

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS**



**TEMPORALIDAD, PATRONES DE EXPLOTACIÓN Y SIGNIFICADO
AMBIENTAL DE LOS MOLUSCOS EN EL CONCHERO DE LA JOVITA,
BAJA CALIFORNIA.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

MAYRA DEL CARMEN ROBLES MONTES

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

NOVIEMBRE DE 2013.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

**TEMPORALIDAD, PATRONES DE EXPLOTACIÓN Y SIGNIFICADO
AMBIENTAL DE LOS MOLUSCOS EN EL CONCHERO DE LA
JOVITA, BAJA CALIFORNIA.**

TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

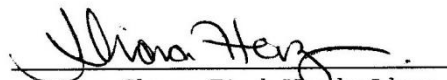
MAYRA DEL CARMEN ROBLES MONTES



Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte
Director de Tesis



Dr. Carlos Figueroa Beltrán
Sinodal



Dra. Sharon Zinah Herzka Llona
Sinodal

Ensenada, Baja California a 20 de noviembre de 2013.

A mi familia
Mami, Papi, Quique y Fer;
y a nuestros muertos
a Braulio y a Inés.

A la mar y a la Arqueología Costera,
a la que pocas veces ha volteado a mirar la Arqueología nacional.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Téllez Duarte por abrir la ventana a un nuevo mundo de conocimiento sobre la arqueología costera y compartir su pasión por ella. Así como por proponer un tema de investigación novedoso y de invaluable aprendizaje.

A la Dra. Sharon Herzka por compartir con tan enorme pasión el conocimiento de la ecología isotópica y presentarme la riqueza de lo invisible.

Al Dr. Carlos Figueroa por su apoyo y aceptar amablemente ser parte de este proyecto.

A mis maestros del posgrado por compartir con sencillez la magia de conocer la mar, en especial al Dr. Víctor Camacho y al Dr. Eduardo Santamaría que sin saberlo alentaron mi permanencia en el programa y mis ganas de seguir luchando en esta empresa. A mis compañeros por brindarme la mano siempre que lo necesite, en especial a Teresa Vidal por su paciencia y las horas de estudio compartidas.

A los alumnos de ayudantía de la carrera de Ciencias Ambientales por su ayuda en el análisis cuantitativo de esta investigación.

A la Dirección de Salvamento Arqueológico del INAH y a los arqueólogos Manuel Pérez y María Flores por proporcionarme la muestra malacológica que se utilizó en esta investigación; y por brindarme su confianza y amistad durante los meses que coincidimos en Ensenada.

Al CONACYT por la beca de dos años recibida para llevar a cabo esta investigación.

A mi nueva familia de oceanólogos: ciceseanos, cimarrones y a los que encontré en mis pasos por Ensenada, la vida había previsto nuestro encuentro sin sabérselo, el dicho sigue en uso “Dios los hace y ellos se juntan”. ¡¡¡LARGA VIDA Y MUCHOS ÉXITOS!!!

RESUMEN GENERAL

El sitio La Jovita forma parte de un conjunto de asentamientos prehistóricos al noroeste de Punta Salsipuedes que están desapareciendo paulatinamente, debido al desarrollo económico del corredor Tijuana-Ensenada lo que precisa su pronta atención. En el desarrollo histórico del conocimiento arqueológico se ha recurrido innumerables veces a diferentes metodologías generadas por otras disciplinas, adquiriendo así un carácter multidisciplinario por esencia. Los campamentos concheros son asentamientos costeros distintivos del norte peninsular mexicano, que ejemplifican la necesidad de realizar análisis multidisciplinarios con el fin de lograr un panorama amplio sobre las estrategias de subsistencia, de las que se sustentaron las sociedades pretéritas. De esta manera los restos de concha de moluscos representan una fuente basta de información acerca de los modos de adaptación del hombre en ambientes costeros, tanto espacial como temporalmente. Por tanto esta investigación recurrió a descriptores ecológicos de diversidad, equitatividad y riqueza; así como a métodos cualitativos (análisis de frecuencia de talla); geoquímicos (análisis de isótopos estables de oxígeno); y a herramientas tafonómicas con el objetivo de evaluar los patrones de explotación de moluscos costeros y las condiciones ambientales que imperaron durante dicho momento. Para ello se analizaron 2 campamentos concheros (C1 y C2) ubicados en la demarcación del predio La Jovita, cuyo asentamiento suponemos fue coetáneo y cuyo fechamiento por radiocarbono arrojó una edad entre ~1200 y 1600 d.C.; lo anterior sugiere una posible variación temporal en el aprovechamiento de los recursos. Para inferir las condiciones ambientales se recurrió al análisis de isótopos estables de oxígeno utilizando muestras del bivalvo *Mytilus californianus*. Los descriptores ecológicos indican que en los dos sitios se presentó una escasa diversidad y riqueza de moluscos, lo que se traduce en explotación focalizada en ciertas especies, como: *M. californianus*, *Haliotis cracherodii* y *Lottia gigantea*. Así mismo se observó que *M. californianus* fue la especie dominante en los dos sitios lo que sugiere que sus características ecológicas brindaron una alta disponibilidad natural durante el período de ocupación humana. Por el lado ambiental los resultados del análisis isotópico sugieren que los grupos humanos asentados antes de 1500 d.C. realizaron la recolección de moluscos durante todo el año estos recursos, y los posteriores a esta fecha lo realizaron estacionalmente, posiblemente en primavera cuando suceden los eventos de surgencia.

CONTENIDO

INDÍCE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN GENERAL	II
INDÍCE GENERAL.....	III
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABLAS	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 CULTURALES	4
2.2 METODOLÓGICOS	6
3. OBJETIVOS	9
3.1 GENERAL	9
3.2 PARTICULARES.....	9
4. HIPÓTESIS.....	9
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	10
5.1 CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS	10
5.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	12
5.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	12
6. MARCO CONCEPTUAL.....	13
6.1 EL PROMEDIADO TEMPORAL.....	13
6.2 ISOTOPOS ESTABLES EN LA RECONSTRUCCIÓN AMBIENTAL.....	13

6.2.1 MOLUSCOS: TRAZADORES AMBIENTALES	16
--	----

7. METODOLOGÍA..... 18

7.1 TRABAJO DE CAMPO: SITIOS DE MUESTREO.....	18
7.1.1 SITIO C1.....	19
7.1.2 SITIO C2.....	20
7.2 ANÁLISIS ECOLÓGICO	21
7.3 ANÁLISIS TAFONÓMICO	23
7.4 ANÁLISIS ISOTÓPICO	25
7.4.1 PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS	25
7.4.2 ANÁLISIS DE LOS VALORES DE $\Delta^{18}\text{O}$	26
7.5 FECHAMIENTO POR RADIO CARBONO¹⁴.....	29

8. RESULTADOS 31

8.1 FECHADO UNIDAD 5, SITIO C2.....	31
8.2 SITIO C1.....	33
8.2.1 ESTRATIGRAFÍA ARQUEOLÓGICA	33
8.2.2 RIQUEZA TAXONÓMICA.....	34
8.2.3 DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD	35
8.3 SITIO C2.....	39
8.3.1 ESTRATIGRAFÍA ARQUEOLÓGICA	39
8.3.2 RIQUEZA TAXONÓMICA.....	39
8.3.3 DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD	40
8.4 ANÁLISIS DE TALLA.....	44
8.4.1 SITIO C1	44
8.4.2 SITIO C2.....	45
8.5 ANÁLISIS TAFONÓMICO	50
8.5.1 SITIO C1: DESARTICULACIÓN	50
8.5.1.1 Sitio C1: estados de conservación <i>M. californianus</i>	50
8.5.2 SITIO C2: DESARTICULACIÓN	51
8.5.2.1 Sitio C2: estados de conservación <i>M. californianus</i>	52
8.6 ISOTOPOS DE OXÍGENO ($\Delta^{18}\text{O}$).....	54

9. DISCUSIONES..... 57

9.1 CRONOLOGÍA Y PROMEDIADO TEMPORAL	57
9.2 ESTADOS DE CONSERVACIÓN DE <i>M. CALIFORNIANUS</i>	58
<u>9.3 VARIABILIDAD TEMPORAL..... 59</u>	59

9.3.1 RIQUEZA Y DIVERSIDAD	59
9.3.2 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD Y PATRÓN DE RECOLECCIÓN.....	61
9.3.3 PATRÓN DE EXPLOTACIÓN DE MOLUSCOS COSTEROS EN EL CONTEXTO REGIONAL.....	66
9.3.4 PATRÓN ESTACIONAL DE EXPLOTACIÓN DE <i>M. CALIFORNIANUS</i> EN EL CONTEXTO REGIONAL.....	67
 <u>10. CONCLUSIONES</u>	<u>68</u>
 <u>11. REFERENCIAS.....</u>	<u>70</u>
 <u>ANEXOS</u>	<u>76</u>

