas probablemente reflejan la interacción entre niveles del mar antiguos y levantamiento tectónico (Gurrola et al., 2013).

Las terrazas marinas emergidas son configuraciones geológicas comunes en regiones costeras donde el tectonismo activo es un importante componente de la evolución del continente (Gurrola et al. 2013). Las terrazas marinas de la costa de Sudamérica están relacionadas a la subducción de la placa de Nazca (Pedoja et al., 2006).

Las terrazas consisten en plataformas de abrasión marina, generalmente cubiertas por una capa delgada, de unos decímetros de potencia (altura), de arenas y conglomerados litorales con contenido variable de fauna (Ortlieb & Macharé, 1990). Cada plataforma consiste en una plataforma de abrasión casi horizontal que se desliza suavemente hacia el mar y está respaldada por un acantilado de mar relicto escarpado o degradado (Griggs & Trenhaile, 1995) (Figura 1).

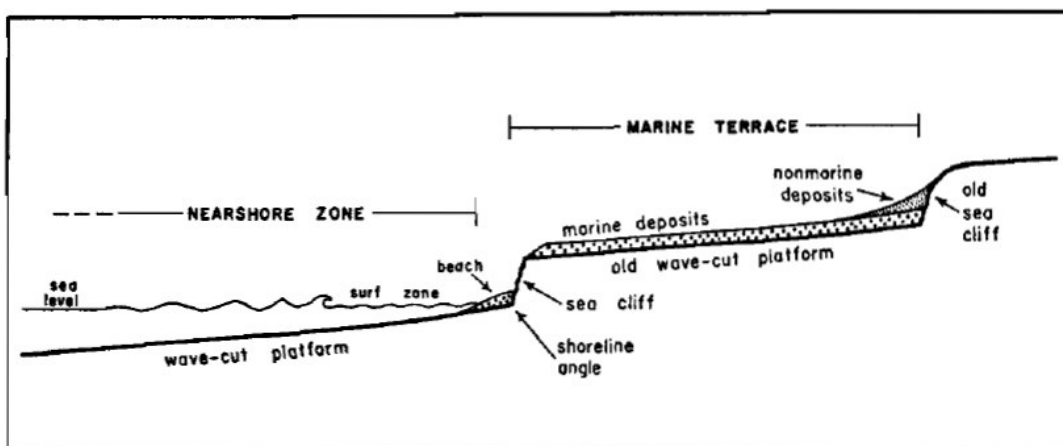


Figura 1 Diagrama de una sección mostrando las partes de una terraza marina (Tomado de Bradley 1957).

Levantamientos epirogénicos intermitentes producen terrazas marinas escalonadas en las cuales las más viejas están más alto y más lejos tierra adentro, separadas por antiguos acantilados labrados cuando el mar se eleva. Según Bird (2008), tales escalonamientos pueden también ser producidas por una intermitente reducción del nivel del mar o una combinación de movimientos eustáticos (proceso de elevación del nivel del mar al producirse la fusión de hielos sobre los continentes, después de cada glaciación) y epirogénicos (son movimientos verticales, de ascenso y descenso, que se producen de manera lenta en la corteza terrestre).

Las terrazas marinas guardan información de cambios en el nivel del mar y de la circulación marina y es posible la reconstrucción de estas variables a través de sus estudios (Zazo 1999, Rahmstorf & Feulner, 2013).

Registros de terrazas del pleistoceno temprano son extremadamente escasos, posiblemente porque las líneas de costa de este periodo fueron casi enteramente erosionadas durante las subsecuentes transgresiones del Pleistoceno medio y porque las fluctuaciones del nivel del mar del Pleistoceno temprano tuvieron amplitudes y frecuencia más pequeñas que las fluctuaciones del Pleistoceno Tardío (Shackleton & Opdyke, 1973, Ruddiman et al., 1986)

En el mundo existen terrazas marinas en áreas de diferente comportamiento geodinámico como Bermudas, Bahamas, Perú, Chile, Italia y España (Zazo 1999).

Ortlieb y Macharé (1990) hicieron una revisión de las terrazas en toda la costa peruana. En la costa norte, las terrazas marinas más amplias del cuaternario son los Tablazos de Máncora, Talara, Lobitos y Salinas. En la costa central, desde Chiclayo hasta 900 km hacia el sur, no se han descrito líneas de costa elevadas. En el segmento centro sur de la costa, la secuencia más completa de terrazas marinas del Plioceno Cuaternario de Sudamérica está localizada cerca de San Juan de Marcona, el cual incluye más de 20

superficies de abrasión (Broggi 1946). En la parte sur de la costa peruana (desde Chala a Tacna) fue relativamente favorable a la preservación de terrazas marina entre 20 y 300 m y la terraza marina Pampa del Palo de 20 m.

2.2 Pleistoceno

El periodo cuaternario representa los 2.58 millones de años y es oficialmente subdividido en 2 épocas: Pleistoceno y Holoceno. El pleistoceno tiene su base temporal en 2.58 Ma (millones de años) hasta 11700 años donde comienza el Holoceno (ver Figura 2). El Pleistoceno es tradicionalmente subdividido en subépocas: Pleistoceno temprano, medio y tardío (o superior); aunque esta subdivisión aún no ha sido declarada oficialmente (Head & Gibbart 2015) en la literatura.

El Pleistoceno temprano tiene dos estadios reconocidos oficialmente: el Gelasiense (con base en 2.58 Ma) y el Calabriense (con base en 1.80 Ma). Esto se puede ver en la última tabla cronoestratigráfica de la Comisión Estratigráfica Internacional (Figura 2). A pesar de todo el progreso alcanzado en subdividir el Cuaternario aún están en discusión los límites del Pleistoceno medio y tardío (Head & Gibbart, 2015).

Eonotema / Eratema	Sistema / Era	Período	Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma) actualidad	
Cuaternario	Cuaternario	Cuaternario	Holoceno			0.0117	
			Pleistoceno	Superior		0.126	
				Medio		0.781	
				Calabriense		1.80	
			Plioceno	Plioceno	Gelasiense		2.58
					Piacenziense		3.600
					Zancliense		5.333

Figura 2 Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2015. Fíjese en el Pleistoceno y su división en pisos. El Estratotipo global de limite (GSSP, Global Stratotype Section and Point), es el límite basal de cada unidad es definido por un punto de referencia apropiado en una secuencia sedimentaria (Tomado de la Comisión Estratigráfica Internacional).

Características climáticas importantes:

Las glaciaciones: las capas de hielo aparecieron en el hemisferio norte alrededor de 3 millones de años atrás en la transición Plioceno - Pleistoceno y a partir de allí los ciclos glaciares – interglaciar han establecido el paso del clima de la tierra.

El volumen de las capas de hielo ha fluctuado con las variaciones de distribuciones espaciales y estaciones de la radiación solar (insolación), las cuales son inducidas por cambios en la geometría de la órbita y ángulo de la tierra (oblicuidad), esto es llamado forzantes astronómicas. El periodo dominante de los ciclos glaciares se incrementó de 41 a 100 ka y este cambio de periodicidad es referido como la Transición del Pleistoceno medio (Lisiecki & Raymo, 2007).

La Figura 3 muestra los últimos 10 ciclos glaciares donde se puede distinguir que el hielo acumulado sobre los continentes dura 80 000 años y se derrite aproximadamente en 10 000 (raya punteada indica el pico interglaciar).

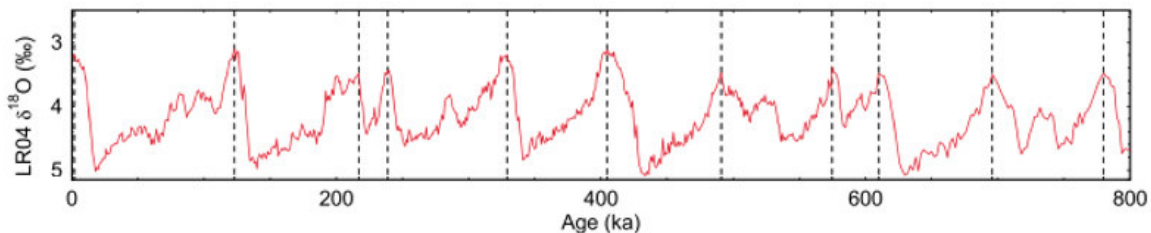


Figura 3 Definición de interglaciar (raya punteada) basada en el nivel del mar usando isótopos de $\delta^{18}O$ en el LR04 stack (Lisiecki and Raymo, 2005)

El Pleistoceno tardío:

Desde 1932, la base del Pleistoceno tardío ha sido definida por la base del último interglaciar, y es aproximadamente la base de estadio isotópico de 5e (~130 ka). Sin embargo, la discusión del límite inferior del Pleistoceno tardío ha sido reabierta (Head & Gibbart, 2015).

La subdivisión del Pleistoceno Tardío está basada en datos isótopos de oxígeno (Figura 4), cobertura de hielo y estratigrafía de polen (Otvos 2015).

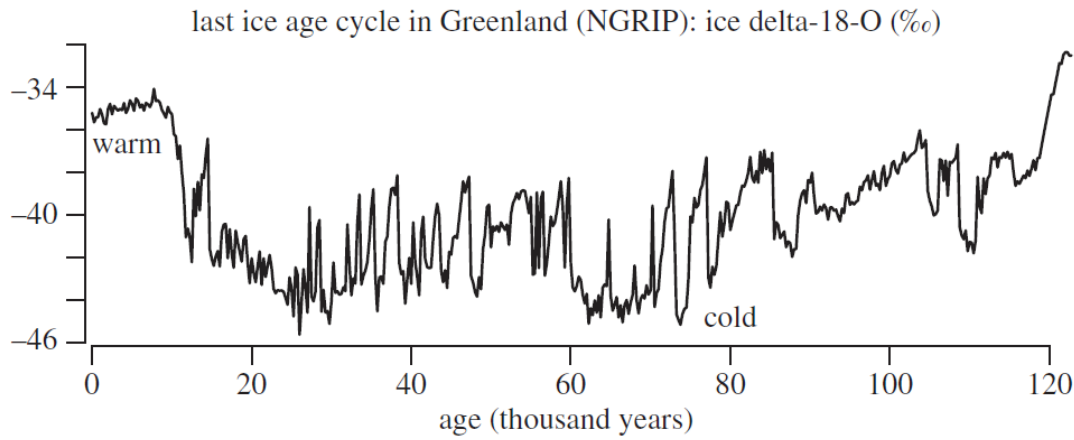


Figura 4 Dentro de la última era del hielo, grandes variaciones de temperatura fueron registradas en Groenlandia, aquí están representados por cambios en los ratios de isótopos de oxígeno de hielo (tomado de Crucifix 2012).

2.3 Estadio isotópico marino (MIS)

Como la compleja historia de Glaciación del cuaternario, el clima, el nivel del mar y la circulación oceánica ha comenzado aparentemente los últimos 60 mil años, la comunidad científica ha desarrollado una variedad de sistemas para identificar intervalos de tiempo y eventos glacio-climáticos. Uno de los sistemas aplicados ampliamente ha sido los estadios isotópicos marinos, moviéndose hacia atrás en tiempo desde el Holoceno como MIS 1, MIS 2, MIS 3, etc., donde MIS se refiere a estadio isotópico marino (Marine Isotope Stage en inglés). Estos estadios isotópicos han sido divididos en algunos casos en subestadios, el más notable es MIS 5 con subestadios MIS 5a, 5b, 5c, 5d y 5e, los cuales fueron formalmente definidos por Shackleton (1969).

El sistema de estadios isotópicos marinos, está basado en núcleos marinos y de hielo, provee un marco de tiempo para unidades crono-, bio- y lito-estratigráficas formadas durante eventos climáticos alternantes de frío y calor (Otvos 2015).

La literatura define “interglaciar” como largos períodos de mínima cobertura de hielo global y “estadial” que usualmente les preceden y les continúan, como intervalos más cortos de significativo hielo polar y expansión glaciaria. Los estadios de número impar corresponden a los periodos interglaciares y los de número par a los periodos glaciales (Figura 5).

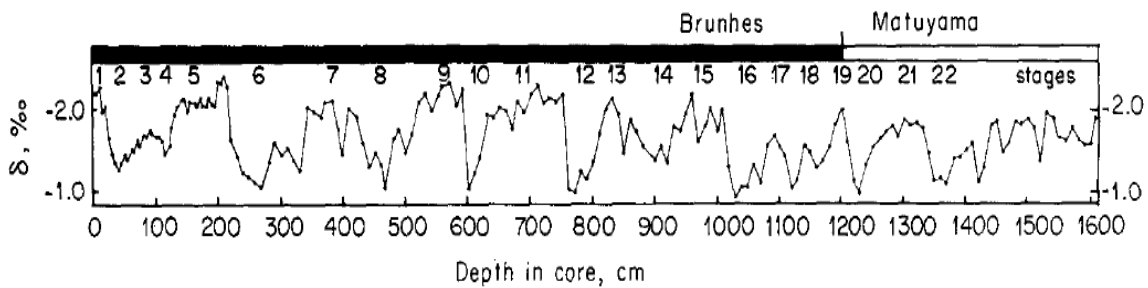


Figura 5 Composición de isótopos de oxígeno de *Globigerina sacculifera* en el núcleo V28-238. Fíjese en los estadios isotópicos que están enumerados sobre la curva (Tomado de Shackleton & Opdyke, 1973).

En el contexto de esta tesis el estadio isotópico de interés es el MIS 5, el cual es subdividido en de la siguiente forma según Otvos (2015):

- MIS 5a: interestadio ~85-71 ka
- MIS 5b: estadio ~92-85 ka
- MIS 5c: interestadio ~105-92 ka
- MIS 5d: estadial, su límite más bajo puede ser 5e en las zonas templadas; 115/112-105 ka
- MIS 5e: último interglaciar, sensu stricto ~132-115/112 ka

El Último interglaciar:

El último interglaciar, comúnmente considerado como un intervalo con un clima tan o más cálido que hoy, es representado por el estadio isotópico marino (MIS) 5e, el cual es un registro proxy del reducido volumen de hielo global y alto nivel del mar. Ha sido arbitrariamente datado con un inicio aproximado hace 130 000 años atrás y terminó hace 116 000 años atrás, con el inicio de la glaciación temprana MIS 5d. La edad de este estadio es determinada por correlación de fechas usando la relación entre Uranio/Torio (U/Th) en corales emergidos. El más detallado registro proxy de clima interglaciar es encontrado en el núcleo de hielo Vostok donde la temperatura alcanzó niveles actuales hace 130 000 años atrás y continuó incrementándose por otros 2 milenios más. Aproximadamente 127 000 años atrás los bosques mixtos Eemianos fueron establecidos en Europa. Ellos se desarrollaron a través de una característica sucesión de especies arbóreas, probablemente sobrevivieron bien en el inicio del estadio glacial en las partes del sur de Europa. Después de 115 000 años atrás, la vegetación abierta reemplazó los bosques en el noroeste de Europa y la proporción de coníferas se incrementó significativamente más al sur. La temperatura del aire en el Vostok cayó bruscamente. Pulsos de agua fría afectó el atlántico norte ya en el final del MIS 5e, pero el nor-atlántico central permaneció caliente a través de la mayor parte del MIS 5d. Las condiciones esencialmente interglaciares en el suroeste de Europa permanecieron inafectadas por el crecimiento del hielo hasta el final del MIS 5d cuando los bosques desaparecieron abruptamente y el agua fría invadió el centro del atlántico norte hace 107 000 años atrás (Kukla et al., 2002).

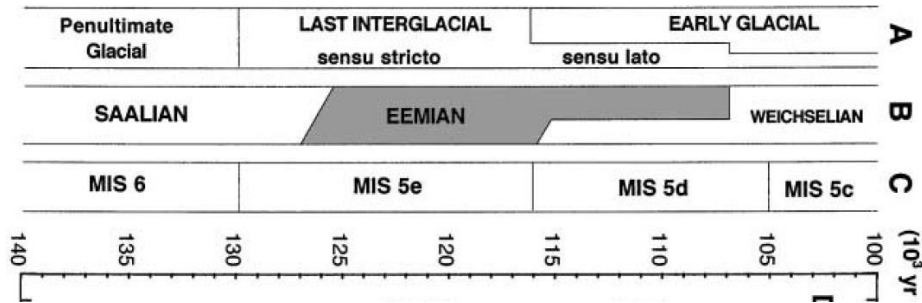


Figura 6 Correlación tentativa de las unidades del último interglacial (A y B) con los estadios isotópicos marinos (C) (Tomado de Kukla et al., 2002).

Registros del último interglacial en Europa y Norte América son conocidos respectivamente como Eemiano y Sangamoniano, el estado de Último Interglacial en los dos continentes es de duración significativamente diferente, lo cual causa confusión (Head & Gibbart, 2015) y además no coincide precisamente con el rango de tiempo del subestadio MIS 5e, que representa un intervalo de tiempo más corto (Otvos 2015) (Figura 6).

Temperatura en el último interglacial:

El último interglacial fue el interglacial pre-Holoceno más cálido (+4.5°C) desde el Plioceno (Jouzel et al., 2007, Head & Gibbart, 2015, Asami et al., 2013, de Bar et al., 2018).

2.4 Ensamble de moluscos

Un ensamble muerto o tafocenosis es un conjunto de muertos o restos orgánicos identificables taxonómicamente presentes en una capa de mezcla superficial de un fondo marino o un paisaje. Ejemplos incluyen restos de conchas en una playa, hojarasca en el suelo de un bosque, huesos concentrados por un depredador, ensamble de polen y otros microfósiles en el tope de un testigo de sedimento (Kidwell 2013).

Un ensamble muerto refleja ingreso de organismos de generaciones pasadas que vivieron en el área, temporal o permanentemente, y es típicamente un promedio de un tiempo en algún grado. Cuanto más durables sean los tejidos de la comunidad viviente, más favorable el ambiente local a la preservación y/o la más lenta tasa de enterramiento permanente, más largo es el intervalo de tiempo y más generaciones pueden ser representadas por una acumulación de ensamble muerto (Kidwell 2013).

Ensamblados muertos pueden incluir restos transportados y pueden incluso estar dominados por ellos, como el polen llevado por el viento o el agua a un lago u océano adyacente. Sin embargo, varios trabajos han continuado encontrado una resolución notable a escala de facies entre un ensamble muerto y un ensamble vivo consistente con la conclusión general de Kidwell & Bosence (1991). En la cual se menciona que la composición de un ensamble muerto refleja fielmente la estructura de una comunidad en un periodo de tiempo largo. El efecto del transporte *post mortem* más consistente es simplemente que la resolución espacial se hace más gruesa de la localidad donde se muestrea en ensamble muerto, esto es, incrementar el tamaño del píxel de la imagen. En un fondo marino con muchos parches, por ejemplo, praderas de algas marinas, con parches de arenas, fondos arenosos y gravosos con rocas expuestas localmente, dan ensamblados muertos de moluscos con una mezcla local de especies de sedimentos suaves y especies “exóticas” epífitas, endolíticas e incrustantes que no se muestrean vivas sin una especializada colecta manual (Russell 1991, Albano & Sabelli, 2011). Si esas especies deben llamarse elementos alóctonos es semántico: un ensamble muerto identifica correctamente variación y la mezcla de hábitats de tipos de fondo. Los paleoecólogos también deben apreciar que solo promedio de tiempo, incluso en ausencia de transporte *post mortem*, tiende a un promedio espacial de la data ecológica, debido a los eventos de colonización al azar, sucesión ecológica in situ y en largas escalas de tiempo a la migración de hábitats.