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.- Distribución geográfica y cronológica de los complejos arqueológicos de la península de Baja California. Datos de Bendímez (1987) con base en el cuadro editado y reproducido por Barranco (1995). (Modificado de Flores y Pérez, 2010)
- Figura 2.- Ubicación del área de estudio.
- Figura 3.- Diagrama esquemático del SSC cercano a la costa de Baja California, durante la época de surgencia en primavera. Los círculos con puntos indican flujos hacia el ecuador, los círculos con X indican flujos hacia el polo. (Tomado de Peña, 2011).
- Figura 4.- Relación lineal del valor de $\delta^{18}\text{O}$ del agua y la salinidad de aguas superficiales y profundas del océano Pacífico (Tomado de Craig y Gordon, 1965).
- Figura 5.- (A) Corte transversal de una concha (IP1-A1R) que muestra la posición de las muestras obtenidas para el análisis de isótopos con un taladro de 300-micrones. (B) Perfil de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del mismo espécimen. Es notable que el declive de los valores suceda en los períodos de invierno durante su ontogenia. La línea horizontal a -2.5‰ marca el los valores de verano esperados. Los valores $\delta^{18}\text{O}$ por debajo de esta línea (1993 y 1995) reflejan la influencia de la señal isotópica (ligera) de la aguas del Río Colorado. Así mismo es notable que hacia los últimos años de vida del espécimen la amplitud de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ se atenúa considerablemente (tomado de Goodwin, 2003).
- Figura 6. Plano arqueológico preliminar de los lotes 22 (A) y 23 (B) de CFE, predio La Jovita; los círculos indican la ubicación del Sitio C1 y C2. Proporcionado por el Dr. Manuel E. Pérez, DSA
- Figura 7.- Ubicación de las tres unidades de excavación U1, U2, y U3 en el Sitio C1.
- Figura 8.- Ubicación de las tres unidades de excavación U4, U5, y U6 en el Sitio C2 (Centro UTM 514358E-3539592N).
- Figura 9.- Niveles de los tres rangos tafonómicos.
- Figura 10.- Mejillón *Mytilus californianus*.
- Figura 11.- Predicción diaria del valor de $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcitaenequilibrium}}$ (VPDB, línea solida) y variaciones observadas el valor $\delta^{18}\text{O}_{\text{M. californianus}}$ para el espécimen 3U.07 (línea punteada-triángulo blanco, triángulo negro indica micro-muestras como punto de conexión). Las barras alternadas en gris y blanco definen series de tiempo basadas en la ordenación del dominio del tiempo en micro-muestras contiguas de 3U.07, círculos blancos muestran el promedio predicho de los valores $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcitaenequilibrium}}$ para cada serie de tiempo (Tomado de Ford et al., 2010).
- Figura 12.- Temperaturas de los últimos 1000 años en el hemisferio norte, AD corresponde a fechas d.C. El cuadro verde enmarca el intervalo de tiempo que comprende el asentamiento humano de la Jovita, Baja California. Modificado de <http://sierraclubpa.blogspot.mx/2013/06/the-medieval-climate-anomaly.html>
- Figura 13.- Perfil estratigráfico con vista al oeste del Sitio C1 unidad U1
- Figura 14.- Unidad 1. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 1; B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.
- Figura 15.- Unidad 2. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 2. B) Distribución estratigráfica de la abundancia

relativa (%) de las especies abundantes, en base al MN. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.

- Figura 16.- Unidad 3. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 3. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.
- Figura 17.- Unidad 4. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 4. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.
- Figura 18.- Unidad 5. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 5. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.
- Figura 19.- Unidad 6. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 6. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.
- Figura 20.- Histogramas de frecuencia por unidad y en orden estratigráfico de *M. californianus*, Sitio C1.
- Figura 21.- Histogramas de frecuencia por unidad y en orden estratigráfico de *H. cracherodii*, Sitio C1.
- Figura 22.- Histogramas de frecuencia por unidad y en orden estratigráfico de *M. californianus*, Sitio C2.
- Figura 23.- Histogramas de frecuencia por unidad y en orden estratigráfico de *H. cracherodii*, Sitio C2.
- Figura 24.- % de Abundancia, talla mínima, máxima y moda de *L.gigantea* en cada nivel de U5, Sitio C2.
- Figura 25.- % de abundancia, talla mínima, máxima y moda de *T.funeralis*
- Figura 26.- Tafogramas de *M. californianus*. A) Descortezado, B) Incrustación y C) Fragmentación. Los símbolos diferencian los valores de los niveles por unidad: U1=rombo; U2=cuadrado; y U3=triángulo. U=unidad y N=nivel.
- Figura 27.- Tafogramas de *M. californianus* A) Descortezado, B) Incrustación y C) Fragmentación. Los símbolos diferencian los valores de los niveles por unidad: U4=círculo; U5=triángulo; y U6=cuadrado. U=unidad y N=nivel.
- Figura 28.- Ejemplos de rasgos tafonómicos **a)** *L. gigantea*: completa, descortezado alto e incrustación de algas calcáreas y huella de balano; **b)** *M. californianus*: incrustación de serpúlidos; **c)** *M. californianus*: alto descortezado e incrustación por esponja y algas calcáreas; y **d)** *M. californianus*: a la izquierda valva completa sin incrustación y bajo descortezado, a la derecha alto grado de fragmentación, descortezado e incrustación por esponjas.
- Figura 29.- Valores $\delta^{18}\text{O}$ (V-PDB) y su temperatura correspondiente (en base a la ecuación de Ford, 2010), de los niveles estratigráficos muestreados en la U5, Sitio C2. SPR=Superficie y N=nivel.
- Figura 30.- Índices ecológicos (valores mínimos, máximos y media) utilizados en el análisis ecológico de los moluscos en los sitios C1 y C2. Las pequeñas diferencias entre los sitios indican que dichos grupos recolectaron con relativa uniformidad una escasa variedad de moluscos de la zona intermareal.

- Figura 31.- Zonación típica del intermareal rocoso de Baja California (Tomado de Peña, 2011).
- Figura 32.- Valores promedio (15 días) de temperatura superficial del mar (TSM) para cinco localidades en la costa este de Baja California durante el año 2007. La línea azul punteada marca los 14°C que representa la presencia de aguas de surgencia costera en la zona. Línea negra- Bajamar; Línea roja-Punta Morro, Línea azul-Eréndira; Línea naranja-Punta Baja; y Línea verde-Esmeralda (Modificado de Peña, 2011).
- Figura 33.- Perfiles de temperaturas actuales: E=Ensenada; S=Sripes Pier; C=Cabo Colonet. (Modificado de Killingley 1981).

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.- Resultados del fechado de conchas de *M. californianus*, expresados en edad medida, edad convencional corregida por efectos de reservorio, y edad calibrada a 2σ en años calendario.
- Tabla 2.- Abundancia relativa de las especies de moluscos en las **U1, U2 y U3 del sitio C1.**
- Tabla 3.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U1**
- Tabla 4.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U2.**
- Tabla 5.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U3**
- Tabla 6.- Abundancia relativa de las especies de moluscos en U4, U5 Y U6 del sitio C2.
- Tabla 7.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U4**
- Tabla 8.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U5.**
- Tabla 9.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U6.**
- Tabla 10.- Razón de valvas por nivel de cada unidad y promedio de los niveles de cada unidad.
- Tabla 11.- Valor de la razón de valvas por nivel de cada unidad y promedio de los niveles de cada unidad.
- Tabla 12.- Valores $\delta^{18}\text{O}$ (VPDB), corrección a escala SMOW (T. Coplen), la temperatura obtenida en °C para la ecuación de Ford (2010), Horibe y Oba (1972), y Epstein(1953). Considerando un valor de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ de -0.29‰ .
- Tabla 13.- Modelo de edad para la sección estratigráfica N3-N7 de U5, C2.
M.s.n.m.= metros sobre el nivel del mar

LISTA DE ANEXOS

- Tabla I. Tallas de *M. Californianus* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C1.
- Tabla II. Tallas de *M. Californianus* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C2.
- Tabla III. Tallas de *H. cracherodii* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C1.
- Tabla IV. Tallas de *H. cracherodii* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C2.
- Tabla V. Valores absolutos de los rasgos tafonómicos para *M. californianus* de las 3 unidades del sitio C1.
- Tabla VI. Valores absolutos de los rasgos tafonómicos para *M. californianus* de las 3 unidades del sitio C2.

... the path of our evolution turned aside from the common primate course by going to the sea. No other setting is as attractive for the beginnings of humanity. The sea, in particular the tidal shore, presented the best opportunity to eat, settle, increase and learn. It afforded diversity and abundance of provisions, continuous and inexhaustible, It gave the congenial ecologic niche in which animal ethology could become human culture (Sauer, 1962)

Imagine floating atop an ocean world, blue, deep pure blue, a seemingly empty ocean that is surprisingly alive, full of life that is producing and consuming again and again in ways that we macrohumans cannot easily perceive. (Fry, 2006)

1. INTRODUCCIÓN

El noroeste del Pacífico mexicano se caracteriza por ser escenario de abundantes asentamientos humanos prehistóricos costeros, a los que la arqueología ha denominado campamentos concheros, debido a que una de sus principales fuentes de subsistencia fueron los recursos marinos y se evidencian por la abundancia de restos de conchas de moluscos.

El estudio multidisciplinario de sitios arqueológicos costeros provee información acerca de la ecología y el impacto del hombre sobre la biodiversidad costera a través de la historia (Dincauze, 2000). Una forma de estudiar dicha relación es la paleoecología. Ésta estudia las interacciones entre los organismos que habitan en un ambiente particular en el pasado geológico (Dodd y Stanton, 1990). Partiendo de éste enunciado, el hombre ha desempeñado un papel fundamental en la evolución de los ecosistemas en la historia reciente, de tal forma que la paleoecología humana permite explorar y comprender la variabilidad de las estrategias que ha usado el hombre en la apropiación de los recursos naturales, su explotación e impacto en el ambiente, además de ofrecer nuevas perspectivas para una mejor comprensión de los procesos de interacción en el pasado (Neme *et al.*, 2008). Así, un enfoque paleoambiental integra las ciencias naturales a las históricas, de manera similar como la arqueología lo hace con las ciencias sociales para la comprensión del pasado.

El análisis de los restos de concha de moluscos provenientes de los campamentos concheros han sido un tema recurrente en la investigación arqueozoológica. Esto se debe a que las características biológicas y geoquímicas de estos elementos proporcionan información valiosa para hacer reconstrucciones paleoambientales e interpretar los patrones de subsistencia de las poblaciones humanas que se asentaron en las franjas costeras. Por tanto, conlleva trabajar con diferentes métodos de análisis que permitan estudiar dichas características (ecológicos, geoquímicos y físicos), con el objetivo de proveer de información necesaria para interpretar la relación del hombre prehistórico con los ecosistemas marinos desde un enfoque multidisciplinario, atendiendo 3 aspectos importantes: 1) complementariedad, 2) consistencia y, 3) congruencia entre las escalas de análisis.

El primer aspecto se refiere a la fuerza interpretativa que puede proporcionar la conjunción de diferentes métodos de análisis, ya que en la reconstrucción paleoambiental las fuentes de los datos están sujetos a errores de asociación, representatividad e incluso de interpretación, cuando se depende del uso de un solo método, por lo que utilizar diversas metodologías reduce la probabilidad de error. En este punto se integra el segundo aspecto, el cual exige que la reconstrucción paleoambiental sea compatible en la asociación de los resultados de análisis, atribuyendo así verosimilitud a la interpretación de los datos. El último aspecto busca evitar la posible incongruencia al realizar comparaciones temporales o espaciales (local o regional). En este sentido, esta investigación recurre al término del promediado en el tiempo, concebido como el

proceso en el cual los restos orgánicos procedentes de diferentes intervalos de tiempo se preservan en conjunto, o como en este caso, en un depósito arqueológico; el cual refleja un lapso de tiempo en el que el hombre habito una zona particular en la franja costera (local).

Por otro lado las características sedimentarias del depósito arqueológico plantean la necesidad de recurrir a la tafonomía para comprender la causa del aspecto físico del material malacológico y su relación con el ambiente en el que se depositó. El objetivo de la tafonomía, que si bien nace de la paleontología, también es aplicable sobre los restos arqueológicos, ésta busca explicar cómo han sido producidos y qué modificaciones han experimentado los restos orgánicos conservados en la litosfera, desde su producción biogénica o tafogénica hasta la actualidad, concebido desde una perspectiva exclusivamente paleontológica (Gutiérrez, 2010). En particular al análisis tafonómico de los restos de moluscos arqueológicos analiza cualquier modificación producida en un taxón desde el momento en que muere, incluyendo tanto las alteraciones sufridas antes de la acumulación del material, como las derivadas de la obtención del recurso, su transporte al yacimiento y el procesamiento para su consumo.

Una revisión de la literatura disponible sobre Baja California revela que un gran porcentaje de las investigaciones arqueológicas en se han concentrado en los sitios con manifestaciones gráfico-rupestres de la zona montañosa y en los sitios costeros de la mitad sur de la península (Flores y Pérez, 2010). El interés en la costa del Pacífico noroeste es relativamente reciente y se ha acrecentado en gran medida por los salvamentos arqueológicos derivados del auge turístico de la zona, cuya demanda de obras de infraestructura para el desarrollo económico ha provocado transformaciones en el paisaje, principalmente en el escenario costero del corredor Tijuana – Ensenada. Dichas actividades han jugado un papel clave en los proyectos de salvamento arqueológico, ya que se han convertido en la fuente principal para el conocimiento de la prehistoria costera de la región. De los trabajos de salvamento relevantes para esta investigación por su cercanía al área de estudio tenemos y realizados bajo la tutela del Centro INAH-Baja California son: el *Proyecto Arqueología en el Pacífico Norte de Baja California. Componente Costa Azul (SEMPRA)*, a cargo del Arqueólogo Arturo Márquez-Alameda en los años del 2003 al 2009; el *Salvamento arqueológico energía Costa Azul. Reporte de excavación y análisis de material arqueológico. Planteamientos metodológicos y resultados*, a cargo de César Berkovich en 2005; el *Salvamento Arqueológico Cañada del Águila, segunda temporada* a cargo de Danilo Drakíc en 2009; y el *Reporte técnico del laboratorio de la primera temporada de excavación del Salvamento Arqueológico Arqueológico Cañada del Águila. Sitio La Punta* a cargo de los oceanólogos Paulina Balbontín Durón y Emmanuel Vizcaíno Pérez en 2007. Excavaciones recientes en el predio de la Jovita, Baja California realizadas a cargo del Departamento de Salvamento Arqueológico-INAH, buscan precisar la secuencia de ocupación regional y, aportar un mayor conocimiento sobre la economía, los patrones de subsistencia, la estacionalidad y los patrones de ocupación de los grupos humanos (Flores y Pérez, 2010). La presente

investigación pretende expandir lo anterior aplicando herramientas paleoecológicas con el fin de profundizar en el conocimiento del modo de vida durante la prehistoria del estado de Baja California, cuyo patrimonio cultural costero está seriamente amenazado por el rápido crecimiento de los desarrollos turísticos y habitacionales.

2. ANTECEDENTES

2.1 Culturales

Precedentes históricos basados en el registro arqueológico plantean que el poblamiento de la costa oeste de la península de Baja California se debe a una serie de oleadas migratorias provenientes del norte y noroeste del continente americano, provocadas por el cambio climático sucedido durante la última glaciación denominada Winconsin; momento en el que desaparecieron los lagos del Pleistoceno, lo cual provocó a su vez cambios atmosféricos, que dieron por resultado un clima mucho más árido (Álvarez, 2004).

Investigaciones recientes sobre la interpretación del poblamiento de la península de Baja California proponen secuencias de ocupación con una antigüedad que va desde finales del Pleistoceno hasta los grupos históricos. Malcolm Rogers (1920-1960), quien fuera pionero en el desarrollo cronológico de la arqueología del “Viejo Oeste”, marca precedentes en la generación de modelos de desarrollo cultural para la Península de Baja California. Los resultados de sus investigaciones basados en el análisis de atributos culturales de artefactos de la industria lítica, principalmente, señalan que hubo dos grupos de cazadores-recolectores de gran antigüedad: el San Dieguito y la Jolla. En revisiones recientes de los esquemas cronológicos generados durante el desarrollo de la arqueología peninsular, Bendímez (1987 y 1999) y Laylander (1987) proponen en términos generales la sucesión de tres períodos cronológicos regionales: Paleoíndigena, Arcaico y Prehistórico Tardío. Los que estarían representados por los complejos arqueológicos: Clovis y San Dieguito, la Jolla y Amargosa, Comondú y Hakataya, respectivamente (**Figura1.-**).

En Baja California el período Paleoíndigena tiene una duración entre 12,000 y 10,000 a 8,000 a.a.p. Según Laylander (1987) en este lapso existieron dos culturas: la Clovis y la San Dieguito. Los primeros cazadores especializados en la megafauna y los segundos un grupo semi-nómada, que recurrieron a variadas estrategias de subsistencia como: la recolección de plantas silvestres y productos marinos. El período Arcaico tuvo una duración de ~ 8,000 a 1,500 a.a.p. caracterizada por campamentos concheros distribuidos a lo largo de la península. Según Bendímez (1987) existieron dos sociedades contemporáneas: 1) grupos del complejo la Jolla, dedicados a la recolección de semillas y moluscos costeros; y 2) cazadores recolectores del complejo Amargosa, ubicados en las regiones desérticas de la península. En general los grupos del período Arcaico explotaron distintos ambientes y hacia finales de este lapso aparecieron los primeros morteros y el aprovechamiento de las semillas de bellota, lo que denota una forma de asentamiento más sedentaria.

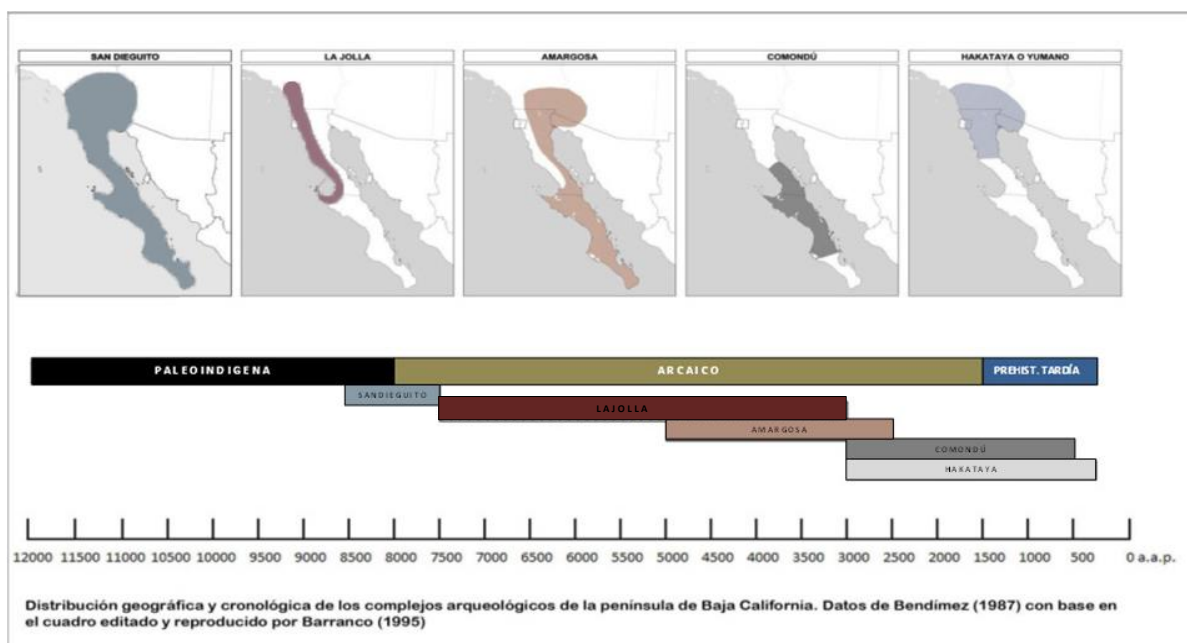


Figura 1.- Distribución geográfica y cronológica de los complejos arqueológicos de la península de Baja California. Datos de Bendímez (1987) con base en el cuadro editado y reproducido por Barranco (1995), Modificado de Flores y Pérez, 2010).

El período de la Prehistoria tardía inició hacia el 1,500 a.a.p. concluyendo con el momento del contacto español hacia los siglos XVII y XVIII. Para la región del norte peninsular Bendímez identifica un complejo arqueológico, el Hatakaya (Yumano), que vivirían coetáneamente con el complejo Comondú asentado al sur de la península. Para Laylander (1987) ocurren cambios sustanciales de las poblaciones como: el empleo del arco y la flecha, el uso de la cerámica, el desarrollo de técnicas agrícolas en áreas específicas (noreste de la península) y se generalizó el uso de moreteros y el aprovechamiento de la bellota. Así mismo sugiere que pudo ocurrir un aumento de los asentamientos, tendiendo la sedentarización a la par que un cierto grado de estratificación social. Para Bendímez en este período ocurren las últimas migraciones a la península y se configura la distribución étnica que encontraron los españoles.