Ensamble de moluscos muertos son conchas vacías taxonómicamente identificables que son colectadas desde un área estandarizada o volumen del fondo marino. La resolución temporal de un ensamble de conchas varía inmensamente (Figura 7) y escalas intermedias de promedio de tiempo caracterizan la mayoría de los registros fósiles. Un ensamble de moluscos puede formarse: a) durante un periodo de estabilidad ambiental (ensamble de tiempo promedio dentro del hábitat) y b) durante un periodo de cambio ambiental (ensamble condensación ambiental) con diferencias en la resolución temporal que guardan (Kidwell & Bosence, 1991). Por ejemplo, la ventana de tiempo de un ensamble de moluscos muertos de playas es datada de unos pocos miles de años (Kidwell 2013).

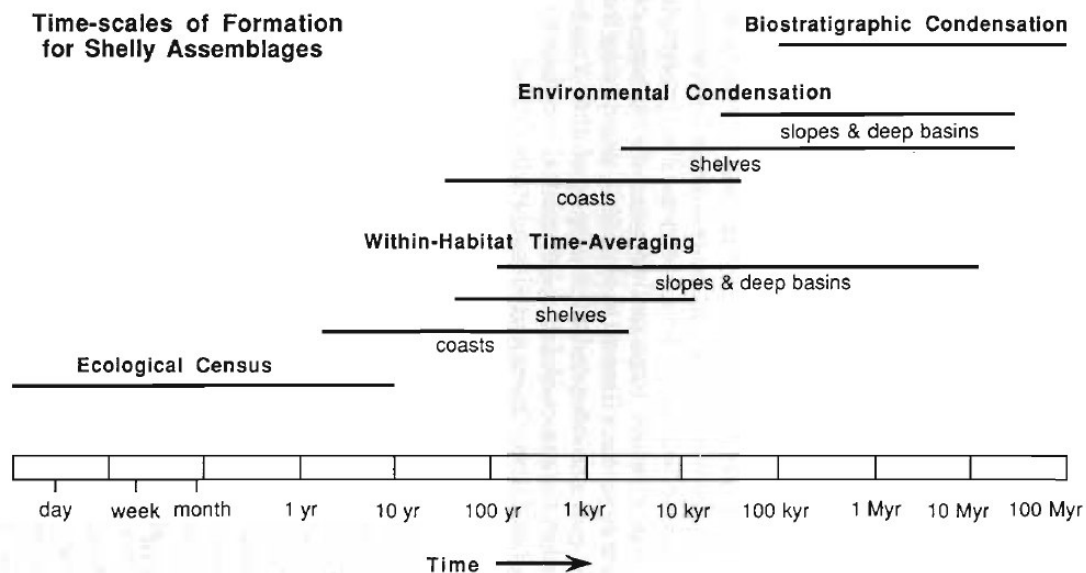


Figura 7 Escalas de tiempo para la formación de ensamble de conchas, desde un ensamble de censo ecológico, ensamble de promedio temporal dentro del hábitat, ensamble de condensación ambiental y ensamble de condensación bioestratigráfica (Kidwell & Bosence, 1991).

La abundancia y composición de los restos de conchas son gobernadas por una compleja interacción de muchos factores. Estos pueden ser reducidos a su forma más simple como a) la fuente o suministro de conchas, b) la susceptibilidad inherente y

altamente específica de las conchas a modificaciones o destrucción *post mortem*, c) las condiciones tafonómicas que las conchas son expuestas en su ambiente de acumulación y d) la escala de tiempo de acumulación. En largos periodos de acumulación, lo más probable es que la diversidad de especies y los rangos de edad del ensamble de conchas será modificado por la preservación diferencial, las conchas de sucesivas generaciones serán mezcladas (promedio de tiempo), y que cambien las fuentes, tasas, suministro y ambiente local de acumulación. Algunos de estos procesos tienden a inflar la diversidad del ensamble muerto relativo a la composición de la comunidad en un solo momento, mientras que otras tenderán a disminuir la diversidad (Kidwell & Bosence, 1991).

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 Hipótesis:

Los cambios temporales en las variables faunísticas son producto de los cambios ambientales ocurridos en el Último Período Interglaciario.

3.2 Objetivo general:

Caracterizar las variaciones de la malacofauna de la Terraza Marina Pampa del Palo (TMPP) para inferir cambios ambientales marinos costeros en el Último Período Interglaciario.

3.3 Objetivos específicos:

- Describir la composición faunística de la malacofauna (N° de especies, abundancia e índice de diversidad de las especies) en cada nivel de la columna estratigráfica y su variabilidad temporal en la TMPP.
- Determinar el tipo de sedimento y su variabilidad temporal en la TMPP.
- Relacionar la composición faunística y el tipo de sedimento en cada estrato de la columna estratigráfica de la TMPP.
- Inferir condiciones térmicas en cada estrato a partir de la malacofauna en la columna estratigráfica en la TMPP.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El área de estudio es la Terraza Marina Pampa del Palo (Ver Figura 8), al sur de Punta Coles en el distrito de Ilo (17°S). Esta terraza tiene una extensión de 20 km de longitud y 20 m de altura aproximadamente conteniendo una superposición de sedimentos marinos costeros, lagunares y aluviales (Ortlieb et al., 1996). Esta terraza ha sido correlacionada con el Pleistoceno tardío (estadio isotópico 5, hace 125 mil años) y el pleistoceno medio (¿estadio isotópico 7?, hace 220 mil años) (Ortlieb et al., 1996).



Figura 8 Ubicación del lugar de muestreo, la flecha negra indica el lugar donde se tomó muestras de una columna estratigráfica que corresponde a la Terraza Marina Pampa del Palo, ubicada en Ilo (17°S), Moquegua, Perú.

4.2 Diseño de muestreo:

Las muestras fueron colectadas el 11 y 12 de Julio del 2012 por Matthieu Carré (Universidad de Montpellier, Francia), Ernesto Fernández (Instituto del Mar del Perú) y Kathy Córdova (Universidad Nacional Mayor de San Marcos).

El diseño de muestreo consistió en tomar muestras de cada estrato de un transecto vertical de la Terraza Marina Pampa del Palo. Sin embargo, debido a la morfología del terreno, no se pudo hacer un solo transecto y de acuerdo a la accesibilidad se fue cambiando de ubicación, manteniendo la secuencia horizontal de los estratos. Como resultado se hizo 8 transectos: A, B, C, D, E, F, G y H (Figura 9).

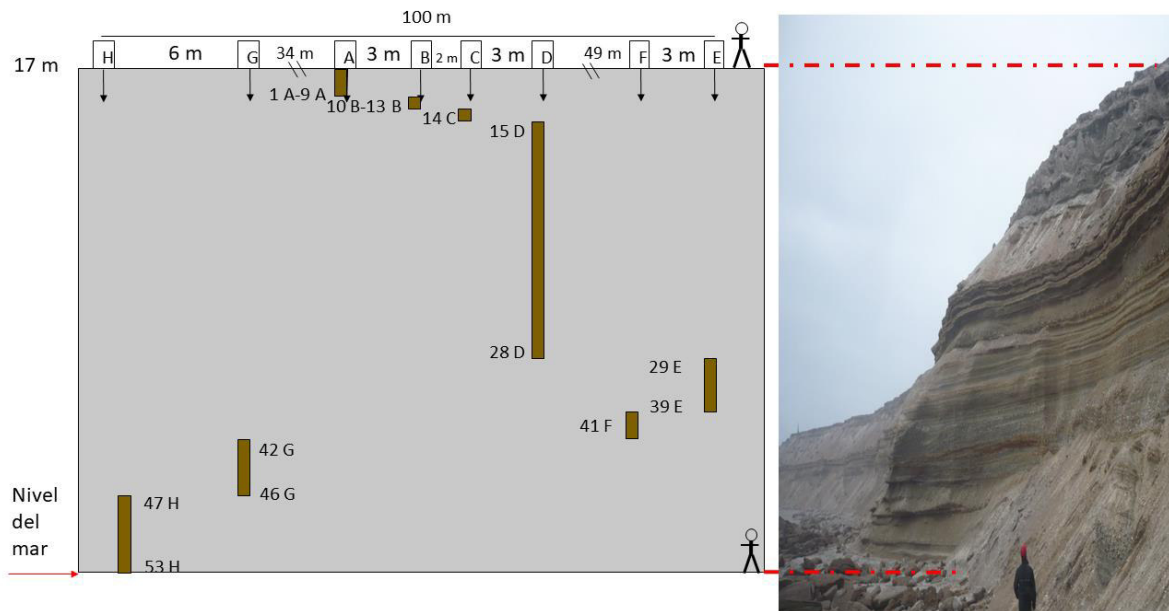


Figura 9 Transectos de muestreo en la Terraza Marina Pampa del Palo. En 100 m de largo paralelo a la orilla del mar se distribuyeron los distintos transectos de acuerdo a la accesibilidad del terreno.

La separación en metros entre los transectos se observa en la Figura 9 y la Tabla 1 muestra las coordenadas de algunos transectos y los estratos muestreados en cada uno de ellos.

Tabla 1. Transectos, coordenadas y sus respectivos estratos muestreados en la Terraza Marina Pampa del Palo

Transecto	Coordenadas	Código de muestra
A	17°41'44.9"S, 71°20'45.2"W	1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A, 9A
B		10B, 11B, 12B, 13B
C		14C
D		15D, 16D, 17D, 18D, 19D, 20D, 21D, 22D, 23D, 24D, 25D, 26D, 27D, 28D
E	17°41'45.9"S, 71°20'43.4"W	29E, 30E, 31E, 32E, 33E, 34E, 35E, 36E, 37E, 38E, 39E
F		41F
G	17°41'44.3"S, 71°20'46.5"W	42G, 43G, 44G, 45G, 46G
H		47H, 48H, 49H, 50H, 51H, 52H, 53H

Las muestras se tomaron una sola vez en cada estrato, salvo algunas excepciones se tomó más muestra de un mismo estrato, pero alejada algunos metros del transecto. Las muestras fueron tomadas con espátulas en cada estrato, la cantidad de muestra tomada en cada estrato fue de diferente tamaño, debido principalmente al espesor de los estratos, a la accesibilidad del terreno y a las características propias de los sedimentos que contienen las conchas (algunos estratos tenían un sedimento más consolidado que otros).

Al mismo tiempo que se tomaron las muestras, se hizo una descripción visual del contenido de cada estado. Finalmente, las muestras de cada estrato fueron colocadas en bolsas plásticas y embaladas para ser enviadas al Laboratorio de Geología Marina del IMARPE, para su análisis.

4.3 Columna estratigráfica:

Con las observaciones realizadas en el campo y las fotografías se elaboró una columna estratigráfica para esquematizar la naturaleza de los sedimentos y establecer unidades sedimentarias. Esto permitió explicar los procesos sedimentarios que se han guardado en la Terraza Marina Pampa del Palo y relacionarlo al proceso de enterramiento que han sufrido los restos de los organismos encontrados.

4.4 Procesamiento de muestras:

4.4.1 Descripción de las muestras:

Cada muestra fue pesada en húmedo, es decir tal cual fueron halladas. Se tomaron fotografías, se registró el color (usando el manual Munsell), grado de litificación, granulometría (estimación visual), disposición de las conchillas y otras observaciones. Todo esto fue anotado en la Hoja de Datos N°1.

4.4.2 Separación por tamaño:

Usando un tamiz N° 7 (2.8 mm) fueron separadas las partículas de tamaño de gravas de las arenas. Las partículas de tamaño de gravas de las muestras principalmente consistían en las conchas de caracoles y bivalvos (enteras y fragmentadas), además también podía haber cantos rodados. En la fracción de tamaño de las arenas se podía encontrar una mezcla de fragmentos de conchas y minerales (Figura 10).

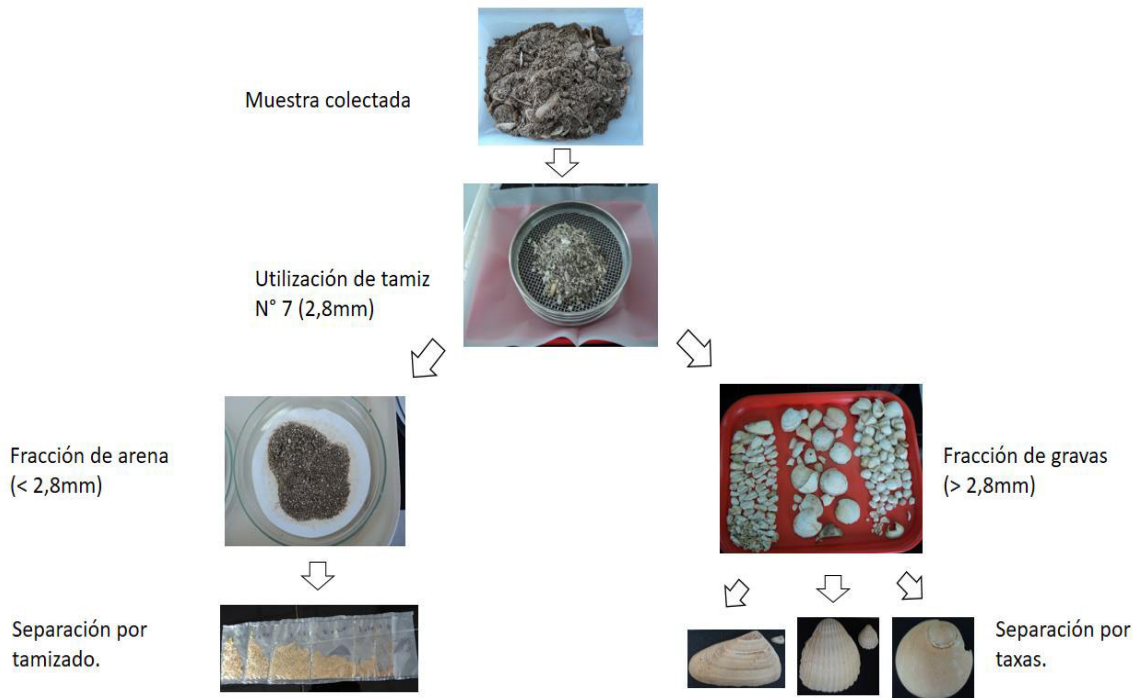


Figura 10 Metodología utilizada para separar cada muestra en fracciones de tamaño.

4.4.3 Análisis de gravas:

Las conchillas de moluscos y otros restos calcáreos fueron limpiados con una brocha para retirar el exceso de tierra. Posteriormente se realizó la identificación taxonómica de los moluscos hasta el mínimo taxón posible empleando bibliografía especializada (Keen 1971, Paredes et al., 2016). Se determinó la abundancia por especie, se tomaron mediciones, peso, fotografías y finalmente fueron almacenados y rotulados. Cada valva desarticulada se consideró como un individuo. Todos los datos fueron consignados en la Hoja de Datos N°1.

A las rocas encontradas se les tomó fotos y se registró el peso.

4.4.4 Análisis de arenas:

Para determinar la granulometría de las arenas. Se submuestreó 25 g de sedimento y se utilizó el método de Ingram (1971) utilizando una batería de tamices. Este

método incluye secado de la muestra (25 g), el ataque a la materia orgánica con Peróxido de hidrógeno, luego se vuelve a secar la muestra, se pasa por una batería de tamices (63µm, 125µm, 500µm, 750µm, 1000µm, 2800µm), luego se pesa cada fracción de arena (arena muy fina, arena fina, arena mediana, arena gruesa y arena muy gruesa).

Los tamaños de arena se nominaron en relación a la escala de Udden-Wentworth (Wentworth, 1922) mostrado en Figura 11.

Millimeters (mm)	Micrometers (µm)	Phi (φ)	Wentworth size class		Rock type
4096		-12.0	Boulder		Conglomerate/ Breccia
256		-8.0	Cobble	Gravel	
64		-6.0	Pebble		
4		-2.0	Granule		
2.00		-1.0	Very coarse sand		
1.00		0.0	Coarse sand		
1/2	500	1.0	Medium sand	Sand	
1/4	250	2.0	Fine sand		
1/8	125	3.0	Very fine sand		
1/16	63	4.0	Coarse silt	Silt	Siltstone
1/32	31	5.0	Medium silt		
1/64	15.6	6.0	Fine silt		
1/128	7.8	7.0	Very fine silt		
1/256	3.9	8.0		Mud	Claystone
0.00006	0.06	14.0	Clay		

Figura 11 Escala de clasificación de tamaños de grano Udden-Wentworth, para sedimentos terrígenos (tomado de Wentworth, 1922)

Para algunas muestras de la Unidad III, debido a la compactación del sedimento, no fue posible hacer el análisis de granulometría.

4.5 Análisis de datos

4.5.1 Sedimentos:

A partir del análisis de granulometría se obtuvo el porcentaje de cada fracción de los sedimentos analizados con esto se determinó la textura en base a los contenidos parciales de grava, arena y fango según el diagrama de Folk (1954).

4.5.2 Restos biogénicos:

Con la información de abundancia se elaboró una matriz de datos con los taxones en las columnas y los estratos en las filas. Los valores cuantitativos de abundancia en número de individuos fueron estandarizados para un peso de muestra de 10 Kg. Por ello la abundancia se expresó en individuos/10 kg.

4.5.3 Índices ecológicos de Diversidad:

Los índices ecológicos serán aplicados considerando que se tratan de ensamblajes de moluscos y con propósitos de comparar cada intervalo de tiempo que contiene la terraza.

- Riqueza específica (S):

Hace referencia al número total de especies de las muestras (Clarke & Warwick, 2001).

- Índice de Diversidad de Shannon (H')

Este índice estima el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección, asume que todos los individuos son aleatoriamente muestreados de una comunidad infinitamente grande y que todas las especies poseen representantes en la muestra (Moreno 2001, Magurran 2004). La diversidad de Shannon se calculó empleando logaritmo en base 2 (Clarke & Warwick, 2001), con la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Donde:

p_i = frecuencia relativa o proporción de individuos de la i -ésima especie.

4.5.4 Análisis de preservación:

Para establecer el estado de preservación de las conchas encontradas se utilizó las valvas de la especie *Mesodesma donacium* por ser la única especie que está presente en toda la columna estratigráfica muestreada. Se determinó el porcentaje de desarticulación y porcentaje de valvas rotas (Pickerill & Brenchley, 1991). Para determinar el número de conchas rotas se consideró dos tipos de conchas rotas: las conchas rotas que tienen la charnela y las conchas rotas que no. Al conteo entraron las conchas rotas con la charnela.

5. RESULTADOS

5.1 Columna estratigráfica del lugar muestreado:

La columna estratigráfica de la Figura 12, resume las características sedimentológicas del lugar muestreado. Los 53 estratos muestreados han sido agrupados en 5 unidades por sus características de litología, textura, estructuras sedimentarias y composición de la malacofauna, las cuales son descritas a continuación.