Lo anterior indica que existió una alta movilidad de las sociedades arqueológicas a lo largo del tiempo, lo que pudo estar sujeto al máximo aprovechamiento de los recursos disponibles que proporcionan los diversos ecosistemas que ofrece la península de Baja California. En el caso particular del noroeste del Pacífico, el esquema cronológico sugiere un período de larga ocupación de entre 8,500 a.a.p. y hasta al momento del contacto español. Por tanto la evaluación de los patrones de subsistencia, enfocados a la explotación de moluscos costeros, puede proveer de información que permita establecer en qué medida la ocupación de zonas costeras fue estacional y, la importancia del ecosistema marino y los recursos marítimos en el desarrollo de la cultura arqueológica peninsular.

2.2 Metodológicos

Los campamentos concheros pueden presentar períodos de ocupación continuos o intermitentes durante siglos o miles de años, lo que se puede ver reflejado en la secuencia estratigráfica, de los que se pueden citar algunos ejemplos como los sitios: Covacha Babísuri (Fujita, 2006) e Isla de Cedros (Des Lauriers, 2006) en la mitad sur de la Península; y en la mitad norte La Punta (Drakíc, 2009) y Abrigo los Escorpiones (Gruhn y Bryan, 2002). Por tal razón muchos casos pueden proveer de largas secuencias de información sobre demografía humana, tecnología, ecología y sobre el rol histórico del hombre en el desarrollo de los ecosistemas costeros (Erlandson y Rick, 2010). Los remanentes de concha de moluscos han sido uno de los principales materiales de estudio arqueológico en sitios concheros debido a su basta abundancia y a que comúnmente presentan un buen estado de preservación lo hace posibilita realizar análisis tanto cuantitativo como cualitativo; a nivel ecológico, físico y geoquímico.

Desde el aspecto ecológico estudios regionales como los trabajos de Laylander e Iversen (2008), Erlandson, et al. (2010) y Moore (2005), proporcionan información acerca de las respuestas adaptativas que tuvo el hombre prehistórico a la variabilidad ambiental ocasionada en distintos momentos de cambio climático durante el Pleistoceno y el Holoceno. Por ejemplo, el trabajo de Laylander y Iversen (2008) en el sitio Laguna San Elijo San Diego, California documenta que la sucesión cronológica de la dominancia de diferentes géneros de moluscos proporciona información acerca de la transición de un ecosistema lagunar a uno de marisma, lo que se ve reflejado en el patrón de asentamiento humano, así como en el uso diferenciado de tecnología y estrategias de explotación.

El análisis del aspecto físico de los restos de moluscos sirve para evaluar su estado de conservación, a lo que se ha denominado tafonomía. Esta ciencia estudia la transición de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera, mejor conocido como proceso de fosilización, y cuyo término fue acuñado por Efremov en 1940. En la investigación arqueológica se empezó a utilizar al final de la década de los 60's, aplicándola principalmente a estudios de arqueozoología sobre fauna de mamíferos. A partir de entonces ha sido una metodología útil de análisis de los procesos post mortem que le ocurren a diferentes tipos de organismos. En estudios anteriores han descrito y evaluado el alcance del análisis de los procesos que afectan la conservación de los restos faunísticos (Blasco:1992, Lyman:1994, Marti:1999); en el caso de los restos de moluscos y otros organismos marinos destaca el análisis de los procesos de incrustación, desarticulación, carbonificación, abrasión, desplazamiento; entre otros (Muckle, 1980; Claassen, 1998; Gutiérrez, 2010).

Desde el aspecto geoquímico, organismos calcáreos como los moluscos han sido de particular interés debido a su crecimiento por acreción que le permite registrar información ambiental estacionalmente, a partir de la predicción que hizo de Urey (1947) acerca de que la composición isotópica del oxígeno en el carbonato de calcio de fósiles calcáreos podría ser interpretada en términos de paleo-

temperatura, las conchas de moluscos han sido frecuentemente utilizadas como proxy en la reconstrucción ambiental. El primer antecedente sobre la aplicación de esta técnica en arqueología la llevó a cabo Shackleton (1973), con el objetivo de determinar las temporadas de ocupación en un campamento conchero prehistórico en la Bahía Plettenberg en el sur de Sudáfrica. A nivel regional Killingley y Berger (1979) realizaron una comparación entre los promedios de las temperaturas registradas en el puerto de Scripps Institution of Oceanography (SIO) entre 1974 y 1977 y las temperaturas calculadas a partir de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) registrados por un mejillón (*Mytilus californianus*) recolectado en La Jolla, California en 1977. Los resultados muestran una correspondencia excelente aunque no precisa. La comparación de las curvas de temperatura sugiere que durante su ontogenia el mejillón crece un poco más rápido durante períodos fríos. A partir de estas estimaciones Killingley (1981) utiliza dicha técnica para inferir el mes de recolecta de moluscos en el campamento conchero Punta Minitas en el norte de Baja California, procesando 14 valvas de diferentes especies de entre las cuales 4 pertenecían a la especie *M. californianus*. Recientemente Jones y Kennett (1999) bajo esta misma metodología infieren la temperatura superficial del océano en la costa central de California, utilizando especímenes de *M. californianus* provenientes de diferentes sitios arqueológicos, con la finalidad de explicar la conexión entre los cambios ambientales de la región y los patrones de subsistencia de los pobladores durante los últimos 2000 años.

En 2010 Ford et al., desarrollaron un diseño experimental que permitió evaluar la influencia de la posición en el intermareal y la tasa de crecimiento del bivalvo *M. californianus* en las variaciones de los valores del $\delta^{18}\text{O}$ y Mg/Ca, debido al creciente interés que se les ha dado a este molusco como proxy paleoambiental en investigaciones arqueológicas y paleoceanográficas. Por ello trataron de reproducir lo mejor posible las zonas del intermareal (zona alta y baja) de las que pudieron provenir los especímenes encontrados en campamentos concheros del Holoceno. En un análisis intraespecimen se pudo observar que ni la posición en el intermareal, ni la tasa de crecimiento tuvieron una influencia significativa. Pero al evaluar la fidelidad del registro de la temperatura de los especímenes (observados) en comparación con valores predichos del $\delta^{18}\text{O}$ de calcita en equilibrio con la composición isotópica del agua, los registros de la mayoría de los especímenes observados resultaron estar consistentemente enriquecidos en el isótopo ^{18}O de +0.2 a +0.5‰. Lo anterior fue atribuido al fraccionamiento de Rayleigh y a efectos cinéticos, por lo que se planteó la necesidad de desarrollar una especie-específica, basada en la expresión reportada por Kim y O'Neil (1997) y que será explicada más adelante.

Hacia la región este del norte peninsular en el Alto Golfo de California también se han utilizado isótopos de oxígeno en la interpretación de concheros arqueológicos (Téllez et al.:2008, Celis:2011). La peculiaridad de este escenario paleoambiental es que la variación isotópica es influida por el aporte de agua dulce del río Colorado en el alto Golfo de California. Téllez et al., (2008) comparó la variación

isotópica en dos sitios concheros: uno en San Felipe, en el área de influencia del delta del Colorado, y otro en Campo Cristina, ubicado más al sur fuera del delta. La datación por radiocarbono sugirió que los dos sitios fueron ocupados durante el mismo periodo, y los resultados del análisis isotópico mostraron en ambos sitios una variación típica esperada para los cambios de temperatura durante un ciclo anual. Sin embargo, sólo en San Felipe, se encontraron algunos valores mínimos de entre -3.44 y -3.99 ‰, atribuibles a la influencia estacional del aporte de agua dulce proveniente del río Colorado.

Por tanto, la conjunción de estudios ecológicos y ambientales en sitios arqueológicos nos puede permitir una mejor comprensión del impacto temporal y espacial sobre el ecosistema costero durante la ocupación humana prehistórica, así como de los cambios climáticos.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Realizar un análisis espacio temporal de los patrones de explotación de los moluscos costeros en el campamento conchero de la Jovita, Baja California, así como de las condiciones ambientales que imperaron durante la ocupación prehistórica.

3.2 Particulares

- 1) Interpretar significados paleoecológicos de los restos de conchas de moluscos mediante métodos cualitativos, cuantitativos y geoquímicos.
- 2) Utilizar herramientas tafonómicas en la interpretación de los procesos a los que estuvieron sometidos los organismo en el procesado para su consumo.

4. Hipótesis

La recolección de los moluscos en el conchero La Jovita fue estacional debido a que los habitantes prehistóricos fueron cazadores-recolectores que se desplazaban en función de la disponibilidad de los recursos naturales de la región.

5. Área de estudio

El área de estudio se sitúa en el límite norte de la bahía de Ensenada de Todos los Santos y ligeramente al norte del lugar conocido como Punta Salsipuedes, en el municipio del mismo nombre. El predio de la Jovita tiene una orientación con vista al mar hacia el suroeste, y su zona intermareal se extiende por aproximadamente 20m a 30m. Dicho punto geográfico tiene un valor particular desde el punto de vista arqueológico, debido a que la zona ha sido objeto de diversas intervenciones de salvamento de las que destacan los trabajos del desarrollo turístico de Bajamar y el de la regasificadora de gas natural licuado SEMPRA-Energy, Costa Azul (**Figura 2.-**).

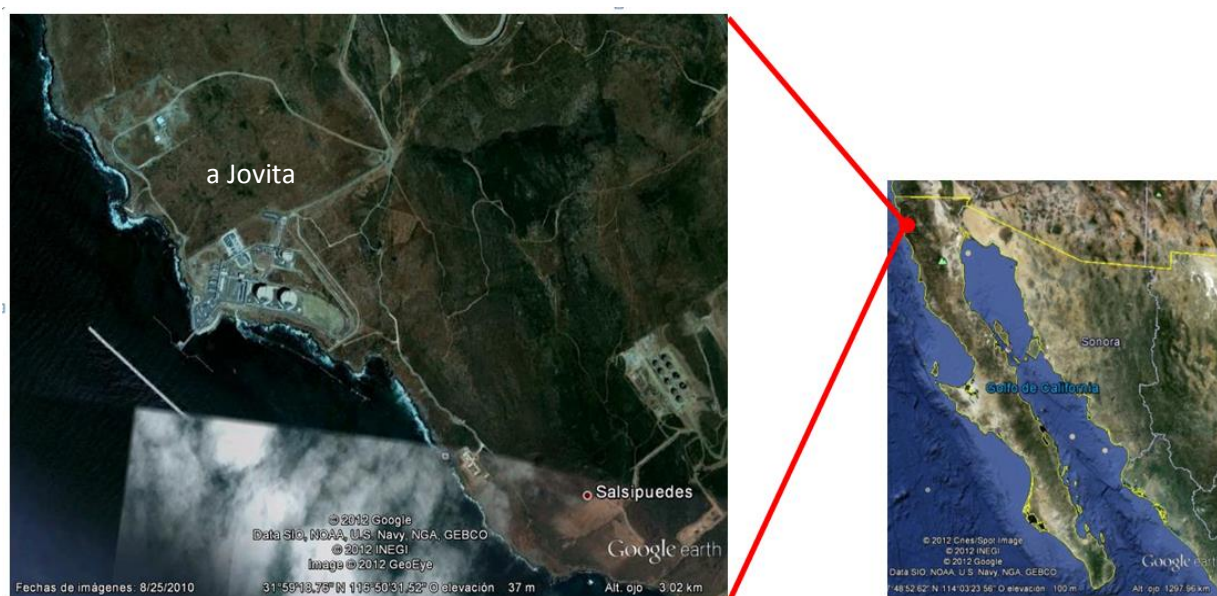


Figura 2.- Ubicación del área de estudio.

5.1 Características oceanográficas

La costa noroeste del Pacífico mexicano es una región de características oceanográficas muy particulares que le confieren un alto valor ecológico. De ellos destacan dos factores muy importantes para la zona costera de Baja California: el primero son los eventos de surgencias. Estos resultan de la interacción entre los vientos dominantes que soplan hacia el Ecuador, la superficie del océano y la fuerza de Coriolis, que generan el desplazamiento de las masas de agua superficiales hacia mar abierto, la que es reemplazada por masas de agua profunda, frías y ricas en nutrientes. Estos eventos tienen una intensidad máxima de abril a junio, con un índice de surgencia costera de 50 a 300 m³/s por cada 100m de costa (Peña, 2011). Las

condiciones que se generan a partir de las surgencias son de gran importancia a nivel local y regional, ya que favorecen la productividad primaria y disponibilidad de alimento que mantienen a varias poblaciones de especies tanto en el sistema pelágico como en la zona costera.

El segundo factor es el Sistema de la Corriente de California (SCC), cuya magnitud a escala regional influye fuertemente en la dinámica costera de la península (**Figura.-3**). El SCC está localizado principalmente en la región oceánica de la costa oeste de Norte América y se extiende aproximadamente desde el estrecho de Juan de Fuca (Canadá) hasta la Península de Baja California en México. Está constituido por 3 tipos de corriente: 1) corriente superficial con dirección al Ecuador, o Corriente de California (CC); 2) flujo subsuperficial con dirección hacia el polo norte, o Subcorriente de California (CU); y 3) contracorriente costera con estacionalidad intermitente, o Contracorriente de California (CCC) (Peña,2011).

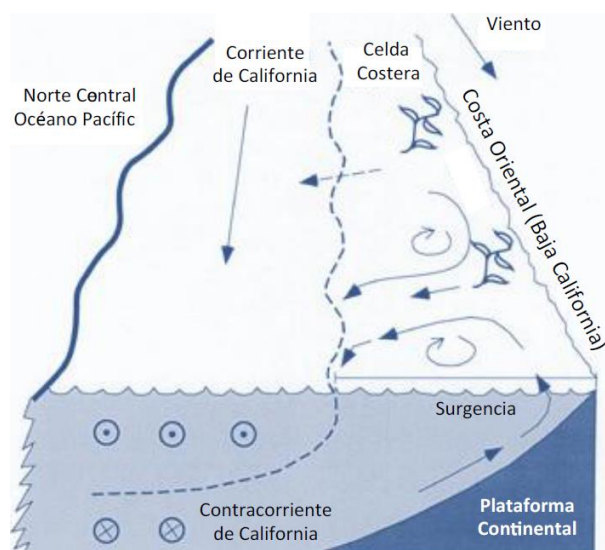


Figura 3.- Diagrama esquemático del SCC cercano a la costa de Baja California, durante la época de surgencia en primavera. Los círculos con puntos indican flujos hacia el ecuador, los círculos con X indican flujos hacia el polo. (Tomado de Peña, 2011).

La península de Baja California se ubica en la región sur del SCC y se considera una zona de transición porque cerca de la superficie confluyen la masa de Agua Subártica (ASA), que transporta la CC, el Agua Tropical Superficial (ATS) y el Agua Subtropical Superficial (AStS) (Peña 2011). Las fronteras entre las masas de agua presentes cambian en escalas temporales muy diversas, desde semanales hasta decadales. Los cambios en las fronteras y la mezcla que resulta de su interacción, establecen muchas de las condiciones que modulan los cambios en la diversidad biológica y química de la región. Incorporar los procesos oceanográficos dentro de un contexto ecosistémico es importante y necesario para poder entender muchos de los procesos ecológicos que suceden en la costa (Peña, 2011, **Figura 3.-**).

5.2 Características geológicas

Geográficamente la región donde se ubica el predio de la Jovita reúne variados aspectos geológicos que forman parte de su geodiversidad. La historia geológica se remonta a la era Mesozoica con la formación de rocas batolíticas y meta volcánicas del Arco Jurásico – Cretácico, sobre la que se depositaron rocas sedimentarias del Cretácico superior del Grupo Rosario. Posteriormente, en el Cenozoico, durante el Mioceno, se deposita la Formación Rosarito Beach, conformada de: flujos de basalto, lodolitas, arena, toba lapilli, tobas cristalinas, areniscas tobáceas, diatomitas, areniscas, calizas y conglomerados. Por lo tanto, su depósito ocurrió bajo un amplio rango de ambientes, desde fluviales y lacustres hasta marinos costeros y de plataforma poco profunda en mar abierto. La Formación Rosarito Beach se depositó en el borde, entre la Provincia Peninsular y la Provincia del Borde Continental, durante un periodo de actividad tectónica generada por una intensa actividad volcánica y deformación de la Provincia del Borde Continental (Minch, *et al.*, 1984).

En lo particular, el sitio de la Jovita se asienta sobre una facies de la Formación Rosarito Beach que corresponde a el Miembro Medio Camino (Mrm) (Ashby, 1989), constituida de basalto y toba volcánica de margen marino. Sobre esta se depositó el suelo reciente que fue identificado como coluvión (Dr. Jorge Ledesma, comunicación personal). En este depósito sedimentario es en el que se encuentra embebido el depósito arqueológico. El coluvión se forma mediante el transporte de sedimentos por gravedad en el fondo de una pendiente de bajo grado o contra una barrera en esa pendiente. El Miembro Medio Camino aflora en el mar formando una terraza costera y está expuesta al oleaje intenso.

5.3 Características biológicas

El área de estudio se ubica dentro de la Provincia biogeográfica de California. Ésta provincia encuentra su límite norte en Punta Concepción al sur de Santa Barbara, California; mientras que su límite sur se ubica en la Península del Vizcaíno en Baja California Sur. En ésta región la temperatura, las condiciones oceanográficas y las condiciones ecológicas son similares por lo que se presentan las mismas especies. La fauna que se presenta se ha denominado como subtropical, cuyo intervalo de temperatura es de 21°C en verano y de 10°C en invierno (Mc Lean, 1978).

Los hábitats que se presentan en la región costera de esta provincia son: el intermareal rocoso, arrecife de escombros, playas arenosas, bahías y laguna, submareal rocoso y fondo lodoso y arenoso.

De la fauna de moluscos registrada arqueológicamente para esta región se cuenta con las siguientes géneros: *Chione*, *Donax*, *Pseudochama*, *Mytilus*, *Ostrea*, *Argopecten*, *Haliotis*, *Lottia*, principalmente (Laylander y Iversen, 2008; Erlandson, et al., 2010; Moore, 2005; y Celis: 2011).

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 El promediado temporal

Dentro de la reconstrucción paleoambiental existen dos conceptos fundamentales que deben ser abordados: el promediado temporal y la mezcla temporal. Existen en la literatura dos conceptos sobre promediado temporal, uno absoluto y uno relativo: el absoluto se puede definir como el proceso en el cual los eventos que sucedieron en diferentes momentos pueden parecer sincrónicos en el registro geológico. Kidwell and Behrensmeyer (1993) lo definen como el proceso en el cual los restos orgánicos procedentes de diferentes intervalos de tiempo se preservan en conjunto. Existen algunas implicaciones interesantes de este concepto: 1) El promediado temporal es una propiedad universal del registro geológico; 2) Puede considerarse un disturbio estratigráfico, es decir que éste parte de un orden cronológico perfecto dentro de una sección estratigráfica, que ocurre cuando un depósito joven se sobrepone a uno más antiguo; y 3) El promediado temporal representa los eventos del pasado de manera incompleta (Kowalewski, 1996).

Hay que mencionar que el registro arqueológico es susceptible a este proceso, tanto por las características sedimentarias como por el método de muestreo. Así mismo, la datación de los eventos arqueológicos representan un promediado debido a que los elementos orgánicos fechados son una muestra aleatoria de un intervalo de tiempo de acumulación, ya que no se puede hablar de un momento puntual de ocupación o de actividad humana, pero que usualmente en arqueología puede diferenciarse debido a las características culturales de los depósitos arqueológicos, tanto por artefactos materiales como por cambios en los tipos de organismos asociados a dichos contextos, ya sea que hayan sido acumulados con fines alimenticios, ornamentales o utilitarios. En el caso de una función alimenticia el reemplazo de organismos usualmente se debe a la respuesta adaptativa ante los cambios ambientales. Sin embargo, siempre existirá un cierto sesgo dado por el intervalo de tiempo de acumulación.