Unidad I (0 – 2.5 m): Corresponde a la parte más baja de la columna estratigráfica. Está compuesto de una matriz de arenas finas y grava compuesta por restos de moluscos. Se observó capas de conchas intercaladas con capas de arena y estructuras de laminación paralela. La densidad de los restos de moluscos varió entre el 5 al 35 % del peso de la muestra. Las especies encontradas en mayor cantidad son *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*, además se encontró especies de fauna cálida como *Ilioichione subrugosa*. Entre el 60 y el 80% de conchas de *Mesodesma donacium* estaban rotas y solo en una capa se encontró esta especie con las valvas articulada, en los demás estuvieron desarticulados. La preservación en esta unidad fue mejor en relación al resto de la columna, esta unidad presenta menor densidad de moluscos, pero mejor preservación (Ver Figura 12 E).

Unidad II (2.5 – 6.7 m): Mide cerca de 4 m de espesor. Está compuesta de gravas de conchas de moluscos y cantos rodados en una matriz de arenas gruesas compuesta de restos de conchas y arenas litogénicas. Esta unidad presenta una estructura de laminación paralela. El límite inferior es una superficie erosiva al igual que el límite superior. La densidad de restos biogénicos se encuentra entre el 15 y 60% en peso de la muestra. La fauna dominante está compuesta por *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis* y *Ensis macha*, además se encontró presencia de especies de aguas cálidas como el gasterópodo *Neaeromya* sp. y el bivalvo *Ilioichione subrugosa*. Un diente de tiburón también fue

encontrado. Respecto a la especie *Mesodesma donacium* se cuantificó una capa con 60% de conchas rotas y en el resto de la unidad las conchas rotas son >80%, se cuantificó un 100% de conchas desarticuladas. Además, esta unidad está compuesta por 2 subunidades, la subunidad basal (2.5 a 4.25m) muestra una fragmentación de más del 50 % de los restos biogénicos. La subunidad del techo (4.25 a 6.2m) muestra una fragmentación de los restos biogénicos es mayor al 70%. Por lo tanto, a partir de esta información de la fragmentación se puede interpretar como resultado de un gran transporte y retrabajo de los restos biogénicos por la energía de las olas. El hecho de que haya una gran densidad de restos biogénicos en comparación al resto de la columna sugiere que algún tipo de corriente o geomorfología de la costa haya concentrado tal cantidad de restos biogénicos.

Unidad III (6.5-8 m): Tiene cerca de 1.5 m de espesor. En la base de la unidad está compuesto de una grava de conchas y hacia el techo hay una sucesión de capas de yeso y arenas finas (~5cm) o costras de carbonatos con colores blanco a pastel y capas de arena conteniendo conchas de bivalvos desarticuladas y algunas articuladas (mitílidos y *Cryptomya californica*), crepipatélidos enteros, ostrácodos y vértebras de peces. La densidad de conchas en la capa basal es cercana al 30% en peso y las especies dominantes en esta capa son *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis* y *Tagelus dombeii*, además hay presencia de especies de aguas cálidas como *Cryptomya californica*. El 70 % de conchas de *Mesodesma donacium* fueron encontradas fragmentadas y el 100 % desarticuladas. Esta unidad se interpreta como una laguna costera debido a las características sedimentológicas, yesos (Ortlieb et al., 1996).

Unidad IV (8.5 - 12.7 m): Con 5 metros de espesor, esta unidad está compuesta por arenas siliciclásticas y biogénicas finas y gruesas, y algunas capas con conchas enteras. Presenta estructuras: estratificada laminada y cruzada. La densidad de moluscos en las capas que presentan conchas es menor al 20% del peso de la muestra. Las especies

de moluscos más abundantes son *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis*, *Eurhomalea* sp., *Cryptomya californica*, *Felicioliva peruviana* y *Nassarius* sp. Esta unidad presenta la presencia de una especie de aguas cálidas (*Cryptomya californica*). Los individuos de la especie *Mesodesma donacium* presentaron un 90% de conchas rotas y un 100 % de desarticulación de las valvas. Cabe resaltar que una de las capas de esta unidad (22 D) presentó una característica única en relación a toda la columna ya que una especie de aguas cálidas como *Cryptomya californica* estuvo segunda en abundancia, y además la presencia de *Anomia peruviana* y *Pitar* sp., también de aguas cálidas.

Unidad V (12.7 a 17 m): Compuesto por una matriz de arena que contiene restos de moluscos. Se observó una estructura estratificada laminada desde 15m hasta el techo. La densidad de restos biogénicos fue de 5 a 25% respecto al peso total de la muestra. Las especies encontradas más abundantes fueron *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis*, *Tagelus dombeii* y hay presencia de especies de aguas tropicales como *Ilioichione subrugosa*. Los individuos de la especie *Mesodesma donacium* estuvieron rotos entre 75 a 100% y desarticulados fueron en 100%.

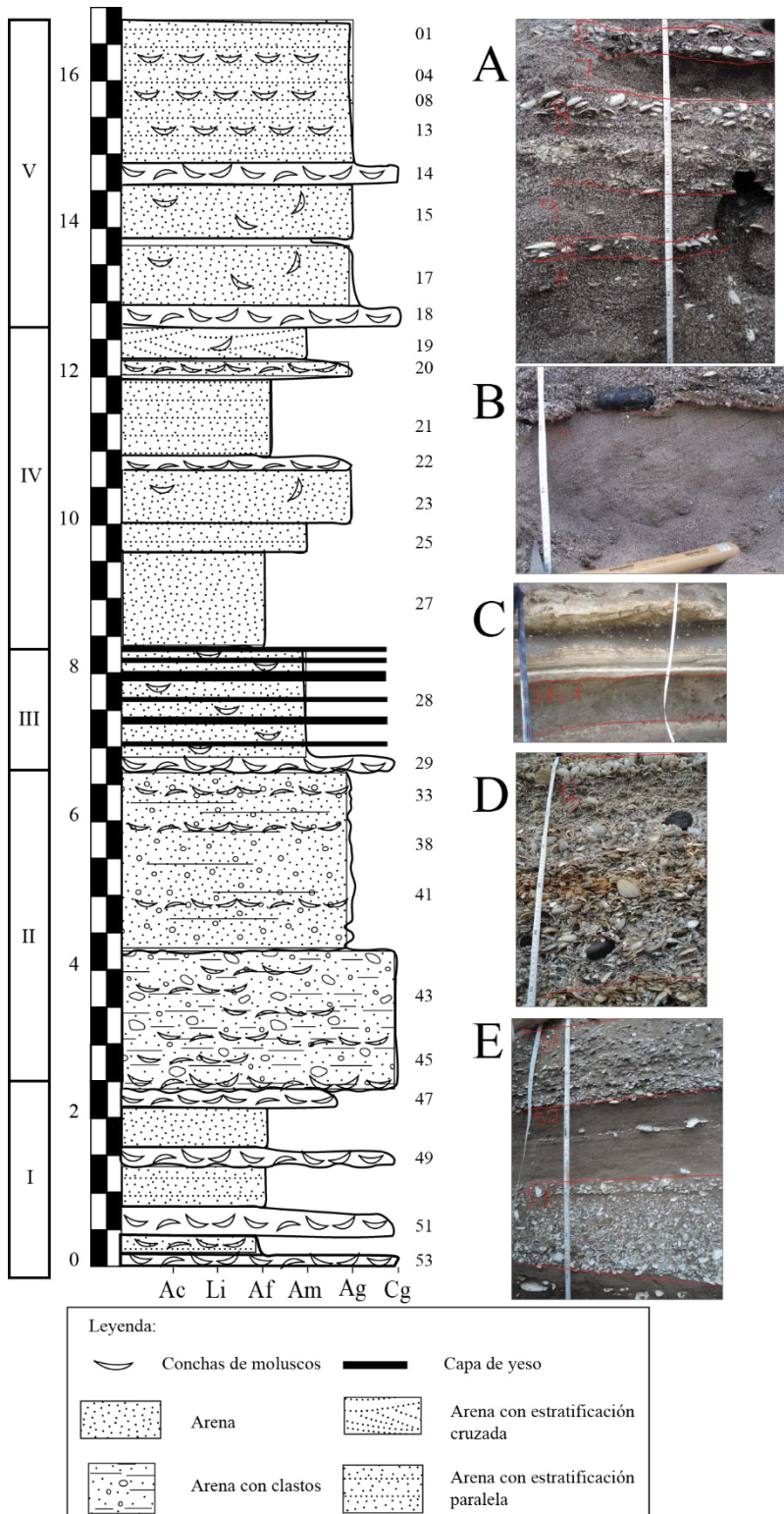


Figura 12 Esquema de la columna estratigráfica muestreada en la Terraza Marina Pampa del Palo. A la derecha se observa la fotografía del lugar de muestreo.

5.2 Caracterización de los sedimentos:

De 30 muestras se determinó la textura del sedimento y el tamaño de grano promedio. La textura varió entre arena, arena ligeramente gravosa y arena gravosa. El tamaño de grano promedio fue entre arena fina, media y gruesa (Ver Tabla 2). Las arenas gruesas estuvieron presentes en 12 estratos, las arenas medias en 12 estratos y 7 estratos presentaron arenas finas, estas últimas se ubicaron en la parte baja de la columna estratigráfica.

El tamaño de grano promedio varió entre arena fina, media y gruesa, el detalle se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Detalle de la textura de sedimento y el tamaño de grano promedio encontrado en cada muestra de la Terraza Marina Pampa del Palo-Ilo.

N° Muestra	Unidad estratigráfica	Textura del sedimento	Tamaño de grano promedio
4 A	Unidad V	arena con grava	arena gruesa
8 B	Unidad V	arena con grava	arena gruesa
9 B	Unidad V	arena ligeramente con grava	arena gruesa
15D	Unidad V	arena con grava	arena gruesa
16D	Unidad V	arena	arena media
17D	Unidad V	arena con grava	arena gruesa
18D	Unidad V	arena con grava	arena gruesa
19D	Unidad IV	arena	arena media
20D	Unidad IV	arena con grava	arena media
22D	Unidad IV	arena ligeramente con grava	arena media
23D	Unidad IV	arena ligeramente con grava	arena gruesa
24D	Unidad IV	arena	arena media
25D	Unidad IV	arena	arena media
27D	Unidad IV	arena	arena fina
28a	Unidad III	arena	arena fina
28b	Unidad III	arena	arena media
28c	Unidad III	arena	arena fina
29E	Unidad III	arena con grava	arena media
31E	Unidad II	arena ligeramente con grava	arena media
33E	Unidad II	arena gravosa	arena gruesa
34E	Unidad II	arena ligeramente con grava	arena media
41F	Unidad II	arena ligeramente con grava	arena gruesa
42G	Unidad II	arena con grava	arena media
43G	Unidad II	arena con grava	arena gruesa
44G	Unidad II	arena con grava	arena gruesa
46G	Unidad II	arena con grava	arena media
47H	Unidad I	arena ligeramente con grava	arena media
48H	Unidad I	arena	arena fina
49H	Unidad I	arena ligeramente con grava	arena fina
50H	Unidad I	arena	arena fina
51H	Unidad I	arena con grava	arena fina
52H	Unidad I	arena ligeramente con grava	arena fina
53H	Unidad I	arena ligeramente con grava	arena fina

5.3 Composición faunística

5.3.1 Contenido biogénico total

Los moluscos (29 bivalvos, 30 gasterópodos y 1 polioplacóforo) son los invertebrados más abundantes que se han encontrado en todos los estratos que contenían conchas. Además, también se encontró los siguientes grupos: equinodermos y crustáceos (balánidos, una quela de decápodos y ostrácodos) (Ver Figura 13).

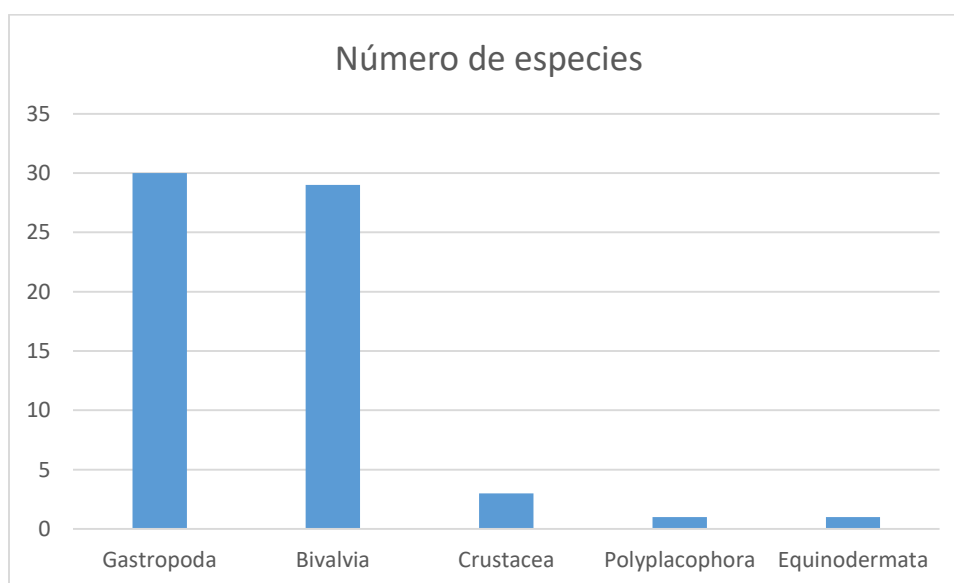


Figura 13 Número de especies por grupo taxonómico de todos los ensambles de especies encontrados en la columna estratigráfica muestreada de la Terraza Marina Pampa del Palo

El Phylum Mollusca estuvo representado por 3 clases: Gastropoda, Bivalvia y Polyplacophora. La clase Gastropoda estuvo compuesta por 16 familias, siendo la familia Muricidae la que tuvo más representantes, 5 especies. Mientras que la clase Bivalvia estuvo compuesta por 15 familias, la familia Veneridae fue la que tuvo más representantes, 13 especies (Ver Tabla 3). La clase Polyplacophora estuvo representada por una especie de *Chiton*, que no se puede precisar la especie debido a que solo se encontró una placa.

El Phylum Arthropoda estuvo representado por el Subphylum Crustacea, dentro de estas 3 clases fueron encontradas: Clase Thecostraca, Clase Malacostraca y Clase Ostracoda. La clase Thecostraca fue representado por los restos de balánidos que fueron encontrados en varios estratos. Mientras que la Clase Malacostraca fue representada por una quela de cangrejo encontrada en la muestra 45 (Unidad II). La Clase Ostracoda fue representada por una cantidad considerable de ostrácodos en la muestra 28 (Unidad III).

El Phylum Chordata estuvo representado por la Clase Elasmobranchii, siendo un diente de un tiburón que fue encontrado en la muestra 43 (Unidad II) el representante de esta Clase.

Los taxones más característicos y relevantes de moluscos se ilustran en las Figuras 14 y 15.

Tabla 3. Contenido biogénico de moluscos del depósito muestreado: Gastropoda, Bivalvia y Polyplacophora.

MOLLUSCA				
GASTROPODA		BIVALVIA		
Muricidae	<i>Acanthina? sp.</i>	Veneridae	<i>Ameghinomya antiqua</i> (P. P. King, 1832)	
	<i>Concholepas concholepas</i> (Bruguière, 1789)		<i>Leukoma sp.</i>	
	<i>Crassilabrum crassilabrum</i> (G. B. Sowerby II, 1834)		<i>Iliochoione subrugosa</i> (W. Wood, 1828) (= <i>Chione broggi</i>)	
	<i>Crassilabrum sp.</i>		<i>Retrotapes exalbidus</i> (Dillwyn, 1817)	
	<i>Xanthochorus sp.</i>		<i>Retrotapes lenticularis</i> (Sowerby, 1835)	
Calyptraeidae	<i>Crepipatella peruviana</i> (Lamarck, 1822)		<i>Eurhomalea rufa</i> (Lamarck, 1818)	
	<i>Crepipatella sp.</i>		<i>Eurhomalea sp.</i>	
	<i>Crucibulum sp.</i>		<i>Pitar sp.</i>	
	<i>Trochita trochiformis</i> (Born, 1778)		Gen et sp. no det. 1	
Cancellariidae	<i>Cancellaria buccinoides</i> (G. B. Sowerby I, 1832)		Gen et sp. no det. 2	
	<i>Cancellaria sp.</i>		<i>Transennella pannosa</i> (G. B. Sowerby I, 1835)	
	Gen et sp. no det.		Gen et sp. no det.	
Columbellidae	Gen et sp. no det.		Mactridae	<i>Mulinia edulis</i> (P. P. King, 1832)
	<i>Mitrella sp.</i>			<i>Raeta undulata</i> (Gould, 1851)
	<i>Mitrella buccinoides</i> (G. B. Sowerby I, 1832)		Petricolidae	<i>Petricola rugosa</i> (G. B. Sowerby I, 1834)
Naticidae	<i>Polinices sp.</i>	<i>Petricola sp.</i>		
		<i>Sinum cymba</i> (Menke, 1828)	Mytilidae	<i>Choromytilus chorus</i> (Molina, 1782)
Nassariidae	<i>Nassarius sp. 1</i>	<i>Semimytilus patagonicus</i> (Hanley, 1843)		
		<i>Nassarius sp. 2</i>	Lasaeidae	<i>Neaeromya sp.</i>
Fascioliariidae	<i>Fusinus sp.</i>	<i>Mysella sp.</i>		
Fissurellidae	<i>Fissurella sp.</i>	Anomiidae	<i>Anomia peruviana</i> (d'Orbigny, 1846)	
Lottiidae	<i>Scurria scurra</i> (Lesson, 1831)	Cardiidae	<i>Trachycardium procerum</i> (G. B. Sowerby I, 1833)	
Olividae	<i>Felicioliva peruviana</i> (Lamarck, 1811)	Glycymeridae	<i>Glycymeris ovata</i> (Broderip, 1832)	
Potamididae	<i>Cerithidea sp.</i>	Mesodesmatidae	<i>Mesodesma donacium</i> (Lamarck, 1818)	
Ranellidae	<i>Priene scabrum</i> (P. P. King, 1832)	Myidae	<i>Cryptomya californica</i> (Conrad, 1837)	
Tegulidae	<i>Tegula luctuosa</i> (d'Orbigny, 1841)	Phariadae	<i>Ensis macha</i> (Molina, 1782)	
Trochidae	Gen et sp. no det.	Pectinidae	<i>Argopecten purpuratus</i> (Lamarck, 1819)	
Turbinidae	<i>Prisogaster niger</i> (W. Wood, 1828)	Semeleidae	<i>Semele sp.</i>	
Turritellidae	<i>Turritella cingulata</i> (G. B. Sowerby I, 1825)	Solecurtidae	<i>Tagelus dombeii</i> (Lamarck, 1818)	
Ellobiidae	<i>Tralia sp.</i>	Donacidae	<i>Donax sp.</i>	
POLYPLACOFORA				
		Chitonidae	<i>Chiton sp.</i>	

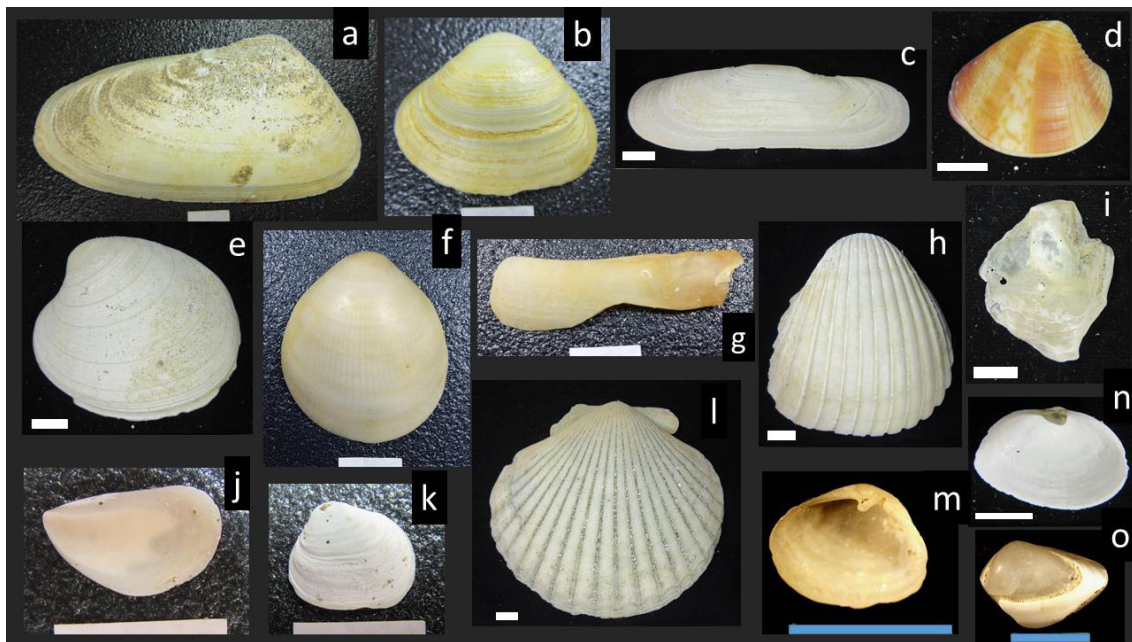


Figura 14 Principales especies de bivalvos encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo: a) *Mesodesma donacium*, b) *Mulinia edulis*, c) *Tagelus dombeii*, d) *Ilioichione subrugosa*, e) *Retrotapes lenticularis*, f) *Glycymeris ovata*, g) *Ensis macha*, h) *Trachycardium procerum*, i) *Anomia peruviana*, j) *Choromytilus chorus*, k) *Petricola rugosa*, l) *Argopecten purpuratus*, m) *Neaeromya* sp., n) *Cryptomya californica*, o) *Donax* sp. Barra blanca corresponde 1cm, barra celeste corresponde a 0.5 cm.