6.2 Isótopos estables de oxígeno en la reconstrucción ambiental

H. Urey en la década de 1930 fue uno de los primeros precursores del desarrollo teórico y experimental de las reacciones de intercambio isotópico. Hacia 1947 sus observaciones lo llevan a postular que los isótopos difieren en sus propiedades termodinámicas, lo que hace posible la concentración y separación de los isótopos de algunos elementos, destacando su uso como método para estimar la temperatura en escala geológica también.

Los isótopos estables son formas de un mismo elemento químico porque comparten el mismo número atómico, pero presentan masas atómicas distintas. El oxígeno tiene 3 isótopos ^{16}O , ^{17}O y ^{18}O , de los cuales nos interesan el primero y el último, porque los isótopos con números pares de protones y

neutrones son más estables y abundantes. Así, la proporción entre el isótopo ^{16}O y ^{18}O ha sido utilizada para medir la composición isotópica del oxígeno como un índice expresado en $\delta^{18}\text{O}$, cuyos valores son expresado en unidades de partes por mil ($^0/_{00}$), tal como la salinidad. La proporción de los isótopos de oxígeno es reportada respecto a dos valores estándar internacionales: para el carbonato de calcio es el V-PDB que corresponde a un valor de $\delta^{18}\text{O}=0^0/_{00}$; mientras que para los valores de la composición isotópica del oxígeno en el agua es el SMOW que corresponde a un valor de $\delta^{18}\text{O}=0^0/_{00}$, esto se ha establecido debido a la diferencia en el fraccionamiento entre los reservorios del oxígeno.

La medición de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ en carbonatos biogénicos ha sido una herramienta geoquímica invaluable para la ciencia en general, siendo la reconstrucción y caracterización ambiental una de las aplicaciones más importantes para la paleoceanografía, la ecología y la arqueozoología, ya que puede brindar información sobre patrones de temperaturas espaciales y temporales. Esto parte del supuesto de que los organismos que precipitan carbonato de calcio para formar su exoesqueleto y otras estructuras lo hacen en equilibrio con la composición isotópica del agua circundante (δ_w), y debido a que ésta es dependiente de la temperatura, la proporción de isótopos ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) contenida en el carbonato biogénico (aragonita/calcita) puede proporcionar información sobre las condiciones ambientales bajo las cuales estos organismos se desarrollaron (Wefer y Berger, 1991). Epstein et al. (1953) derivó de manera empírica la relación entre δ_w y los carbonatos de los organismos biogénicos (δ_c) para obtener la temperatura de su ontogenia, la cual fue expresada de manera cuadrática:

$$t (^{\circ}\text{C}) = 16.5 - 4.3\delta + 0.14\delta^2,$$

donde δ es la diferencia en partes por mil de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del agua y del carbonato biogénico respecto al estándar internacional V-PDB. Debido a que existen dos estándares internacionales para reportar la proporción de los isótopos de oxígeno es necesario realizar una corrección de $0.28^0/_{00}$ cuando se quiere trabajar con sólo uno de los estándares, sea SMOW o V-PVB (Sharp, 2007).

Los valores de δ de una muestra no son valores absolutos sino valores comparativos que pueden ser positivos o negativos con respecto al estándar. Lo anterior significa que una muestra puede presentar mayor (δ positivo) o menor (δ negativo) abundancia de los isótopos pesados y ligeros en comparación con la relación absoluta que presenta la muestra internacional (Celis, 2011).

Sin embargo durante el desarrollo de la paleoceanografía y la investigación del paleoambiente se han apuntalado diversas revisiones teóricas y experimentales a la ecuación reportada por Epstein (1953). Entre los aspectos más importantes que se han examinado son: (1) la validez de las calibraciones originales, (2) la influencia del polimorfismo y la composición química del CaCO_3 de los organismos calcáreos, (4) el supuesto de la precipitación en equilibrio de los factores de fraccionamiento, (4) los efectos cinéticos de origen tanto biológico (vital) como físico, (5) la fiabilidad del factor de

fraccionamiento del ácido utilizado en el espectrómetro de masas, (6) la dependencia de la temperatura del fraccionamiento en estados de no-equilibrio, y (7) el reconocimiento de los procesos diagenéticos que alteran las composiciones isotópicas originales (Craig, 1957; O'neil et al., 1969; Tarutani et al., 1969; Horibe y Oba, 1972; Sommer y Rye, 1978; Schütze, 1980; Golyshev et al., 1981; Erez and Luz, 1983; Grossman and Ku, 1986; Wefer y Berger, 1991; Kim y O'Neil, 1997 y Ford et al., 2010).

Kim y O'Neil (1997) realizaron una revisión experimental sobre los posibles procesos de equilibrio y no equilibrio de la precipitación en carbonatos sintéticos y sus efectos en la composición de los isótopos de oxígeno. Para ello sintetizó un conjunto de metales divalentes bajo un intervalo de temperatura de 10° a 40°C por el método clásico de burbujeo lento de N₂ a través de una solución de bicarbonato. A partir de ello descubrió que los carbonatos podrían precipitar en y fuera de equilibrio con la composición isotópica del agua, debido a una variación en las concentraciones de bicarbonato y cationes en el ambiente, en tanto que el índice de precipitación tuvo poca o ninguna influencia en la composición isotópica del producto. En base a los resultados de este experimento y, a la determinación de un nuevo factor de fraccionamiento del ácido utilizado por el espectrómetro de masas, propone una nueva expresión para el fraccionamiento de isótopos de oxígeno entre la calcita y el agua a bajas temperaturas:

$$1000\ln\alpha(\text{Calcite-H}_2\text{O}) = 18.03(10^3T^{-1}) - 32.42$$

donde T es en °K, y

$$\alpha(\text{calcite-H}_2\text{O}) = (1000 + \delta^{18}\text{O}_{\text{equilibrium calcite}}) / (1000 + \delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}),$$

De los procesos de fraccionamiento que influyen en la composición isotópica del agua de mar (δ_{seawater}) a nivel global se conoce que el ciclo hidrológico es el más importante. Este proceso favorece el desplazamiento diferencial de los isótopos ligeros (¹⁶O) y pesados (¹⁸O) del oxígeno entre sus diferentes reservorios, mediante la evaporación, la precipitación y el deshielo, lo que se ve reflejado directamente en el comportamiento de la variable δ_{seawater} , representada en la ecuación de paleotemperatura y que es registrado durante el crecimiento de un organismo.

En condiciones exclusivamente oceánicas donde no existen aportes de agua dulce significativa, ni un alto nivel de evaporación, como es el caso de nuestra área de estudio, existe una relación lineal entre la salinidad y la composición isotópica del agua de mar en la superficie, ya que los mismos procesos (el ciclo hidrológico) influyen sobre ambas (**Figura4.-**). Por tanto las diferencias del valor del $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato biogénico (δ_c) son adjudicadas a una variación en la temperatura del océano, donde valores más negativos de $\delta^{18}\text{O}$ (disminuye la proporción de ¹⁸O en la muestra) indica aguas más cálidas y valores más positivos

(mayor proporción de ^{18}O en la muestra) indica aguas más frías, esto se debe a que el fraccionamiento entre los valores de δ_c y los valores de δ_{seawater} son negativamente proporcionales a la temperatura.

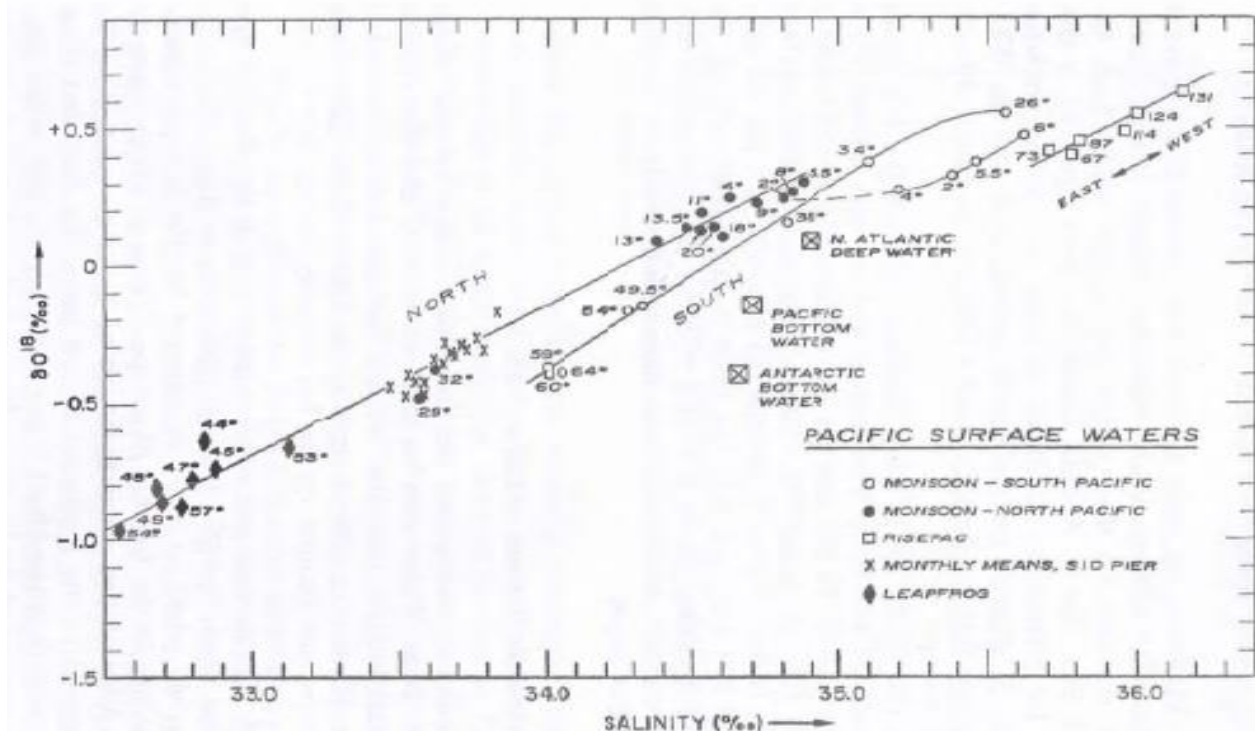


Figura 4.- Relación lineal del valor de $\delta^{18}\text{O}$ del agua y la salinidad de aguas superficiales y profundas del océano Pacífico (Tomado de Craig y Gordon, 1965).

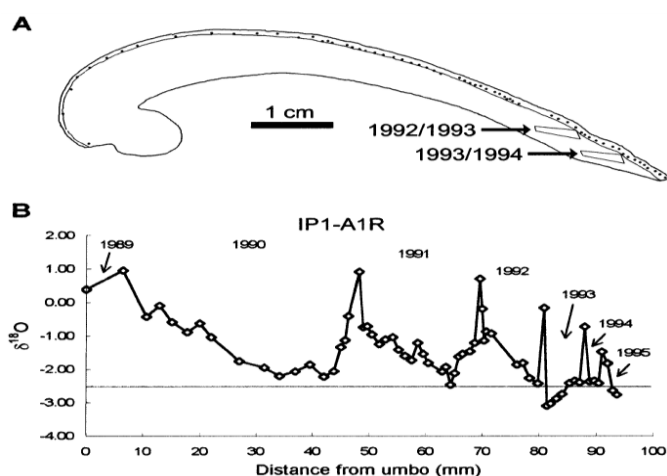
En condiciones estuarinas el aporte de agua dulce por descargas de ríos influye en la composición isotópica del agua de mar, debido a que el agua dulce ha estado sujeta a ciclos de evaporación, condensación y precipitación siendo así isotópicamente más ligera que el agua de mar, en la que se mezcla, tornando el valor de $\delta^{18}\text{O}$ agua mar enriquecido en el isótopo ligero (Téllez *et al.*, 2008).

6.2.1 Moluscos: trazadores ambientales

Las conchas de moluscos han sido frecuentemente utilizadas como proxy para la reconstrucción ambiental, ya que la manera como la construyen y los patrones de su crecimiento están directamente relacionados con el ambiente donde viven. Desde el siglo XIX los naturalistas utilizaron el conteo de las bandas de crecimiento de moluscos marinos para estimar la edad de un organismo bajo la hipótesis de que existe una relación entre dichas bandas y la periodicidad anual del crecimiento del organismo durante su vida (Cerreto, 1992).

Entre los moluscos, los bivalvos han sido bien estudiados desde esta perspectiva, ya que es más fácil seccionar transversalmente su concha que en un gasterópodo, facilitando el estudio de su ontogenia (Celis, 2011). Estos análisis han develado que existen varios factores que controlan las tasas de crecimiento de los bivalvos como: la temperatura, la salinidad, el ciclo reproductivo, el ciclo de marea, su posición en el intermareal y la disponibilidad de alimento. Sin embargo, la temperatura es el factor dominante en el control intra-anual de las tasas de crecimiento, lo que afecta directamente la resolución del registro de las condiciones ambientales (Goodwin et al., 2004). Goodwin et al., (2003) documenta que cuando la temperatura excede la tolerancia termal del individuo se detiene el crecimiento de los bivalvos, afectando la proporción y los períodos de su crecimiento, lo que resulta en una atenuación de las amplitudes isotópicas a lo largo de la vida del individuo (**Figura 5.-**). Ante esto, concluye que las estimaciones con mejor resolución de las condiciones ambientales derivan de los primeros años de la ontogenia de un individuo, así mismo considera que para obtener un rango anual completo de las condiciones ambientales se deben muestrear los primeros años de vida de varios individuos.

Figura 5.- (A) Corte transversal de una concha (IP1-A1R) que muestra la posición de las muestras obtenidas para el análisis de isótopos con un taladro de 300-micrones. (B) Perfil de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del mismo espécimen. Es notable que el declive de los valores suceda en los períodos de invierno durante su ontogenia. La línea horizontal a -2.5‰ marca el los valores de verano esperados. Los valores $\delta^{18}\text{O}$ por debajo de esta línea (1993 y 1995) reflejan la influencia de la señal isotópica (ligera) de la aguas del Río Colorado. Así mismo es notable que hacia los últimos años de vida del espécimen la amplitud de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ se atenúa considerablemente (tomado de Goodwin et al., 2003).



7. METODOLOGÍA

7.1 Trabajo de campo: sitios de muestreo

Para efectos de esta investigación se analizaron 2 de las 24 unidades conchero registradas en el predio La Jovita, ubicado a una distancia de ~27 km al noroeste de la ciudad de Ensenada. Estas unidades fueron denominadas originalmente como C-004 y C-009 por el proyecto “Salvamento Arqueológico en el Proyecto denominado Baja California III (La Jovita), Baja California”, a cargo de la Arqueóloga María Flores Hernández y del Doctor Manuel Pérez Rivas de la Dirección de Salvamento Arqueológico (DSA), del INAH. Para fines más prácticos, estas unidades se redefinieron como Sitio C1 para C-004 y Sitio C2 para C-009 (**Figura 6.-**).

En el predio La Jovita existe una cañada que cruza el terreno de noreste a suroeste, y que desemboca en la costa. El análisis del patrón de asentamiento indica que este elemento geomorfológico fue determinante en la distribución de los campamentos concheros, en especial de aquellos que muestran extensiones significativas y mayor profundidad en los depósitos culturales.

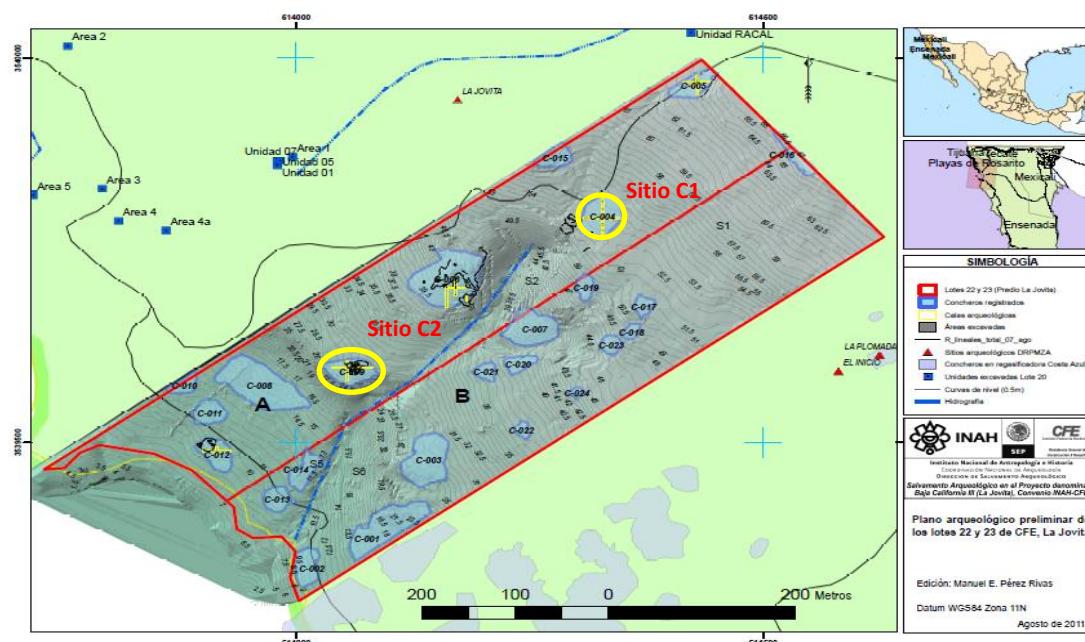


Figura 6.- Plano arqueológico preliminar de los lotes 22 (A) y 23 (B) de CFE, predio La Jovita; los círculos indican la ubicación del Sitio C1 y C2. Proporcionado por el Dr. Manuel E. Pérez, DSA

La estrategia de excavación que se siguió en cada unidad fue el trazo de 2 calas cruzadas, de norte a sur y de este a oeste, formando una trinchera en que se registraron los perfiles estratigráficos completos de cada conchero. La excavación se realizó con implementos finos (brochas, exploradores y cucharilla), siguiendo un estricto control tridimensional de los elementos detectados (X, Y, Z) y explorando capa por

capa. De manera auxiliar y en casos de estratos poco definidos, se llevó un control por niveles de 10 cm. Los materiales fueron cribados con malla de 0.5 cm y con el fin de separar el material malacológico y el óseo de origen animal (Flores y Pérez, 2011).

7.1.1 Sitio C1

El sitio C1 se localiza en el extremo noreste de la cañada en las coordenadas UTM E514328 N3539790. El nivel superficial está a 54.40m sobre el nivel del mar, cuenta con un área de 1757m² y con un perímetro de 155.772m. Asociados a este sitio y muy cercanos a la cañada, se encuentran dos concentraciones más de unidades concheras sobre la roca natural (C-006 y C-007, según la nomenclatura del INAH). De esta manera estos tres sitios constituyen un arreglo espacial, de forma triangular, que demarcan el nacimiento de agua intermitente y los puntos topográficos más altos de la cañada.

Para llevar a cabo el análisis de moluscos se eligieron 3 unidades de excavación: 514328-3539782, 514328-359790 y 514320-3539790, cuya nomenclatura corresponde a su ubicación en coordenadas UTM. Para mayor facilidad las hemos renombrado como: unidad U1, unidad U2 y unidad U3 respectivamente (**Figura 7.-**). Estas unidades fueron seleccionadas por presentar las condiciones estratigráficas más óptimas, ya que cuentan con la estratigrafía más completa del sitio. Cada unidad abarco una dimensión de 2m².