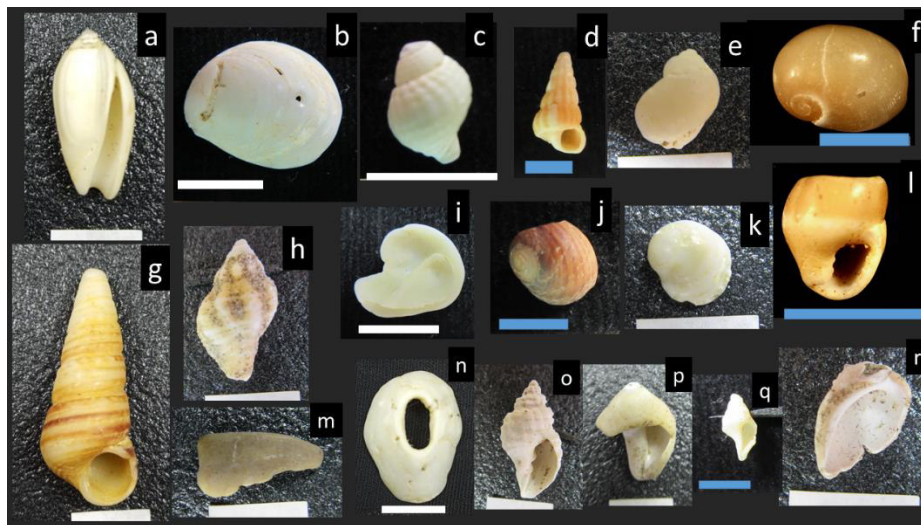


Figura 15 Principales especies de gasterópodos encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo: a) *Feliciviva peruviana*, b) *Crepidatella* sp., c) *Nassarius* sp., d) *Cerithidea* sp., e) *Polinices* sp., f) *Sinum cymba*, g) *Turritella cingulata*, h) *Xanthochorus* sp., i) *Crucibulum* sp., j) *Prisogaster niger*, k) *Trochita trochiformis*, l) *Mitrella* sp., m) quela de cangrejo, n) *Fissurella* sp., o) *Cancellaria buccinoides*, p) *Acanthina* sp., q) *Fusinus* sp., r) *Concholepas concholepas*. Barra blanca corresponde 1cm, barra celeste corresponde a 0.5 cm.

5.3.2 Contenido biogénico por estratos:

Se analizó el contenido biogénico de 34 muestras de toda la columna que representan las 5 Unidades estratigráficas descritas en la sección anterior. En la Unidad III, la muestra 28 presenta datos de riqueza, abundancia y diversidad de Shannon subestimados, debido a la compactación de esta muestra no se pudo evaluar todo el contenido biogénico.

La riqueza de especies o N° de taxones fue mayor en las unidades I, II y III, alcanzando las 25 especies; y en promedio fue de 11 especies. La diversidad de Shannon fue mayor en la Unidad III, con un máximo de 2 en la muestra 29. El mínimo valor de diversidad fue 0 bits/ind en las capas donde solo hay arenas sin restos biogénicos, en las unidades I y IV. Las unidades presentaron mayores abundancias totales siendo el máximo valor fue de 2004 ind/10 kg en la muestra 53 de la Unidad I y el mínimo valor de abundancia fue de 38 ind/10 kg en la muestra 24 de la Unidad IV (Ver Figura 16).

Según el resumen consolidado (Tabla V) de índices por cada unidad estratigráfica, la riqueza de especies fue máxima en la unidad II alcanzando 51 especies. La Unidad IV presentó el mínimo número de especies con 23. Las abundancias totales tendieron a incrementarse hacia la base de la terraza donde alcanzó el máximo en la Unidad I con 1124 ind/10 kg y el mínimo fue en la Unidad IV con 169 ind/10 kg. La diversidad de Shannon alcanzó sus máximos niveles en la Unidad II y III con 3 bits/ind en ambas unidades; y el mínimo valor con 1.4 bits/ind en la Unidad V.

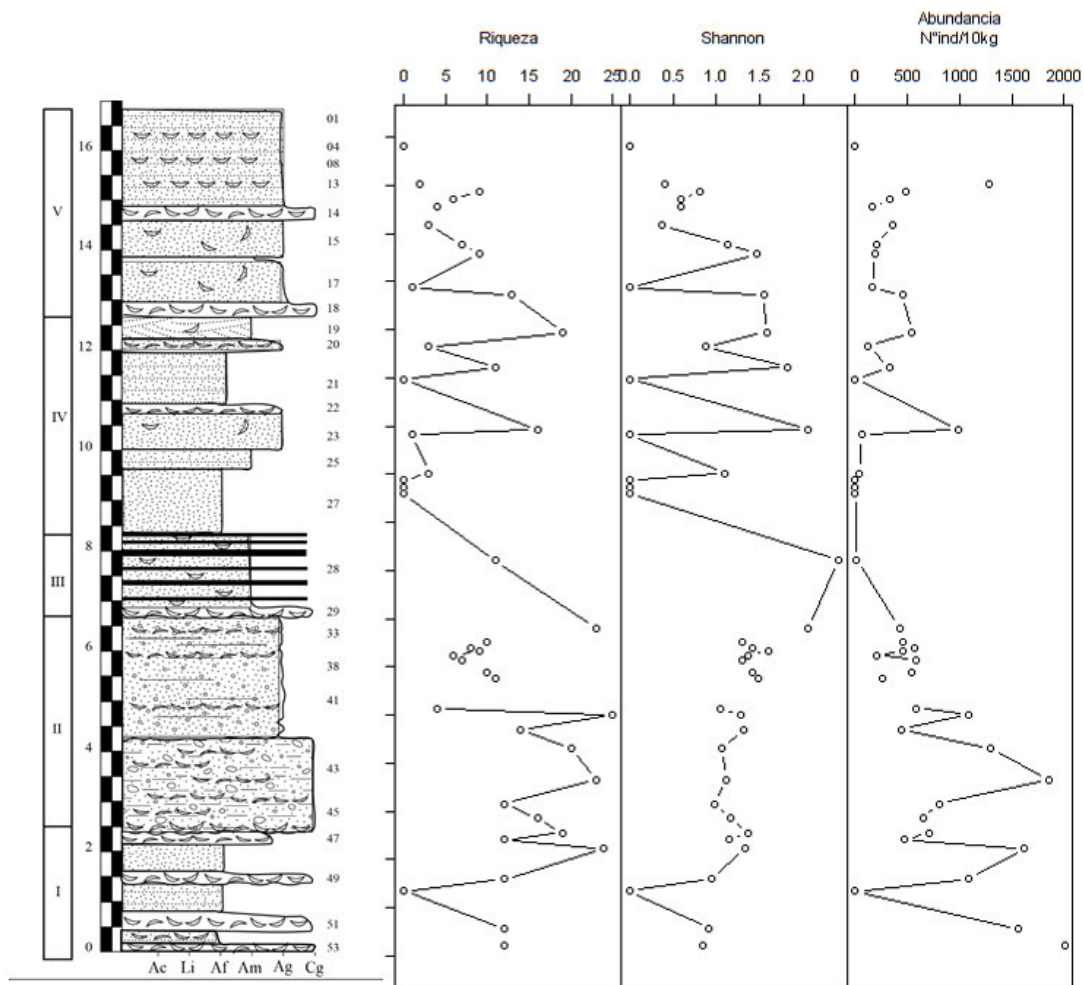


Figura 16 Variación del N° de especies, diversidad Shannon-Wiener y abundancia (ind/10 Kg) en la columna estratigráfica ubicada en el extremo norte de la Terraza Marina Pampa del Palo, Ilo - Perú.

La riqueza de especies (S), abundancia total (ind/10 kg) y diversidad de Shannon (H') se muestran en la Tabla 4 y un consolidado de los índices por cada Unidad estratigráfica en la Tabla 5.

Tabla 4. Valores de los índices ecológicos por cada estrato muestreado en la Terraza Marina Pampa del Palo.

N° muestra	Unidad estratigráfica	N° de taxones (S)	Abundancia (ind/10 Kg)	Diversidad de Shannon (H')
4	Unidad V	2	1279.08	0.40
6	Unidad V	9	483.02	0.81
8	Unidad V	6	331.50	0.59
9 y10A	Unidad V	4	156.08	0.59
13 C	Unidad V	3	363.18	0.37
14C	Unidad V	7	206.83	1.13
15D	Unidad V	9	185.08	1.46
16D	Unidad V	1	165.28	0.00
17D	Unidad V	13	452.38	1.54
18 A	Unidad V	19	542.82	1.57
19D	Unidad IV	3	121.59	0.87
20D	Unidad IV	11	329.88	1.81
22D	Unidad IV	16	988.31	2.04
23D	Unidad IV	1	62.40	0.00
24D	Unidad IV	3	38.41	1.10
28D	Unidad III	11	8.03	2.40
29D	Unidad III	23	425.44	2.05
31E	Unidad II	10	460.12	1.29
33E	Unidad II	8	571.59	1.41
34F	Unidad II	9	456.52	1.59
34bE	Unidad II	6	203.54	1.37
34cE	Unidad II	7	580.54	1.30
36E	Unidad II	10	536.59	1.41
38E	Unidad II	11	263.03	1.47
41bF	Unidad II	4	575.76	1.05
41cF	Unidad II	25	1090.05	1.27
41dF	Unidad II	14	438.83	1.30
42G	Unidad II	20	1300.64	1.06
43G	Unidad II	23	1853.98	1.11
44G	Unidad II	12	802.97	0.97
45G	Unidad II	16	646.48	1.17
46G	Unidad II	19	706.52	1.36
47H	Unidad I	12	467.26	1.15
48H	Unidad I	24	1621.56	1.32
49H	Unidad I	12	1085.27	0.95
51H	Unidad I	12	1565.84	0.92
53H	Unidad I	12	2004.27	0.85

Tabla 5. Valores de índices ecológicos por Unidades estratigráficas en la Terraza Marina Pampa del Palo.

Unidad estratigráfica	N° de taxones (S)	Abundancia (ind/10 Kg)	Diversidad de Shannon (H')
V	26	417	1.4
IV	23	169	3
III	25	433	3
II	51	694	1.9
I	31	1124	1.6

Composición específica de la terraza:

A continuación, se describe las especies más importantes encontradas en la terraza marina Pampa del Palo. Variaciones de las abundancias a lo largo de la terraza se pueden ver en la Figura 17.

La especie *Mesodesma donacium* estuvo presente en todos los estratos que contenían conchas (Figura 17). Además, fue la especie dominante en 32 muestras de 36. Las mayores abundancias se observaron en las Unidades I y II y en una muestra de la Unidad V.

La abundancia relativa de esta especie varió desde el 100% en las muestras 16 y 23 en la Unidad V y IV. Se redujo hasta el 9% de abundancia relativa en la muestra 34 de la Unidad II.

La especie *Mulinia edulis* fue la segunda especie dominante en 23 muestras de 36, además en 3 muestras ocupó el primer lugar en dominancia: 18 (Unidad V), 31 y 34 (Unidad II). La abundancia se incrementó hacia la base de columna: Unidad I y II. La dominancia relativa de esta especie varió desde 62% en la muestra 48 (Unidad I), hasta 2% en el estrato 22 (Unidad IV).

La especie *Ensis macha* estuvo presente en todas las Unidades estratigráficas. Alcanzando sus máximas abundancias en la Unidad II con 146 ind /10Kg (en la muestra 36); y las mínimas abundancias en la Unidad V con 1 ind/ 10kg (en la muestra 6). Siendo la segunda especie importante en 5 muestras de la Unidad II, donde la máxima abundancia relativa fue de 35% en la muestra 38.

El gasterópodo *Felicioliva peruviana* estuvo presente en todas las Unidades estratigráficas. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad V con 117 ind /10Kg (en la muestra 22); y la mínima abundancia en la Unidad I con 2 ind/ 10kg (en la muestra 53). Siendo la tercera especie importante en 3 muestras de la Unidad IV y V, donde la máxima abundancia relativa fue de 17% en la muestra 19 de la Unidad IV.

La especie *Tagelus dombeii* estuvo presente en todas las Unidades estratigráficas. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad III con 95 ind/10Kg (en la muestra 29). Siendo la segunda especie más abundante de la muestra 14 (Unidad V) con 9% de abundancia relativa equivalente a 19 ind/10Kg.

La especie *Crepipatella* sp. estuvo presente en todas las Unidades estratigráficas. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad II con 51 ind/10Kg (en la muestra 33). Siendo la cuarta especie más abundante de la muestra 36 con 9% de abundancia relativa en la Unidad II.

La especie *Petricola* sp. estuvo presente en todas las Unidades estratigráficas. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad VI con 31 ind/10Kg en la muestra 22, siendo el 3% de abundancia relativa.

La especie *Ilichione subrugosa* estuvo presente en las Unidades estratigráficas: I, II, IV y V. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad V con 18 ind/10Kg en la muestra 18. Siendo la tercera especie más abundante en la muestra 15 con el 6% de abundancia relativa equivalente a 10 ind/10Kg (Unidad V).

La especie *Cryptomya californica* estuvo presente en las Unidades estratigráficas: III & IV. Alcanzando sus máximas abundancias en la Unidad IV con 127 ind/10Kg equivalente al 13% de abundancia relativa en la muestra 22, esto lo convierte en la segunda especie más importante de esta muestra.

La especie *Nassarius* sp. estuvo presente en las Unidades estratigráficas: I, II, IV y V. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad IV con 64 ind/10Kg equivalente al 6% de abundancia relativa en la muestra 22.

La especie *Polinices* sp. estuvo presente en las Unidades estratigráficas: I, II, IV y V. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad IV con 64 ind/10Kg equivalente al 4.7% de abundancia relativa en la muestra 17.

La especie *Retrotapes lenticularis* estuvo presente en las Unidades estratigráficas: I, III, IV y V. Alcanzando su máxima abundancia en la Unidad IV con 100 ind/10Kg equivalente al 17% de abundancia relativa en la muestra 34.

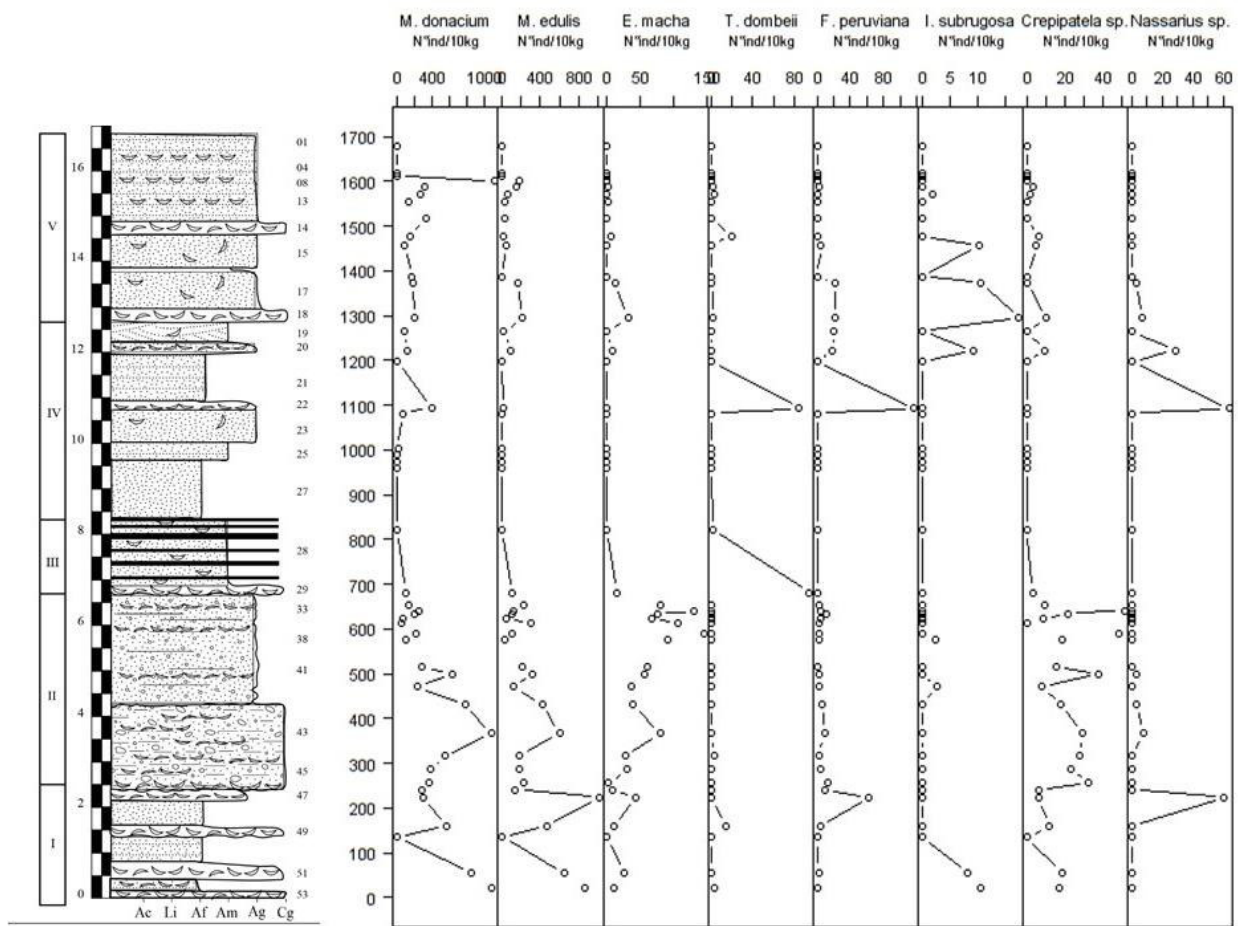


Figura 17 Abundancia específica de las principales especies encontradas en los diferentes estratos de la Terraza Marina Pampa del Palo.

Asociaciones de especies: en cada unidad estratigráfica en la columna estratigráfica a partir de las abundancias relativas (Ver Tabla 6).

Unidad I: Desde la muestra 53 a la 47, la asociación de especies que representan más del 81% de abundancia relativa está compuesto de 2 especies: *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*. La presencia de *Ilichione subrugosa* en la muestra 51 y 53.

Unidad II: a partir de las asociaciones de especies y de las estructuras sedimentarias se puede decir que hay 2 subunidades: Subunidad II-1: desde la muestra 46 a la 42, la asociación de especies que representan más del 85% de abundancia relativa está compuesto de 2 especies: *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis* y la presencia de *Ilichione subrugosa*. Subunidad II-2: desde la muestra 41 a la 31, la asociación de especies que representan más del 83% de la abundancia relativa está compuesto principalmente por 3 especies: *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis* y *Ensis macha*; sin embargo, en las muestras 34c, a esta triada se le suma la especie *Retrotapes lenticularis*, y en las muestras 36 y 38 a la triada principal se le suma la especie *Crepidatella* sp.

Unidad III: con sedimentos que caracterizan un ambiente de laguna que se secó, la asociación de especies que lo caracteriza con más del 73% de abundancia relativa es: *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis* y *Tagelus dombeii*.

Unidad IV: a partir de la asociación de especies y de las estructuras sedimentarias, esta unidad se ha dividido en 3 subunidades: Subunidad IV-1: muestras 24 y 23 donde 3 especies lo representan sumando el 100% de abundancias relativas: *Mesodesma donacium*, *Eurhomalea* sp. y *Semimytilus patagonicus*. Subunidad IV-2: corresponde a la muestra 22 caracterizada por una asociación que suma más del 85% de abundancias relativas y compuesta por 6 especies:

Mesodesma donacium, *Cryptomya californica*, *Felicioliva peruviana*, *Tagelus dombeii*, *Nassarius* sp. y *Balanus* sp. Subunidad IV-3: compuesta por las muestras 20 y 19 con abundancias relativas mayores a 80% son *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis*, *Nassarius* sp., *F. peruviana*, y la presencia de *Ilichione subrugosa*.

Unidad V: a partir de la asociación de especies y de las estructuras sedimentarias, esta unidad se ha dividido en 4 subunidades: Subunidad V-1: comprende las muestras 18, 17 y 16, con más del 83% de abundancia relativas está conformado por: *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis*, *Felicioliva peruviana* y la presencia de *Ilichione subrugosa*. Subunidad V-2: conformado por la muestra 15 con más del 83% de abundancia relativa comprende: *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis* e *Ilichione subrugosa*. Subunidad V-3: correspondiente a las muestras 14 y 13 y con más del 85% de abundancias relativas está conformado por: *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis* y *Tagelus dombeii*. Subunidad V-4: correspondiente a las muestras del 10 al 4 y con abundancias relativas mayores a 97% está conformado por: *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*.

Tabla 6. Especies dominantes de moluscos en cada estrato de la Terraza Marina Pampa del Palo.

Muestra	Especies dominantes						Total (%)	
4	<i>Mesodesma donacium</i>	(86 %)	<i>Mulinia edulis</i>	(14%)			100	
6	<i>Mesodesma donacium</i>	(65%)	<i>Mulinia edulis</i>	(31%)			97	
8	<i>Mesodesma donacium</i>	(81%)	<i>Mulinia edulis</i>	(17%)			98	
9 y10	<i>Mesodesma donacium</i>	(81%)	<i>Mulinia edulis</i>	(15%)			97	
13 C	<i>Mesodesma donacium</i>	(90%)	<i>Mulinia edulis</i>	(7%)			98	
14C	<i>Mesodesma donacium</i>	(70%)	<i>Tagelus dombeii</i>	(9%)	<i>Mulinia edulis</i>	(6%)	85	
15D	<i>Mesodesma donacium</i>	(50%)	<i>Mulinia edulis</i>	(28%)	<i>Ilioichione subrugosa</i>	(6%)	83	
16D	<i>Mesodesma donacium</i>	(100%)					100	
17D	<i>Mesodesma donacium</i>	(40%)	<i>Mulinia edulis</i>	(37%)	<i>Felicioliva peruviana</i>	(5%)	83	
18 ^a	<i>Mulinia edulis</i>	(40%)	<i>Mesodesma donacium</i>	(38%)			78	
19D	<i>Mesodesma donacium</i>	(67%)	<i>Mulinia edulis</i>	(17%)	<i>Felicioliva peruviana</i>	(17%)	100	
20D	<i>Mesodesma donacium</i>	(37%)	<i>Mulinia edulis</i>	(29%)	<i>Nassarius sp</i>	(9%)	80	
22D	<i>Mesodesma donacium</i>	(40%)	<i>Cryptomya californica</i>	(13%)	<i>Felicioliva peruviana</i>	12%	<i>Tagelus dombeii</i> 9%	85
					<i>Nassarius sp</i>	(6%)	<i>Balanus sp.</i> 5%	
23D	<i>Mesodesma donacium</i>	100%					100	
24D	<i>Mesodesma donacium</i>	(33%)	<i>Eurhomalea sp</i>	(33%)	<i>Semimytilus patagonicus</i>	(33%)	100	
29D	<i>Mesodesma donacium</i>	(25%)	<i>Mulinia edulis</i>	(25%)	<i>Tagelus dombeii</i>	(22%)	73	
31E	<i>Mulinia edulis</i>	(49%)	<i>Mesodesma donacium</i>	(28%)	<i>Ensis macha</i>	(17%)	94	
33E	<i>Mesodesma donacium</i>	(43%)	<i>Ensis macha</i>	(23%)	<i>Mulinia edulis</i>	(22%)	88	
34aF	<i>Mesodesma donacium</i>	(43%)	<i>Mulinia edulis</i>	(24%)	<i>Ensis macha</i>	(17%)	83	
34bE	<i>Mesodesma donacium</i>	(37%)	<i>Ensis macha</i>	(33%)	<i>Mulinia edulis</i>	(22%)	91	
34cE	<i>Mulinia edulis</i>	(53%)	<i>Ensis macha</i>	(18%)	<i>Retrotapes lenticularis</i>	(17%)	<i>Mesodesma donacium</i> 9%	97
36E	<i>Mesodesma donacium</i>	(40%)	<i>Ensis macha</i>	(27%)	<i>Mulinia edulis</i>	20%	<i>Crepipatella sp.</i> 9%	97
38E	<i>Mesodesma donacium</i>	(40%)	<i>Ensis macha</i>	(35%)	<i>Mulinia edulis</i>	(12%)	<i>Crepipatella sp.</i> 7%	94
41bF	<i>Mesodesma donacium</i>	(50%)	<i>Mulinia edulis</i>	(37%)	<i>Ensis macha</i>	(11%)	97	
41cF	<i>Mesodesma donacium</i>	(57%)	<i>Mulinia edulis</i>	(29%)	<i>Ensis macha</i>	(5%)	91	
41dF	<i>Mesodesma donacium</i>	(55%)	<i>Mulinia edulis</i>	(28%)	<i>Ensis macha</i>	(8%)	92	
42G	<i>Mesodesma donacium</i>	(59%)	<i>Mulinia edulis</i>	(32%)			91	
43G	<i>Mesodesma donacium</i>	(58%)	<i>Mulinia edulis</i>	(32%)			90	
44G	<i>Mesodesma donacium</i>	(68%)	<i>Mulinia edulis</i>	(23%)			91	
45G	<i>Mesodesma donacium</i>	(59%)	<i>Mulinia edulis</i>	(29%)			88	
46G	<i>Mesodesma donacium</i>	(52%)	<i>Mulinia edulis</i>	(33%)			85	
47H	<i>Mesodesma donacium</i>	(59%)	<i>Mulinia edulis</i>	(30%)			89	
48H	<i>Mulinia edulis</i>	(62%)	<i>Mesodesma donacium</i>	(18%)			81	
49H	<i>Mesodesma donacium</i>	(52%)	<i>Mulinia edulis</i>	(43%)			95	
51H	<i>Mesodesma donacium</i>	(54%)	<i>Mulinia edulis</i>	(42%)			96	
53H	<i>Mesodesma donacium</i>	(54%)	<i>Mulinia edulis</i>	(43%)			97	

5.4 Relación de la fauna con el sedimento.

Las principales especies encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo, actualmente habitan el intermareal, pero tienen un variado sustrato en el cual habitan (Ver Tabla 7). Hay dos especies que habitan el sublitoral: *Ensis macha* y *Retrotapes lenticularis*, a diferencia del resto que habita principalmente el intermareal. Otra característica resaltante respecto al sustrato es que *Cryptomya californica* e *Ilichione subrugosa* habitan fondos de fango fino, *Mulinia edulis* y *Tagelus dombeii* habitan fondos de fango arenoso y *Trachycardium procerum* y *Glycymeris ovata* son reportados como habitantes de arena fangoso.

Tabla 7. Principales especies encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo y su hábitat, sustrato y distribución geográfica actuales según Paredes et al., 2016.

Especie	Hábitat	Sustrato	Distribución geográfica
<i>Mesodesma donacium</i>	Intermareal inferior	Playa arenosa expuesta	Bahía Sechura, Perú hasta Valparaíso, Chile.
<i>Mulinia edulis</i>	Intermareal y sublitoral	Fondo arenoso	Callao, Perú hasta el Estrecho de Magallanes
<i>Tagelus dombeii</i>	Intermareal	Fango arenoso	Los Santos, Panamá hasta Golfo de Corcovado e Isla Chiloe, Los Lagos, Chile
<i>Cryptomya californica</i>	Intermareal y sublitoral 80m	Fango fino	Isla Montague, Alaska, USA hasta Bayovar, Piura, Perú.
<i>Ilichione subrugosa</i>	Intermareal	Fango fino	Baja California a Piura, Perú
<i>Semimytilus patagonicus</i>	Intermareal y sublitoral 9m	Fondo rocoso	Manta, Ecuador hasta Golfo de Arauco, Chile
<i>Ensis macha</i>	Sublitoral	Fondo arenoso	Huacho, Perú hasta la región Magallánica, Chile en el Atlántico hasta el Golfo de San Matías.
<i>Retrotapes lenticularis</i>	Sublitoral 36m	Arena gruesa	Ica, Perú a Golfo Corcovado, Chile
<i>Anomia peruviana</i>	Intermareal y sublitoral 110 m	Fondo rocoso	Monterrey, California hasta Piura, Perú
<i>Trachycardium procerum</i>	Intermareal y sublitoral 26m	Fondo areno-fangoso	Baja California hasta Bahía Independencia, Perú
<i>Glycymeris ovata</i>	Intermareal y sublitoral 31m	Fondo areno-fangoso	Paíta hasta Ica, Perú
<i>Neaeromya sp.</i>	Sublitoral 1-40 m		Golfo de California hasta Puerto Pizarro, Tumbes
<i>Choromytilus chorus</i>	Sublitoral, 4–20 m	Fondo rocoso	Pacasmayo, Perú, hasta Tierra del Fuego, Chile.

A pesar de que la matriz sedimentaria donde se encuentran los restos biogénicos es en su totalidad con variaciones de arena fina hasta arena gruesa, los restos biogénicos presentan especies que habitan sustrato duro (orillas rocosas o afloramientos rocosos) y especies de ambientes protegidos con sustratos fangosos. Al respecto se ha determinado que la Unidad III corresponde a un estrato de naturaleza lagunar porque a diferencia del resto de Unidades contiene costras de yeso y carbonatos precipitados al evaporarse el agua de mar del ambiente que existió.

Se ha cuantificado el número de especies que corresponden a un modo de vida en un sustrato duro en la Figura 18. El mayor número de especies se concentra en la Unidad II, alcanzando un máximo de 8 especies de sustrato duro en la muestra 41cF. La Unidad I presenta un máximo de 7 especies de sustrato duro en la muestra 48. La unidad III presenta 8 especies de sustrato duro en la muestra 29. Hacia las unidades más jóvenes IV y V el número de especies de sustrato duro es menor que 4 (ver Figura 18).

En relación a las especies de ambiente protegido, el máximo número alcanzado se registró en la Unidad III (lagunar) con 5 especies en la muestra 29 y 3 especies en la muestra 28. La Unidad I alcanzó 3 especies de ambiente protegido en la muestra 53 y el mismo número se registró en la Unidad IV muestra 22. El resto de unidades muestra menos de 2 especies o ausencia de ellas (ver Figura 18).

Cabe mencionar que estratos que se interpretan como un ambiente protegido: la Unidad III, presentan especies de ambientes protegidos y especies de sustrato duro, dado que existe un grado de transporte local de las especies que están en cada estrato, esto no representa una contradicción, sino que procesos *post mortem* han ocurrido en cada estrato de la terraza.

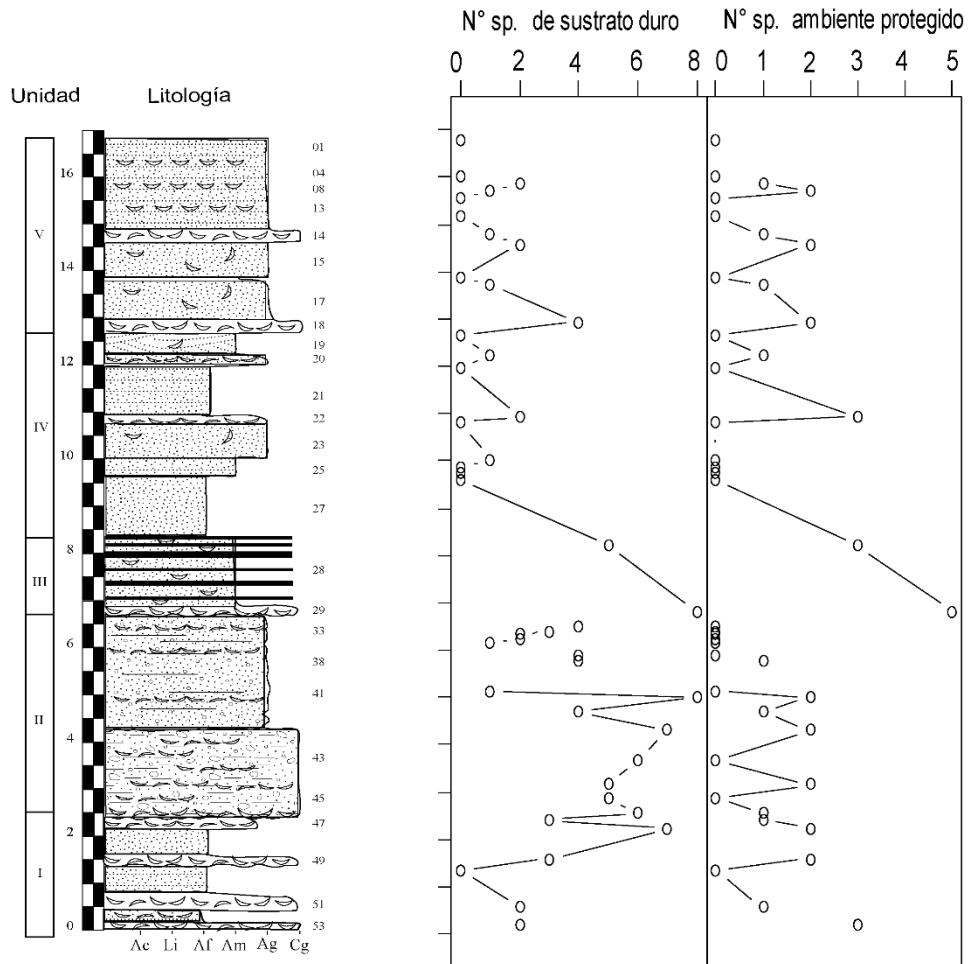


Figura 18 Columna estratigráfica de la Terraza Marina Pampa del Palo acompañado del número de especies de sustrato duro y el número de especies de ambiente protegido.

5.5 Inferencia de condiciones térmicas

Las especies tropicales o de la provincia panameña han sido identificadas como: *Ilioichione subrugosa*, *Cryptomya californica*, *Anomia peruviana*, *Neaeromya* sp., *Cerithidea* sp. y *Pitar* sp. Estas especies están presentes en todas la Unidades (en las muestras: 8, 15, 17, 18, 20, 22, 28, 29, 38, 41c, 41d, 43, 51 y 53).

En la Unidad IV muestra 22 se registraron 3 especies tropicales: *Cryptomya californica*, *Anomia peruviana* y *Pitar* sp. En la Unidad I muestra 51 se encontró 2 especies tropicales: *Ilioichione subrugosa* y *Neaeromya* sp. el mismo número se encontró en la Unidad II (muestra 41c) y en la Unidad V (muestra 15) (ver Tabla 8 y Figura 19).

Las mayores abundancias de *Ilioichione subrugosa* se registró en la Unidad V muestra 18 con 17 ind/10 kg. Para *Cryptomya californica* la mayor abundancia fue 127 ind/10 kg en la Unidad IV muestra 22, también estuvo presente en la Unidad III con 5 ind/10 kg en la muestra 29; esta especie también estuvo presente en la muestra 28 pero no se logró cuantificar la abundancia. La especie *A. peruviana* estuvo presente solo en la Unidad IV muestra 22, con una abundancia de 10 ind/10kg. La especie *Pitar* sp. estuvo presente solo en una muestra 22 de la Unidad IV, y alcanzó 10 ind/10kg. La especie *Neaeromya* sp. fue registrada en varias muestras de la Unidad I y II, alcanzó su máxima abundancia en la muestra 51 (Unidad I) con 4 ind/10kg. La especie *Cerithidea* sp. estuvo presente solo en una muestra de la Unidad II alcanzando 2 ind/10 kg en la muestra 41c.

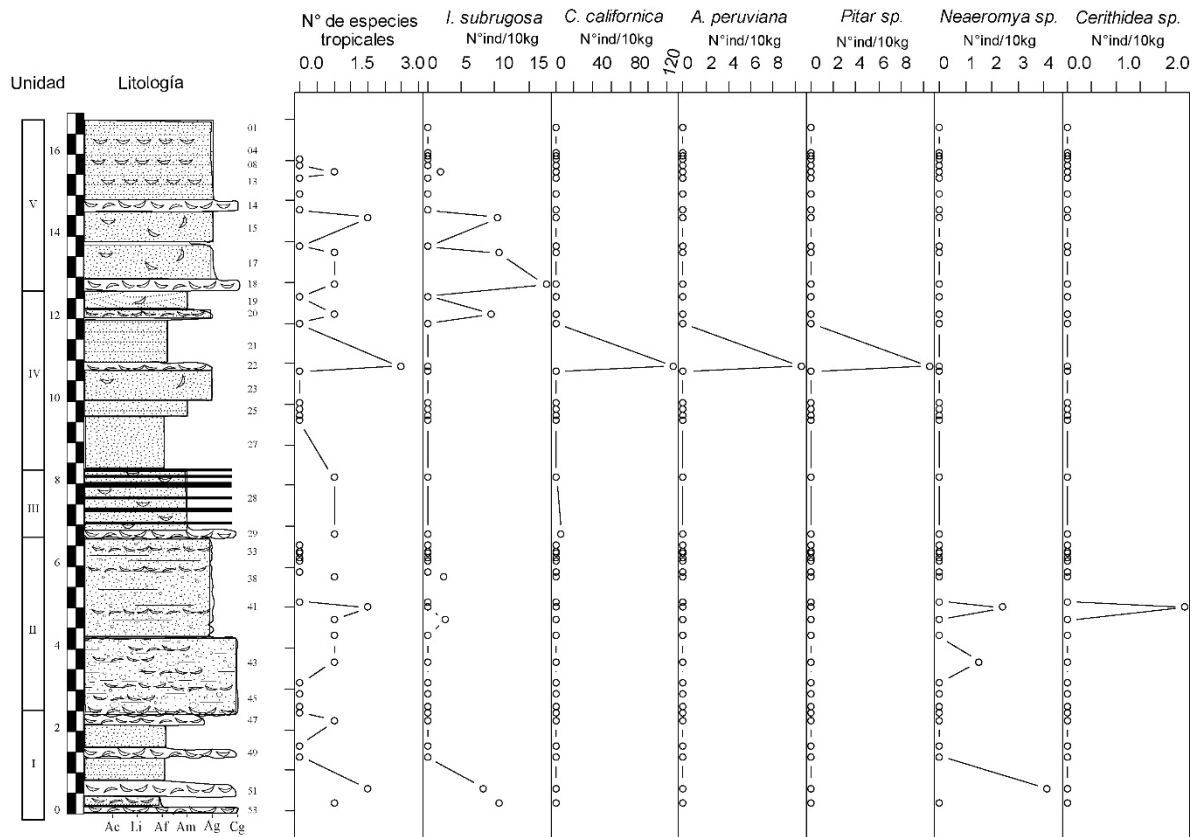


Figura 19 Columna estratigráfica de la Terraza Marina Pampa del Palo, acompañado del número de especies tropicales, y las abundancias de *Ilioichione subrugosa*, *Cryptomya californica*, *Anomia peruviana*, *Pitar sp.*, *Neaeromya sp.* y *Cerithidea sp.*

Tabla 8. Especies de la Provincia Peruana y de la Provincia Panámica encontradas en la Terraza Marina Pampa del Palo.

Muestra	Especies Provincia Peruana	Especies Prov. Panámica
4	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis</i>	
6	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva peruviana, Trochita trochiformis, Transennella pannosa, Crepipatella sp., Ensis macha, Tagelus dombeii</i>	
8	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Transennella pannosa, Tagelus dombeii</i>	<i>Ilioichione subrugosa</i>
9 - 10	<i>Mesodesma donacium, Ensis macha</i>	
13 C	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Transennella pannosa</i>	
14C	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Transennella pannosa, Crepipatella sp., Ensis macha, Tagelus dombeii, Petricola sp.</i>	
15D	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Transennella pannosa, Crepipatella sp, Retrotapes exalbidus, Tralia sp., Chiton sp.</i>	<i>Ilioichione subrugosa</i>
16D	<i>Mesodesma donacium</i>	
17D	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva. peruviana, Transennella pannosa, Ensis macha, Nassarius sp., Retrotapes exalbidus, Tegula luctuosa, Cancellaria buccinoides, Xanthochorus buxea, Polinices sp,</i>	<i>Ilioichione subrugosa</i>
18	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, Tagelus dombeii, Nassarius sp., Retrotapes exalbidus, Cancellaria buccinoides, resto de mitílidos, Polinices sp., Cancellariidae, Columbelloidea, Retrotapes lenticularis, Crepidula sp., Prisogaster niger</i>	<i>Ilioichione subrugosa</i>
19D	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana,</i>	
20D	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Transennella pannosa, Crepipatella sp, Ensis macha, Nassarius sp., Retrotapes exalbidus, Polinices sp.</i>	<i>Ilioichione subrugosa</i>
22D	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Tagelus dombeii, Nassarius sp., Xanthochorus buxea, Cancellariidae, Petricola sp., Argopecten purpuratus., Crassilabrum sp., Balanus sp., Trochidae</i>	<i>Cryptomya californica, Anomia peruviana, Pitar sp.</i>
23D	<i>Mesodesma donacium</i>	
24D	<i>Mesodesma donacium, Eurhomalea sp, Semimytilus patagonicus</i>	
28D	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Tagelus dombeii, resto de Mitílidos, Choromytilus chorus, Petricola sp., Semimytilus patagonicus, Crepipatella peruviana, Ostrácodo, Brachiópodo?</i>	<i>Cryptomya californica</i>
29D	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, Tagelus dombeii, resto de mitílidos, Choromytilus chorus, Retrotapes lenticularis, Petricola sp., Semimytilus patagonicus, Leukoma</i>	<i>Cryptomya californica</i>

	<i>antiqua, Trachycardium procerum, Petricola rugosa, Leukoma sp., Raeta undulata, Sinum cymba, Concholepas concholepas, Eurhomalea rufa, Crepipatella peruviana</i>	
31E	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de Chiton, resto de mitílidos, Leukoma sp., Prisogaster niger</i>	
33E	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos, Scurria scurra</i>	
34a F	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos, Leukoma sp., Veneridae 5</i>	
34b E	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos,</i>	
34c E	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Ensis macha, Choromytilus chorus, Retrotapes lenticularis, Eurhomalea sp.</i>	
36E	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos, Retrotapes lenticularis, Crepidula sp., Prisogaster niger, Turritella cingulata</i>	
38E	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Trochita trochiformis, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos, Prisogaster niger, Turritella cingulata</i>	<i>Ilioichione subrugosa</i>
41b F	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Crepipatella sp., Ensis macha</i>	
41c F	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Trochita trochiformis, Crepipatella sp., Ensis macha, Nassarius sp., Retrotapes exalbidus, resto de mitílidos, Cancellariidae, Veneridae 4, Eurhomalea sp., Leukoma antiqua, Leukoma sp., Scurria scurra, Crucibulum sp., Fissurella sp., Cerithidea sp., Fusinus sp., Nassarius sp., Crepidula sp., Prisogaster niger, Turritella cingulata</i>	<i>Neaeromya sp., Cerithidea sp.</i>
41d F	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos, Eurhomalea sp., Leukoma sp., Crepidula sp., Prisogaster niger, Trochidae, Donax sp.</i>	<i>Ilioichione subrugosa</i>
42G	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Trochita trochiformis, Crepipatella sp., Ensis macha, Nassarius sp., resto de mitílidos, Polinices sp., Retrotapes lenticularis, Leukoma antiqua, Sinum cymba, Crepidula sp., Prisogaster niger, Mactridae, Crassilabrum crassilabrum, Turritella cingulata, Acanthina?, Eurhomalea rufa, Brachiópodo?</i>	
43G	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva peruviana, Trochita trochiformis, Crepipatella sp., Ensis macha, Nassarius sp., resto de mitílidos, Polinices sp., Retrotapes lenticularis, Eurhomalea sp., Mitílido 3, Leukoma sp., Veneridae 5, Fissurella sp., Prisogaster niger, Turritella cingulata, Argobuccinum scabrum, Mitrella sp., Trochidae</i>	<i>Neaeromya sp.</i>

44G	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Trochita trochiformis, Crepipatella sp., Ensis macha, Tagelus dombeii, resto de mitílidos, Retrotapes lenticularis, Petricola rugosa, Fissurella sp., Eurhomalea rufa.</i>	
45G	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Trochita trochiformis, Crepipatella sp., Ensis macha, Cancellaria buccinoides, resto de mitílidos, Polinices sp., Choromytilus chorus, Sinum cymba, Prisogaster niger, Turritella cingulata, Trochidae, quelea de cangrejo</i>	
46G	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos, Polinices sp., Choromytilus chorus, Eurhomalea sp., Petricola sp., Argopecten purpuratus., Crepidula sp., Prisogaster niger, Mysella sp., Turritella cingulata, Semele sp., Balanus sp., Trochidae</i>	
47H	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, Choromytilus chorus, Retrotapes lenticularis., Eurhomalea sp., Argopecten purpuratus., Prisogaster niger, Trochidae, Cancellaria sp.</i>	
48H	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, Nassarius sp., Cancellaria buccinoides, Polinices sp., Choromytilus chorus, Eurhomalea sp., Petricola sp., Leukoma antiqua., Concholepas concholepas, Crepidula sp., Prisogaster niger, Xanthochorus sp., Mysella sp., Turritella cingulata, Acanthina? sp., Eurhomalea rufa, Trochidae, Cancellaria sp.</i>	
49H	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, Tagelus dombeii, resto de Chiton, Argopecten purpuratus, Crepidula sp, Mysella sp,</i>	
51H	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Felicioliva peruviana, Crepipatella sp., Ensis macha, resto de mitílidos, Polinices sp., Eurhomalea sp.</i>	<i>Iliochione subrugosa, Neaeromya sp.</i>
53H	<i>Mesodesma donacium, Mulinia edulis, Glycymeris ovata, Crepipatella sp., Ensis macha, Tagelus dombeii, Leukoma antiqua, Prisogaster niger, Donax sp., espina de erizo.</i>	<i>Iliochione subrugosa</i>

5.6 Preservación de *Mesodesma donacium*

Las características de preservación que se estimó a partir de *Mesodesma donacium* fueron: porcentaje de conchas rotas y porcentaje de desarticulación. Respecto a la desarticulación se consideró como conchas articuladas a las que fueron encontradas con las valvas complementarias juntas, aunque no tuvieran el ligamento uniéndolas (Ver Figura 20).

El porcentaje de desarticulación fue uniforme en toda la columna estratigráfica (Ver Figura 19). Solo en la Unidad I y V se encontró algunos individuos articulados en las muestras 17 y 49 donde el 1.4% y el 7% de las *Mesodesma donacium* estaban articuladas (ver Figura 21).

El porcentaje de valvas rotas fue variable a través de todos los estratos de la terraza. El valor más bajo estuvo en la Unidad IV muestras 24 con 0% de valvas rotas, es decir todos los restos biogénicos están enteros. El valor más alto de 100 % se registró en todas las Unidades (muestras 16D, 19D, 20D, 23D, 33E, 34aF, 36E y 41dF), excepto en la Unidad III y varió entre 60% y 100% de rotos (Ver Figura 20 y Tabla 9).

Otras características de preservación de conchas de *Mesodesma donacium* fueron reconocidas, como el grado de abrasión o desgaste y el grado de corrosión, los cuales estos fueron observados en todas las valvas de todos los estratos y en distintos grados (Ver Figura 21). Aunque esta característica no se cuantificó, en algunos estratos se observó un cambio de coloración de las valvas que normalmente son de color crema hacia un color un poco rosado y en algunos casos a un color naranja.

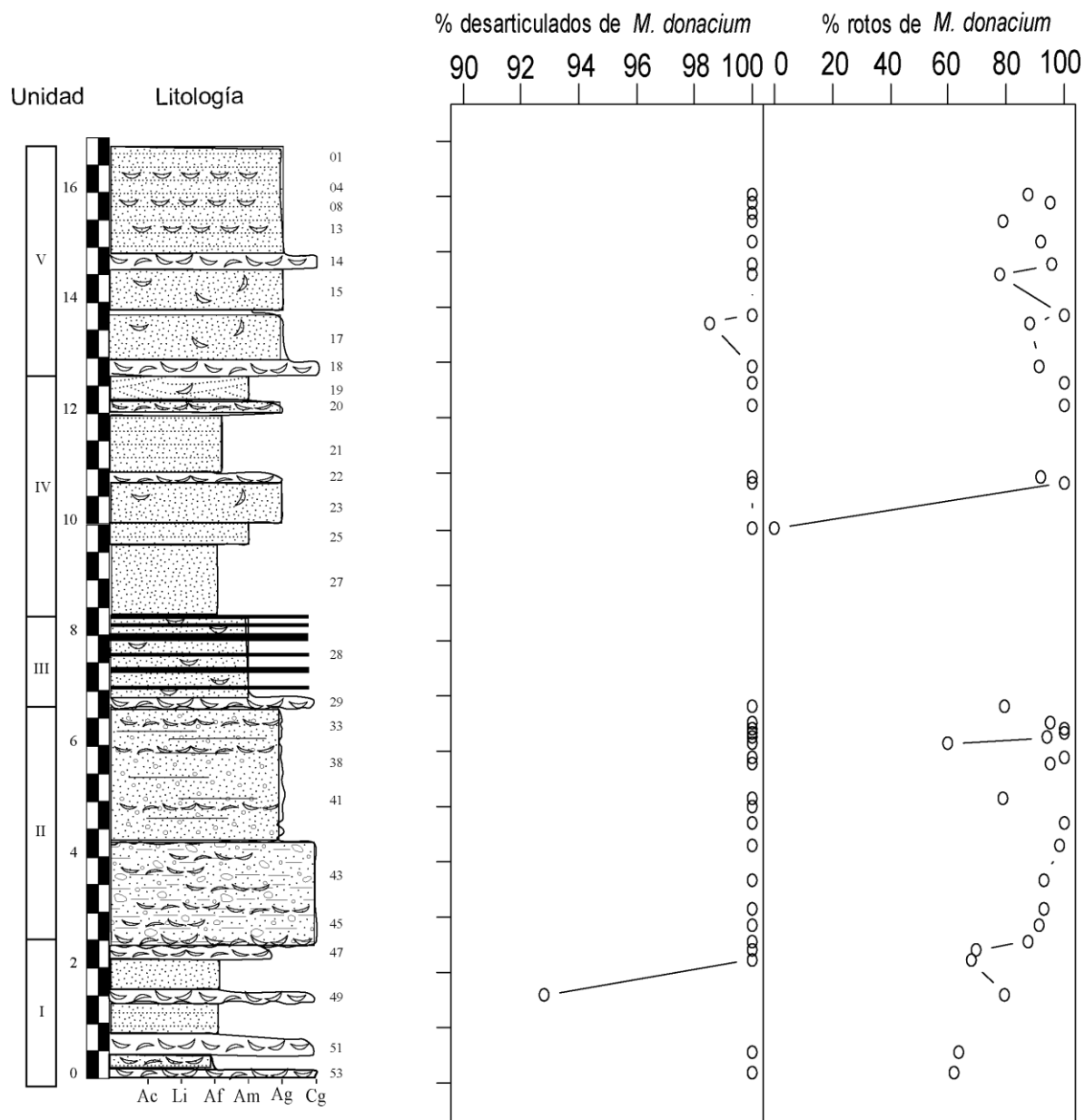


Figura 20 Variación de características de preservación como porcentaje (%) de conchas rotas y porcentaje (%) de conchas desarticuladas de *Mesodesma donacium* de la Terraza Marina Pampa del Palo, Ilo, Perú.

Tabla 9. Características de preservación de *Mesodesma donacium* a través de la columna estratigráfica de la Terraza Marina Pampa del Palo.

Muestra	Unidad estratigráfica	Desarticulados (%)	Rotos (%)
4	Unidad V	100	87.5
6	Unidad V	100	95.1
8	Unidad V	100	
9 y 10	Unidad V	100	79.2
13C	Unidad V	100	92.1
14C	Unidad V	100	95.7
15D	Unidad V	100	77.8
16D	Unidad V	100	100.0
17D	Unidad V	98.6	88.4
18	Unidad V	100	87.8
18D	Unidad V	100	95.5
19D	Unidad IV	100	100.0
20D	Unidad IV	100	100.0
22D	Unidad IV	100	91.9
23D	Unidad IV	100	100.0
24D	Unidad IV	100	0.0
29D	Unidad III	100	79.7
31E	Unidad II	100	95.2
33E	Unidad II	100	100.0
34aE	Unidad II	100	100.0
34aF	Unidad II	100	100.0
34bE	Unidad II	100	94.1
34cE	Unidad II	100	60.0
36E	Unidad II	100	100.0
38E	Unidad II	100	95.5
41bF	Unidad II	100	78.9
41cF	Unidad II	100	
41dF	Unidad II	100	100.0
42FyG	Unidad II	100	98.7
42G	Unidad II	100	
43G	Unidad II	100	93.4
44G	Unidad II	100	93.0
45G	Unidad II	100	91.8
46G	Unidad II	100	87.4
47H	Unidad I	100	69.9
48H	Unidad I	100	68.1
49H	Unidad I	92.8	79.5
51H	Unidad I	100	63.7
53H	Unidad I	100	62.1



Figura 21 A) Valvas articuladas de *Mesodesma donacium*, B) Corrosión en las valvas de *Mesodesma donacium*, las grietas muestran la disolución de la valva y C) Distinto grado de abrasión o desgaste de *Mesodesma donacium*. La barra blanca corresponde a 1cm

6. DISCUSIÓN

6.1 Tamaño de la muestra

Trabajos previos de la malacofauna en terrazas marinas en el Perú no tomaron un tamaño de muestra conocido (por ejemplo, en DeVries & Wells, 1990, Ortlieb et al., 1990, Ortlieb & Díaz, 1991) como también en otros países del sud América (Ortlieb et al., 1994, Ortlieb et al., 1996, Guzmán et al., 2001, Aguirre et al., 2003) y expresaron sus resultados de forma cualitativa como presencia y ausencia o muy abundante, abundante y escaso. A mediados de los 2000 nuevos estudios en Argentina (Aguirre et al., 2005, 2011, Charó et al., 2014), Chile (Rivadeneira & Carmona, 2008), Perú (Castillo 2018) y México (Cintra-Buenrostro et al., 2002) consideraron un tamaño de muestra conocido, aunque variable entre los estudios realizados, por ejemplo: 400cc, 1 litro de bulk, 1dm³, 1 bloque de 1 kg (sustrato duro), 10m², un cilindro de acero de 20 cm de profundidad; esto permitió cálculos de abundancia.

Además, cada ambiente, yacimiento o lugar que es muestreado puede tener características únicas e intrínsecas, y un mismo método de muestreo puede no ser lo mejor para representar bien la fauna que contiene.

6.2 Riqueza de especies en la terraza

Dos trabajos previos se enfocan en el estudio de la fauna en esta terraza marina: Ortlieb et al. (1990) y Ortlieb & Díaz (1991), en ambos trabajos se consignan tablas de abundancia cualitativa de especies. El primer trabajo muestra especies que colectó de manera aleatoria entre 15 y 25 m de altura de la terraza que corresponden al MIS 5e, 5c. En cambio, en el segundo trabajo se muestran especies de moluscos recolectadas aleatoriamente en 6 sitios de la terraza que corresponden al MIS 5e y 5c, ambas informaciones están consignadas en la Tabla 10.

Tabla 10. Resumen de los estudios de composición faunística en la Terraza Marina Pampa del Palo a la fecha.

Terraza Marina Pampa del Palo, Ilo						
Estadio isotópico	5e y 5c	5a, 5c y 5e	5e y parte del 7			
Autor	Ortlieb et al., 1990	Ortlieb & Díaz, 1991	Este estudio			
lugar de colecta	capas superficiales +15+25	suma de 6 lugares muestreados en toda la terraza	desde 4m hasta 17m integrado			
Especies/abundancia	+: escaso, ++: abundante, +++: muy abundante, P: presente			ind /10kg	rank in g	% total abundancia
Bivalvos						
<i>Ameghinomya antiqua</i>	NA	P		6.4		
<i>Anomia peruviana</i>	+	P		10.6		
<i>Argopecten purpuratus</i>	+	P		10.6		
<i>Aulacomya atra</i>	NA	P		NA		
<i>Ilioichione subrugosa (Chione broggi)</i>	++	P	+	54.8	10	0.43
<i>Choromytilus chorus</i>	+	P		22.1		
<i>Cryptomya californica</i>	++	P	++	134.1	8	1.06
<i>Diplodonta inscompicua</i>	NA	P		NA		
<i>Donax obesulus</i>	+	P		NA		
<i>Donax sp</i>				2.7		
<i>Ensis macha</i>	+	P	++	972.9	3	7.71
<i>Retrotapes lenticularis</i>	++	P	++	144.4	7	1.14
<i>Eurhomalea rufa</i>	+++	P		4.0		
<i>Retrotapes exalbidus</i>				27.1		
<i>Eurhomalea sp</i>				29.6		
<i>Glycymeris ovata</i>	+	P		24.1		
<i>Leukoma sp</i>				20.4		
<i>Mactridae</i>				2.1		
<i>Mesodesma donacium</i>	+++	++	+++	6651.3	1	52.72
<i>Mulinia edulis</i>	+++	++	+++	3143.6	2	24.91
Mitílido 3				1.5		
<i>Neaeromya sp.</i>				2.4		
<i>Petricola rugosa</i>	+	P		4.4		
<i>Petricola sp.</i>				40.3		
<i>Protothaca thaca</i>	+++	P		NA		
<i>Pitar sp.</i>				10.6		
<i>Raeta undulata</i>				1.5		

<i>Semele solida</i>	NA	++		NA		
<i>Semimytilus patagonicus</i>	+	NA		31.1		
<i>Tagelus dombeii</i>	++	NA	++	204.2	6	1.62
<i>Trachycardium procerum</i>	++	++		20.5		
<i>Transennella pannosa</i>	+	++		NA		
<i>Transennella sp.</i>				44.4		
Veneridae 4				2.4		
Veneridae 5				10.9		
Gasterópodos						
<i>Acanthina monodon</i>	+	P				
<i>Anachis sp</i>	+	P				
<i>Acanthina? sp.</i>				2.1		
<i>Trochita trochiformis/Calyptrea trochiformis</i>	+	P		7.3		
<i>Cancellaria buccinoides</i>	+	P		3.9		
<i>Cancellariidae</i>				16.6		
<i>Cerithidea sp</i>				2.4		
Columbellidae				2.5		
<i>Concholepas concholepas</i>	+	P		1.5		
<i>Crassilabrum crassilabrum</i>	NA	P		1.1		
<i>Crassilabrum sp</i>				10.6		
<i>Crepidula sp</i>	+	NA		12.2		
<i>Crepidatella peruviana</i>	+	++		2.2		
<i>Crepidatella sp.</i>			++	277.0	4	2.20
<i>Crucibulum quiriquinae</i>	NA	P		NA		
<i>Crucibulum scutellatum</i>	NA	P		NA		
<i>Crucibulum sp</i>				2.4		
<i>Fissurella sp</i>	+	P		2.4		
<i>Fissurella cumingii</i>	+	NA				
<i>Fissurella latimarginata</i>	+	NA				
<i>Fusinus sp</i>				2.4		
<i>Nassarius dentifer</i>	+	P				
<i>Nassarius gayi</i>	+	P				
<i>Nassarius sp</i>			+	106.5	9	0.84
<i>Nassarius sp 1</i>				2.4		
<i>Olivella sp.</i>	+	NA				
<i>Felicioliva peruviana</i>	+++	++	++	252.2	5	2.00
<i>Felicioliva peruviana coniformis</i>	+	NA				
<i>Polinices uber</i>	++	P				
<i>Polinices sp</i>	NA	P		42.8		

<i>Priene scabrum</i>	+	P				
<i>Prisogaster niger</i>	+	P		15.2		
<i>Scurria scurra</i>	+	P		7.1		
<i>Sinum cymba</i>	+	P		3.6		
<i>Tegula atra</i>	++	P				
<i>Tegula euryomphalus</i>	+	P				
<i>Tegula luctuosa</i>				5.3		
<i>Tegula quadricostata</i>	NA	P				
<i>Tegula tridentata</i>	NA	P				
<i>Tralia sp</i>				5.1		
<i>Thaisella chocolata</i>	+	P				
<i>Stramonita biserialis</i>	++	NA				
<i>Trophon peruvianus</i>	+	P				
Trochidae				13.3		
<i>Turritella cingulata</i>	+	++		8.2		
<i>Xanthochorus buxea</i>	NA	P		23.9		
Riqueza de especies	44	47	56			

A partir de esta comparación se puede decir que existe una variabilidad espacial de la composición y abundancia de especies en esta terraza y que puede ser debido a la metodología de muestreo que fue básicamente colecta manual en los estudios de 1990 y 1991. Esto se refleja en que 6 especies de bivalvos y 14 especies de gasterópodos estuvieron presentes en uno y ausente en el otro trabajo. Además, en 1991 donde se aumentó el esfuerzo de muestreo ya que se colectó en 6 lugares distintos en la misma terraza marina, algunas especies tienen una abundancia variable, por ejemplo: *Semele solida*, *Transennella panosa*, *Crepidatella peruviana* y *Turritella cingulata* fueron abundantes cerca a la parte cercana al balneario y no en los demás puntos de muestreo. Por otro lado, *Felicioliva peruviana*, *Mesodesma donacium*, y *Trachycardium procerum* fueron abundantes en la cantera y no en otros lugares de muestreo. La única especie que fue abundante en 3 puntos de muestreo (la cantera, el acantilado sur y el aeropuerto) fue *Mulinia edulis*.

Este estudio corrobora lo encontrado en los dos estudios previos: las especies *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis* siguen siendo las más abundantes en este trabajo con un 53% y 24% de la abundancia total que corresponde al MIS 5 (Tabla 10). *Ensis macha* que representa un 8% de la abundancia en este estudio, en los estudios previos ha sido calificada como presente y escasa. *Crepipatella* sp. que representa un 2% de la abundancia total, sospechamos que se trata de *Crepipatella peruviana* dada la presencia similar en los estudios previos. *Felicioliva peruviana*, *Retrotapes lenticularis* y *Cryptomya californica* tienen presencia en los estudios previos. La única especie que es importante y no tuvo presencia en el estudio de 1991 fue *Tagelus dombeii* con un 1.6% de la abundancia total. *Nassarius* sp. con 0.8% y *Ilioichione subrugosa* con 0.4% de la abundancia total están presente en los estudios previos.

Las especies registradas en los estudios realizados en esta terraza marina han ido en aumento en 1990 se encontró 44 especies, luego en 1991 se reportó 47 especies y en este trabajo se alcanzó 56 especies de moluscos.

En relación a la variabilidad vertical de las variables comunitarias, la cual puede ser interpretada como una variación temporal, aunque no tenemos una datación detallada y no estamos seguros en qué nivel comienza el MIS 5e. La riqueza parece tener una tendencia a incrementarse hacia la base de la terraza, la cual estaría correlacionada con el MIS 7. Sin embargo, algunos procesos de enterramiento, o *post mortem* tenderán a inflar o disminuir la diversidad de especies (Kidwell & Bosence, 1991).

De la misma forma la abundancia total tiende a incrementarse hacia a la base la terraza que correspondería al MIS7. Este incremento de abundancia responde a los picos de abundancia de *Mesodesma donacium* (AR: 53%) y *Mulinia edulis* (AR: 37%), siendo estas dos especies las que generan más del 90% de abundancia relativa. Esto parece indicar que en el MIS 7 las condiciones fueron más favorables para estas dos especies.

Sin embargo, cabe mencionar que estos resultados provienen de un punto específico de la terraza, y es muy probable que existan variaciones de las concentraciones de conchas a lo largo de toda la terraza. Estas concentraciones de conchas pueden ser resultado del efecto de las corrientes, olas y de la geomorfología que permita que las conchas se concentren en ciertas áreas y estratos en mayor o menor medida que en otros. Por ejemplo, en la parte baja de la terraza Unidad I (muestras 51 y 53) la fragmentación de las conchas ha sido de la más baja (~50%) en relación a el resto de muestras, lo cual indicaría poco efecto de las corrientes o transporte o energía de las olas, y en estas muestras se encuentran las mayores abundancias de la terraza. En contraste, en la Unidad II (muestra 43) también se encontró una gran abundancia de moluscos, pero la fragmentación de las conchas fue muy alta (~90%) lo cual se puede interpretar que este ensamble habría sido acumulado ahí de alguna forma por las corrientes.

La dominancia de especies en un ensamblaje puede ser el mismo en la comunidad original (Rivadeneira & Carmona 2008), para este estudio se puede traducir que las especies dominantes son las especies frías, durante cierto periodo de tiempo en el Último interglaciar las condiciones frías pudieron ser predominantes en la costa de Ilo, y eventos cálidos tipo el Niño se desarrollaron y los ambientes tipo laguna permitieron que especies cálidas como *Ilioichione subrugosa* se puedan asentar y crecer. Sin embargo, con el estudio de los ensambles no se puede determinar la recurrencia de estos eventos cálidos dado que un ensamble representaría un promedio de tiempo entre cientos a unos pocos miles de años, y en esa ventana de tiempo se podría decir que se desarrollaron eventos tipo El Niño, donde el agua cálida alcanzó las costas de Ilo y trajo fauna que actualmente vive en la Provincia Panameña y/o especies que su distribución sur límite llega a la parte central del Perú como *Trachycardium procerum*.

Análisis de isótopos de oxígeno 18 permiten reconstruir temperaturas en moluscos, estos análisis fueron realizados sobre conchas de *Mesodesma donacium* muestreadas en este estudio, confirmado que eventos El Niño ocurrieron en el MIS 5e siendo más recurrentes que en la actualidad (Rivas, 2021)

6.3 Asociaciones de especies en cada unidad: enfoque paleoambiental y paleoecológico

Las asociaciones de especies de cada unidad o subunidad de la terraza corresponden a un periodo de tiempo desde cientos a unos pocos miles de años, y la composición faunística del ensamble permite inferir los ambientes de que existieron en la localidad, dado que el ensamble representa un área en términos de espacio. Además, cada unidad o subunidad descrita es el resultado de un proceso de sedimentación y enterramiento en el cual se encuentran el ensamble o asociación de especies.

El Uniformismo, considerado como un principio filosófico y asunción esencial en la Paleoecología (Birks & Birks, 1980), es también un Principio de la Geología Histórica, nos permite hacer inferencias utilizando información del presente hacia el pasado, se basa en que el presente es la clave del pasado. Esto nos permite usar la información ecológica presente de las especies que encontramos en la terraza y con ello hacer inferencias del pasado. Por ejemplo, a partir de la ecología y distribución actual de especies como *Ilioichione subrugosa*, sabemos que habita el intermareal de fondo fangoso (Tabla 7), con lo cual podemos inferir que su presencia en las costas de Ilo se puede deber a condiciones ambientales similares. Se ha confirmado eventos El Niño por Rivas (2021) en el lugar de estudio y esto pudo transportar esta especie, un hábitat como laguna costera de agua relativamente cálidas habría permitido a la especie habitar el lugar. Un caso similar donde lagunas costeras que permitieron el asentamiento de especies calidad fuera de su rango actual de distribución fueron encontrados por DeVries & Wells (1990) en el Santa (9°S).

Las asociaciones de especies encontradas por cada unidad:

Unidad I: corresponde a la base de la terraza y según Rivas (2021) estará correlacionado con el estadio isotópico 7 (MIS 7) hace ~250 k años. Donde las condiciones del mar predominantes fueron más frías que en el holoceno, y las especies dominantes efectivamente corresponden a un ambiente frío como *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*. Sin embargo, también hay la presencia de una especie cálida (*Ilioichione subrugosa*) y de ambiente protegido encontrado en sustratos de fondo blando como también la presencia de *Argopecten purpuratus*, pudiendo indicar la ocurrencia de algún evento de tipo El Niño. A partir de las estructuras sedimentarias en esta unidad se puede decir que existieron 4 eventos de sedimentación, los 2 primeros habrían presentado algún tipo de ambiente protegido debido a la ocurrencia de la especie cálida, pero este ambiente no habría dejado evidencia de su existencia, ya que hacia el sur de la terraza no se han encontrado sedimentos que caractericen una laguna costera. Las especies dominantes indicarían que el ambiente que predominó fue de una playa expuesta de fondo arenosos, y la presencia de especies fuera de su rango de distribución sugiere ambientes protegidos relacionados a eventos tipo El Niño.

Unidad II: Corresponden al MIS 7 (Rivas 2021)

Subunidad II-1: Dominaron: *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*, se observó una alta tasa de ruptura de conchas y alto grado de acumulación de conchas, ya que las densidades fueron las más altas de la terraza. Este tipo de acumulación podría deberse a 2 factores: uno *post mortem*, que refleja una alta tasa de enterramiento y transporte, aquí también se observaron varios cantos rodados entre las conchas. El otro por una gran proliferación de estas especies frías, como si las condiciones ambientales ecológicas les fueron favorables y por consiguiente hubo un alto flujo de conchas que se enterraron. Los ambientes marinos que pudieron existir fueron playas expuestas de fondo arenoso.

Subunidad II-2: las especies que dominaron al igual que la subunidad anterior fueron: *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*, seguida de *Ensis macha*, pero a medida que continuó la sedimentación esta especie comenzó a desplazar en dominancia a *Mulinia edulis*. Hacia la mitad de esta subunidad aparecieron las crepipatelas como parte del ensamble de especies y la *Retrotapes lenticularis*. A partir de estas asociaciones se puede decir que los ambientes predominantes al inicio fueron playas de fondo arenoso, pero que en alguna parte de la terraza hubo ambientes rocosos o alguna condición ambiental que permitió una proliferación de la especie incrustante (*Crepipatella* sp.). Después de esta Unidad ya no se volvió a registrar a *Ensis macha* dentro de las especies que dominaban. Esta unidad parece reflejar un apogeo de las especies frías, también se registró la presencia de *Choromytilus chorus* en algunos estratos de esta unidad.

Unidad III: interpretado como ambiente de laguna costera debido a sus costras de yeso, las cuales se formaron por la evaporación del agua de mar de un ambiente somero de tipo laguna costera (Ortlieb et al., 1996). La base de esta unidad presenta un ensamble mixto de especies frías *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*, pero a la cual se suma especies de ambientes de fondo suave como *Tagelus dombeii* y *Trachycardium procerum* (4%), cuya distribución actual es hasta los 11°S, *Choromytilus chorus* (3%) especie fría y *Cryptomya californica* como especie cálida. Con lo cual, este estrato parece juntar especies de ambientes variados y diferentes distribuciones latitudinales. Es posible que en el periodo de tiempo donde se formó este estrato y luego fue enterrado haya sucedido varias comunidades de condiciones ambientales contrastantes, pero que fueron transportados y enterrados juntos. En este estrato se observa la mayor diversidad encontrada, posiblemente debido a que combina varias especies de distintos ambientes. Entre las capas de yeso también se encontraron especies frías y como Mitílicos y Crepipatelas, junto a especies cálidas como *Cryptomya californica*, además en estos estratos de yeso y arena también se

encontró ostrácodos y huesos de peces, dado que está capas de yeso se formaron por desecación, es posible que las especies encontradas sean resultado de una sucesión de especies.

Unidad IV: Las estructuras sedimentarias donde se depositaron las especies corresponden a playas arenosas expuestas, el ensamble de especies está dominado por *Mesodesma donacium*. Se identificó 3 subunidades: Subunidad IV-1: con escasa densidad de conchas, siendo *Mesodesma donacium*, *Eurhomalea* sp, y *Semimytilus patagonicus*, del cual se infiere condiciones de playa expuesta y sustratos rocosos, y condiciones de temperatura como las actuales. Subunidad IV-2: *Cryptomya californica* (13%) especie cálida segunda en dominancia, además especies como: *Felicioliva peruviana*, *Tagelus dombeii* y presencia de *Argopecten purpuratus*, representando ambientes de fondo suave: fango fino y arenoso, además *Nassarius* sp. y *Balanus* sp., este último indicando ambiente rocoso; las condiciones ambientales tipo el Niño habrían permitido la dominancia de *Cryptomya californica*, la cual tiene distribución actual hasta 6°S y probablemente encontró un ambiente/sustrato que le permitió asentarse y alcanzar tal abundancia. Subunidad IV-3: *Mulinia edulis* vuelva a parecer como segundo en dominancia acompañado de *Felicioliva peruviana*, *Nassarius* sp. y presencia de *Ilioichione subrugosa*, este último es una especie que se distribuye hasta 6°S su presencia podría indicar eventos tipo el Niño y ambientes de tipo fangoso.

Unidad V: esta unidad presenta estructuras y sedimentos que corresponden a playas expuestas. El contenido de fauna y estructura sedimentaria permite separar en 5 subunidades. Subunidad V-1: dominado por *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis*, *Felicioliva peruviana* y la presencia *Ilioichione subrugosa*, indicando que la fauna dominante corresponde a condiciones promedio (fría) y que en algún momento hubo algún evento tipo El Niño, existiendo ambientes de playa expuesta y ambientes protegidos en alguna parte

de la terraza. Subunidad V-2: Dominado por *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis* e *Ilioichione subrugosa* (6%), este ensamble indicaría que existió ambientes de playa expuesta y que pudo haber eventos tipo el Niño que permitieron que la especie *Ilioichione subrugosa*, sea tercer dominante, y posiblemente también existió ambientes protegidos cerca donde se asentó esta especie. Subunidad V-3: compuesto por un ensamble donde dominó *Mesodesma donacium*, *Mulinia edulis*, y *Tagelus dombeii*, sugiriendo un ambiente de tipo playa expuesta pero que en alguna zona cercana hubo ambientes sustrato fue fangoso y permitió que *Tagelus dombeii* sea tercero en abundancia. Subunidad V-4: dominado por la asociación *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis*, con la presencia de la especie *Ilioichione subrugosa*. Las especies dominantes sugieren ambientes expuestos, y la presencia y algún episodio tipo el Niño y un ambiente protegido.

Por lo tanto, las unidades IV y V que corresponden a MIS 5 (Rivas 2021, Ortlieb et al., 1996) contienen sucesivos ensambles que contienen fauna tropical como *Ilioichione subrugosa*, *Cryptomya californica*, lo cual coincide con estudios que han indicado al MIS 5e como un periodo con consecutivos eventos El Niño (Contreras et al., 2010). Son estas unidades donde albergan asociaciones que incluyen *Ilioichione subrugosa*, *Cryptomya californica* y *Tagelus dombeii* las cuales han sido encontradas en posición de vida en la paleo-laguna Salinas de Sechura 6°S (Christol et al., 2016) que se formó relacionada a posibles eventos El Niño. La especie *Ilioichione subrugosa*, fue encontrada en el último evento el Niño del 2017 llegando a los 9°S y relacionado a un incremento de abundancia de la especie *Nassarius dentifer* y una reducción de la especie *Tagelus dombeii* (Berrú & Perea, 2019). Sin embargo, estas variaciones de censos ecológicos afectados por el Niño, se observan en escalas de 1 año al otro y los que se observa en la terraza en cada asociación descrita puede ser resultado de varios cientos de años con lo cual la fauna encontrada es un promedio de esos años y también de un área.

En la zona de estudio, Ilo, censos ecológicos han mostrado asociaciones de especies a *Mesodesma donacium* y *Mulinia edulis* (Mamani 2017). La misma asociación que se ha descrito a través de toda la terraza como dominante en todas las unidades. Aunque la riqueza de especies en varios estratos fue mayor comparado con el censo ecológico, esto es una característica esperada de un ensamble de especies muerto (Kidwell 2002) debido a que existen procesos de recambio poblacional de distinta velocidad y tasa de destrucción de conchas diferentes y tasas de producción de conchas muertas diferentes, sin embargo, el ranking de abundancias relativas de las especies se mantiene en el ensamble muerto comparado al vivo.

6.4 Población de *Mesodesma donacium* a través del interglaciar

En términos poblacionales de la *Mesodesma donacium*, se observa que a través de 2 periodos interglaciares MIS 5 Y MIS 7, se ha mantenido como especie dominante, y lo que ha variado son sus abundancias, en el contexto temporal podemos hipotetizar que la especie ha podido sobrevivir a variaciones del nivel del mar y al MIS 5e cuya temperatura del mar ha sido 4° mayor que en el Holoceno, pero que a partir de los últimos estudios fue un periodo con eventos de El Niño muy fuertes (Rivas 2021), esto puede explicar la reducción de la población en comparación con el interglaciar anterior donde las poblaciones fueron muy abundantes. Cabe mencionar que las abundancias de la especie reflejan la acumulación de conchas en un bloque de sedimento, hay estratos donde las conchas acumuladas corresponden a un 80% en peso y otros donde solo un 20%. En la actualidad la especie ha sufrido fuertes variaciones y disminución dramática local, atribuidas a los eventos de El Niño fuertes del 82-83 y 97-98 así como a la sobreexplotación del recurso (Tejada et al., 2017).

Por lo tanto, aunque durante el MIS 5e esta especie pudo superar eventos El Niño muy fuertes y recurrentes (Rivas 2021) incluso variaciones del nivel del mar, parece ser que el

efecto antropogénico (extracción) y las interacciones con eventos El Niño de los últimos 40 años estarían jugando un factor decisivo sobre la reducción de esta población en la actualidad.

7. CONCLUSIONES

- En la terraza Marina Pampa del Palo (Ilo, 17°S) se identificaron 5 unidades estratigráficas. Desde la base de la terraza: la unidad I (de 0 a 2.5 m, ~250 K años BP), la unidad II (de 2.5 a 6.7 m, ~250 K años BP), la unidad III (de 6.7 a 8.4 m), la unidad IV (de 8.4 a 12.7 m, ~125 K años BP) y la unidad V que corresponde a la parte más alta de la terraza (de 12.7 a 17m, ~125 K años BP).
- La malacofauna de la terraza Marina Pampa del Palo está compuesta por 29 bivalvos, 30 gasterópodos y 1 poliplacóforo, restos de decápodo, balánidos y ostrácodos. El número de especies y las abundancias en cada unidad de la terraza tuvo una tendencia a incrementarse hacia la base de la terraza (unidades I y II). La diversidad fue mayor en las unidades III, IV y V. La especie dominante en todas las unidades de la terraza fue *Mesodesma donacium*, siendo más abundante en las unidades estratigráficas I y II.
- La variabilidad de tipo de sedimento en la terraza Marina Pampa del Palo dependió del tipo de ambiente marino preservado los cuales fueron principalmente playas, compuesto de arenas gruesas, medias y finas en las Unidades I, II, IV y V, y un estrato interpretado como laguna costera, compuesto por yeso y arenas finas en la Unidad III.
- Las Unidades I, II, IV y V de la terraza Marina Pampa del Palo tuvieron una relación del tipo de sustrato: arena finas, medias y gruesas, con la especie dominante *Mesodesma donacium*. Sin embargo, en las Unidades IV y V esta especie dominante codominó con especies de fondo fangosos como (*Tagelus dombeii* y *Cryptomya californica*). En la unidad III que corresponde a un sustrato tipo laguna, dominaron especies de playas expuestas (*Mesodesma donacium*), pero también se

encontró especies de fondo fangoso (*Tagelus dombeii*, *Cryptomya californica* y *Trachycardium procerum*) y sustratos rocosos (mitílidos). Por lo tanto, las asociaciones de especies en las 5 unidades estratigráficas de la terraza Marina Pampa del Palo presentaron una mezcla de especies de: ambientes expuestos, fondos blandos protegidos y sustrato duro, con lo cual no hubo una relación entre el tipo de sustrato y las asociaciones de especies. Esta mezcla de especies en cada unidad estratigráfica se explicaría por el transporte de especies *post mortem*.

- Las condiciones frías del agua de mar habrían permitido la dominancia y abundancia de *Mesodesma donacium* en la terraza Marina Pampa del Palo (17°S). Además, la presencia de especies “cálidas” que actualmente están distribuidas hasta Piura (6°S): *Ilioichione subrugosa*, *Anomia peruviana* y *Cryptomya californica*, estarían relacionadas a un incremento de la temperatura del agua debido a eventos tipo El Niño durante el MIS 5 (~125 K años), y en el MIS 7 también se encontró la presencia *Ilioichione subrugosa*, pero solo en la unidad I.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre ML, Donato M, Richiano S, & Farinati EA. 2011. Pleistocene and Holocene interglacial molluscan assemblages from Patagonian and Bonaerensian littoral (Argentina, SW Atlantic): Palaeobiodiversity and palaeobiogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 308:277–292. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.05.032>
- Aguirre ML, Richiano S, Donato M, & Farinati EA. 2013. *Tegula atra* (Lesson, 1830) (Mollusca, Gastropoda) in the marine Quaternary of Patagonia (Argentina, SW Atlantic): Biostratigraphical tool and palaeoclimate-palaeoceanographical signal. *Quaternary International* 305:163–187. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.02.011>
- Aguirre ML, Sirch YN, & Richiano S. 2005. Late Quaternary molluscan assemblages from the coastal area of Bahía Bustamante (Patagonia, Argentina): Paleocology and paleoenvironments. *Journal of South American Earth Sciences* 20:13–32. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.05.006>
- Aguirre ML. 2003. Late Pleistocene and Holocene palaeoenvironments in Golfo San Jorge, Patagonia: molluscan evidence. *Marine Geology*, 194(1-2), pp.3-30. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00696-5](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00696-5)
- Albano PG, & Sabelli B. 2011. Comparison between death and living molluscs assemblages in a Mediterranean infralittoral off-shore reef. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 310:206–215. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.07.012>
- Anderson RS, Densmore AL, & Ellis MA. 1999. The generation and degradation of marine terraces. *Basin Research. Mar* 11:7–19. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2117.1999.00085.x>
- Asami R, Iryu Y, Hanawa K, Miwa T, Holden P, Shinjo R, & Paulay G. 2013. MIS 7 interglacial sea-surface temperature and salinity reconstructions from a southwestern subtropical Pacific coral. *Quaternary Research* 80:575–585. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2013.09.002>
- Berrú Paz P, & Perea de la Matta A. 2019. El Niño costero 2017: impacto sobre población de *Tagelus dombeii* (Lamarck, 1818) y estructura comunitaria del macrobentos en el banco natural de isla Blanca-ENAPU. *Boletín Instituto del Mar del Perú.*, Vol 34, No 2. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3398>
- Bird E. 2008. *Coastal geomorphology: an introduction*. 2nd edn. John Wiley & Sons
- Birks HJB, & Birks HH. 1980. *Quaternary palaeoecology*. London: Edward Arnold.
- Broggi, JA. 1946. Las terrazas marinas de la Bahía de San Juan en Ica. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*. 19: 21-33.
- Castillo AM. 2018. Composición comparativa de la malacofauna litoral entre el interglacial MIS 5e y el actual: implicaciones paleoceanográficas en la Costa Norte del Perú. Tesis, Maestría en Ciencias del Mar. Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/6444>

- Charó M, Gordillo S, Fucks E, & Giaconi L. 2014. Late Quaternary molluscs from the northern San Matías Gulf (Northern Patagonia, Argentina), southwestern Atlantic: Faunistic changes and paleoenvironmental interpretation. *Quaternary International* 352:26–47. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.12.044>
- Christol A, Wuscher P, Goepfert N, Mogollón V, Béarez P, Gutiérrez B, & Carré M. 2016. The Las Salinas palaeo-lagoon in the Sechura Desert (Peru): Evolution during the last two millennia. *The Holocene* 27:26–38. <https://doi.org/10.1177/0959683616646182>
- Cintra-Buenrostro CE, Foster M, & Meldahl K. 2002. Response of nearshore marine assemblages to global change: a comparison of molluscan assemblages in Pleistocene and modern rhodolith beds in the southwestern Gulf of California, México. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 183:299–320. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(02\)00248-1](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(02)00248-1)
- Clarke KR, & Warwick RM. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edn. Primer-E Ltd. Plymouth UK.
- Contreras S, Lange CB, Pantoja S, Lavik G, Rincón-Martínez D, & Kuypers MM. 2010. A rainy northern Atacama Desert during the last interglacial. *Geophysical Research Letters* 37. <https://doi.org/10.1029/2010GL045728>
- Crucifix M. 2012. Oscillators and relaxation phenomena in Pleistocene climate theory. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 370:1140–1165. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0315>
- de Bar MW, Stolwijk DJ, Mcmanus JF, Sinninghe Damsté JS, & Schouten S. 2018. A Late Quaternary climate record based on long-chain diol proxies from the Chilean margin. *Climate of the Past* 14:1783–1803. <https://doi.org/10.5194/cp-14-1783-2018>
- Devries TJ, & Wells LE. 1990. Thermally-anomalous Holocene molluscan assemblages from coastal Peru: evidence for paleographic, not climatic change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 81:11–32. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(90\)90037-8](https://doi.org/10.1016/0031-0182(90)90037-8)
- Folk RL. 1954. The Distinction between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary-Rock Nomenclature. *The Journal of Geology* 62:344–359.
- Griggs G, & Trenhaile A. 1995. Coastal cliffs and platforms. In: R.W.G. Carter and C.D. Woodroffe (Eds.), *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 425–450. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511564420>
- Gurrola LD, Keller EA, Chen JH, Owen LA, & Spencer JQ. 2013. Tectonic geomorphology of marine terraces: Santa Barbara fold belt, California. *Geological Society of America Bulletin* 126:219–233. <https://doi.org/10.1130/B30211.1>
- Guzmán N, Díaz A, Ortlieb L, & Clarke M. 2001. TAMAs, ocurrencia episódica de moluscos tropicales en el norte de Chile y el fenómeno del Niño. En: J. Tarazona, W. E. Arntz, E. Castillos de Maruenda (Edit.). *El Niño en América Latina: impactos biológicos y sociales*. pp. 385-393.

- Head MJ, & Gibbard PL. 2015. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Past, present, and future. *Quaternary International* 383:4–35. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.06.039>
- Ingram RL. 1971. Sieve analysis. *Procedures in sedimentary petrology*. 49-67.
- Inman DL. 1949. Sorting of Sediments in the Light of Fluid Mechanics. *SEPM Journal of Sedimentary Research* 19:51-70. <https://doi.org/10.1306/D426934B-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Jouzel J, Masson-Delmotte V, Cattani O, Dreyfus G, Falourd S, Hoffmann G, Minster B, Nouet J, Barnola JM, Chappellaz J, Fischer H, Gallet JC, Johnsen S, Leuenberger M, Loulergue L, Luethi D, Oerter H, Parrenin F, Raisbeck G, Raynaud D, Schilt A, Schwander J, Selmo E, Souchez R, Spahni R, Stauffer B, Steffensen JP, Stenni B, Stocker TF, Tison JL, Werner M, & Wolff EW. 2007. Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years. *Science* 317:793–796. DOI: 10.1126/science.1141038
- Keen AM. 1971. *Sea shells of tropical west America; marine mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press.
- Kidwell SM. 2002. Time-averaged molluscan death assemblages: Palimpsests of richness, snapshots of abundance. *Geology* 30:803. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030<0803:TAMDAP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0803:TAMDAP>2.0.CO;2)
- Kidwell SM. 2013. Time-averaging and fidelity of modern death assemblages: building a taphonomic foundation for conservation palaeobiology. *Palaeontology* 56:487–522. <https://doi.org/10.1111/pala.12042>
- Kidwell SM, & Bosence DW. 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: Allison PA, Briggs DE (Eds.). *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. Plenum Press, New York. 1991:115-209.
- Kukla GJ, Bender ML, Beaulieu J-LD, Bond G, Broecker WS, Cleveringa P, Gavin JE, Herbert TD, Imbrie J, Jouzel J, Keigwin LD, Knudsen KL, McManus JF, Merkt J, Muhs DR, Müller H, Poore RZ, Porter SC, Seret G, Shackleton NJ, Turner C, Tzedakis PC, & Winograd IJ. 2002. Last Interglacial Climates. *Quaternary Research* 58:2–13. <https://doi.org/10.1006/qres.2001.2316>
- Lisiecki LE, Raymo ME. 2007. Plio–Pleistocene climate evolution: trends and transitions in glacial cycle dynamics. *Quaternary Science Reviews* 26:56–69. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.09.005>
- Magurran AE. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell.

- Mamani Cahuana JE. 2017. Estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal desde la playa Los Palos hasta El Chasqui de la provincia de Tacna–2014. Tesis Título Profesional. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1955>
- Moreno CE. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana.
- Ortlieb L, Zazo C, Goy J, Dabrio C, & Macharé J. 1996. Pampa del Palo: an anomalous composite marine terrace on the uprising coast of southern Peru. *Journal of South American Earth Sciences* 9:367–379. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(96\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(96)00020-X)
- Ortlieb L, & Díaz A. 1991. Distribución de moluscos litorales del Perú en el Pleistoceno Superior: Primeras interpretaciones paleoceanográficas y paleoclimáticas. En: III Reunión Anual Proyecto PIC6281, Lima, Volumen de resúmenes y contribuciones, pp. 39-56.
- Ortlieb L, Devries TJ, & Díaz A. 1990. Occurrencia de *Chione broggi* (Pilsbry and Olsson, 1943) (Pelecypoda) en depósitos litorales cuaternarios del sur del Perú: implicaciones paleoceanográficas. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*. vol. 81: 127-134.
- Ortlieb L, Guzmán N, & Candia M. 1994. Moluscos litorales del Pleistoceno superior en el área de Antofagasta, Chile: primeras determinaciones e indicaciones paleoceanográficas. *Estudios Oceanológicos*. 13:57–63.
- Ortlieb L, & Macharé J. 1990. Quaternary marine terraces on the Peruvian coast and recent vertical motions. *Colloques et séminaires-Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération*. p. 95-98
- Otvos EG. 2015. The Last Interglacial Stage: Definitions and marine highstand, North America and Eurasia. *Quaternary International* 383:158–173. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.05.010>
- Paredes C, Cardoso F, Santamaría J, Esplana J, & Llaja L. 2016. Lista anotada de los bivalvos marinos del Perú. *Revista Peruana de Biología* 23:127. <https://doi.org/10.15381/rpb.v23i2.12397>
- Pedoja K, Ortlieb L, Dumont J, Lamothe M, Ghaleb B, Auclair M, & Labrousse B. 2006. Quaternary coastal uplift along the Talara Arc (Ecuador, Northern Peru) from new marine terrace data. *Marine Geology* 228:73–91. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2006.01.004>
- Pickerill R, & Brenchley P. 1991. PALEOSCENE 12. Benthic Macrofossils as Paleoenvironmental Indicators in Marine Siliciclastic Facies. *Geoscience Canada*. 18(3):119-38.
- Rahmstorf S, & Feulner G. 2013. Paleoclimatic Ocean Circulation and Sea-Level Changes. In: Siedler G, Griffies SM. et al. (edits.). *International Geophysics*. Academic Press, p. 31-56.
- Rivadeneira MM, & Carmona ER. 2008. Un ensamble macrobéntico del Pleistoceno Tardío en Caleta Patillos, norte de Chile: interpretaciones paleoecológicas y paleobiogeográficas. A Late Pleistocene macrobenthic assemblage in Caleta Patillos,

- northern Chile: paleoecological and paleobiogeographical interpretations. *Revista Geológica de Chile*. 35: 163-173. <https://doi.org/10.5027/andgeov35n1-a08>.
- Rivas Blas RA. 2021. El ENSO durante el último interglacial (130-116 ka AP) registrado por fósiles de *Mesodesma donacium* (Bivalvia: Mesodesmatidae) en el Perú. Tesis, Maestría en Ciencias del Mar. Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/9530>
- Roy K, & Pandolfi JM. 2005. Responses of Marine Species and Ecosystems to Past Climate Change. En: Lovejoy TE, Hannah LJ (edit.). *Climate change and biodiversity*. New Haven, Yale University Press, pp. 418
- Ruddiman W, Raymo M, & McIntyre A. 1986. Matuyama 41,000-year cycles: North Atlantic Ocean and northern hemisphere ice sheets. *Earth and Planetary Science Letters* 80:117–129. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(86\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0012-821X(86)90024-5)
- Russell MP. 1991. Modern Death Assemblages and Pleistocene Fossil Assemblages in Open Coast High Energy Environments, San Nicolas Island, California. *Palaios* 6:179. <https://doi.org/10.2307/3514882>
- Shackleton NJ, & Opdyke ND. 1973. Oxygen Isotope and Palaeomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen Isotope Temperatures and Ice Volumes on a 105 Year and 106 Year Scale. *Quaternary Research* 3:39–55. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(73\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0033-5894(73)90052-5)
- Shackleton NJ. 1969. The last interglacial in the marine and terrestrial records. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 174:135–154. <https://doi.org/10.1098/rspb.1969.0085>
- Tejada A, Baldarrago D, Aragón B, Romucho Y, Villanueva J & Liza C. 2017. Caracterización de playas arenosas del litoral de las Regiones Moquegua y Tacna 2015. *Boletín Instituto del Mar del Perú*. Vol. 44, No 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3231>
- Wentworth CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5), pp.377-392.
- Zazo C. 1999. Interglacial sea levels. *Quaternary International* 55:101–113. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(98\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(98)00031-7)