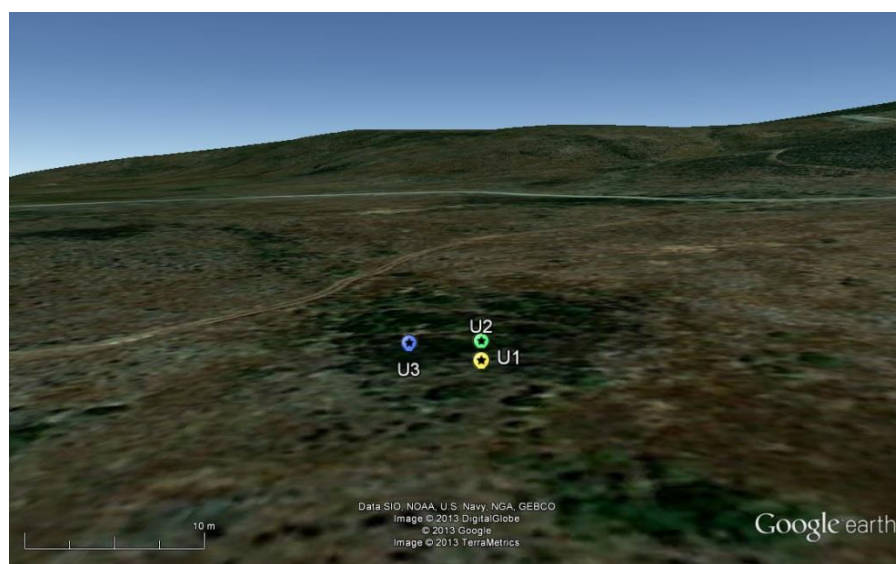


Figura 7.- Ubicación de las tres unidades de excavación U1, U2, y U3 en el Sitio C1.

La unidad U1 se ubica sobre la cala de excavación norte-sur, ~6m al sur de la unidad central y tuvo una profundidad máxima de 86 cm. La unidad U2 es la unidad central, donde se cruzan la cala norte-sur/este-oeste, y tuvo una profundidad de 1.28 m. La unidad U3 se ubica sobre la cala oeste-este, ~6m al

oeste de la unidad anterior y cuenta con una profundidad de 92 cm. La línea de costa se encuentra ~570 m al suroeste del sitio en general.

7.1.2 Sitio C2

Se ubica en las coordenadas UTM E514058026 N3539592, hacia la sección suroeste de la cañada. El nivel superficial máximo correspondiente al extremo este es de 30m sobre el nivel del mar. Cuenta con un área de 1499m² y un perímetro de 153m. Este sitio pertenece a un agrupamiento de varios concheros que se caracterizan por ser los de mayor extensión, y por encontrarse distribuidos entre la planicie cercana a la costa y el primer escalón o declive natural. Casi de manera aparejada, el sitio C2 y C-003 flanquean un primer salto abrupto de la cañada en dirección ascendente, lo que pudiera constituir un indicio de planeación y resguardo estratégico de la fuente principal de agua del lugar (Flores y Pérez, 2011).

Se excavaron en total 11 pozos en este sitio. De la misma manera que el sitio C1 se seleccionaron 3 unidades para analizar, y bajo el mismo criterio estratigráfico. Estos pozos se ubican en las coordenadas UTM 514054-3539600, 514954-3539596 y 514070-3539596, a los cuales nos referiremos a partir de ahora como unidad U4, unidad 5 y unidad 6 (**Figura 8.-**).



Figura 8.- Ubicación de las tres unidades de excavación U4, U5, y U6 en el Sitio C2 (Centro UTM 514358E-3539592N).

Las unidades U4 y U5 se ubican sobre la cala de excavación norte-sur, ~8m y ~9m al noroeste de la unidad centro del conchero; y tuvieron 70cm de profundidad. En tanto que la unidad 6 se ubicó sobre la cala de excavación este-oeste, ~13m al noreste de la unidad centro, y tuvo una profundidad de 45cm. La línea de costa se ubica a ~250m al suroeste del sitio en general.

7.2 Análisis Ecológico

En cada unidad se separaron, identificaron, contaron y midieron los restos de concha de moluscos de acuerdo a la capa y nivel estratigráfico al que pertenecen. Esto con la finalidad de detectar cambios temporales en la recolecta marina. La identificación taxonómica se hizo con base a Mc Lean (1973) y Morris (1973). El conteo se llevó a cabo bajo el criterio de mínimo número de individuos (**MNI**), que trata de una unidad analítica obtenida al contar por separado los elementos pares en los materiales en los que esto es posible (derechos/izquierdos en bivalvos, en nuestra muestra) o bien, en el caso de fragmentos, eligiendo un elemento diagnóstico (umbo en los bivalvos y ápice/columela en los gasterópodos). El número de individuos supone por lo menos dos aspectos sobre los materiales analizados:

- a) Que el elemento más abundante (derechos/izquierdos ó ápices/columelas) corresponde al número mínimo de individuos cuya existencia es necesaria para justificar a todos los especímenes identificados como pertenecientes a un taxón.
- b) Que los pares de valvas corresponden a organismos de la misma talla.

En el análisis ecológico se consideraron los parámetros de riqueza, diversidad, equitatividad y dominancia para describir la estructura de la comunidad de la muestra analizada. Por lo que hay que resaltar que la estimación de estos parámetros se realizó solo con el fin de disponer de datos que puedan ser utilizados con fines comparativos entre los concheros, debido a que la muestra representa sólo una parte de la comunidad original de moluscos, aquella que fue explotada por el hombre. La diversidad representa la variedad, ello quiere decir que este atributo parte de la expresión de dos componentes: la riqueza y la equitatividad. La riqueza se define como el número de especies presentes en la muestra (Dodd y Stanton, 1990). Y la equitatividad se refiere a cómo la abundancia (el número de individuos, en este caso) se distribuye entre las especies de la muestra.

El cálculo de la diversidad se realizó a partir del índice de Shannon (H'), éste se basa en la teoría de la información y, por medio de un número positivo indica la probabilidad de encontrar un individuo en un ecosistema. Su obtención se basa en la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

donde S es el número de especies, p_i es la abundancia relativa de la especie i , obtenida del cociente de n_i (el número de individuos de la especie i) sobre N (el número de individuos de todas las especies) (Brower y Zar, 1979).

El índice de equitatividad se expresa considerando que tan cercana es la abundancia de especies, observada en un conjunto de datos, a la diversidad máxima posible dada en N y S . La mayor diversidad para una colección de N en un total de s se da cuando N se distribuye lo más equitativamente posible entre las especies, es decir, cuando cada $n_i = N/S$. Esto lleva a considerar que la equitatividad de la distribución de las especies de N entre un conjunto de datos se expresa como la cercanía del índice de diversidad de los datos observados en el índice de diversidad máxima:

$$E = H'/H'_{max}$$

donde:

H = índice de diversidad

H'_{max} = valor máximo de $H' = H'/\ln S$

De esta manera un valor alto indicará uniformidad, mientras que un valor bajo indicará, de manera indirecta, que existe dominancia por parte de una (s) especie (s).

Los cambios cuantitativos se analizaron con base al porcentaje de abundancia relativa. Esta se obtuvo considerando como 100% al total de los moluscos recuperados en la excavación de cada unidad, y así poder comparar y determinar los cambios temporales en la abundancia, y en consecuencia, de la explotación de cada especie.

Así mismo, se determinó la distribución de la frecuencia de talla a lo largo de la estratigrafía con el objeto de observar el posible impacto temporal en la explotación de las especies recolectadas. La medición de las conchas se realizó de dos maneras: 1) Medición directa: en el caso de conchas completas, utilizando un vernier manual al milímetro inferior, midiendo en los bivalvos la talla antero-posterior y en los gasterópodos el ápice-abertura. 2) Para el caso de conchas fragmentadas se realizó una extrapolación en base al tamaño medido en conchas completas contemporáneas de los taxones identificados. De los resultados obtenidos se determinaron los valores máximos, mínimos y moda de cada especie.

En suma, con el análisis de la diversidad de especies en los depósitos arqueológicos se espera determinar la relación entre los grupos prehistóricos y las comunidades ecológicas de la zona costera adyacente. Atendiendo a que los concheros arqueológicos se forman por una colecta selectiva, estos cambios pueden indicarnos: (a) la disponibilidad natural y estacional de los recursos, (b) las preferencias culturales de uso y consumo y, (c) el impacto generado por la explotación antropogénica (Celis, 2011).

7.3 Análisis tafonómico

La inferencia arqueológica sobre la conducta del pasado se basa en la frecuencia, distribución y propiedades sedimentarias de los restos materiales en los depósitos culturales; la tafonomía se ha aplicado útilmente en estudios arqueozoológicos ya que permite analizar los procesos de formación de los yacimientos arqueológicos, así como de los procesos pre y post-depósito, no sólo los experimentados por el yacimiento a nivel de conjunto, sino también los sufridos por el material individualmente, hasta el punto de acuñarse un término propio para el estudio de la tafonomía en el marco de la arqueología, denominado “Arqueotafonomía” (Gutiérrez, 2010).

De esta manera la arqueotafonomía se interesa en los procesos postmortales, ocurridos a restos de arqueofauna antes o después del enterramiento, así como en cualquier modificación producida en un taxón desde que muere, incluyendo por tanto, todas las alteraciones sufridas antes de la acumulación del material (intemperismo, destrucción selectiva por agentes físicos, químicos y biológicos), como las derivadas de la obtención del recurso, su transporte al yacimiento o el procesado para su consumo.

Para atender a la historia tafonómica de los restos de moluscos en esta investigación se evaluaron a nivel individual los procesos de incrustación, fragmentación, descortezado y desarticulación, éste último aplicado a especies de bivalvos. La identificación del proceso de incrustación evidencia los efectos de la bioerosión, que en este caso puede proporcionar una explicación para la presencia de algunas especies en el conjunto malacológico, como por ejemplo los balanos, serpúlidos e incluso los percebes, que puedan llegar al yacimiento incrustados en las conchas de los moluscos o incluso entre algas; es necesario identificar este tipo de marcas para no confundirlas con señales derivadas de la actividad humana (Gutiérrez, 2010). La identificación de la fragmentación, desarticulación y descortezado hace evidentes los efectos de distorsión provocados por actividades antropogénicas, además de la obtención, transporte y consumo del recurso, también del pisoteo, fabricación de instrumentos, el acto de desecho; y otros de carácter sedimentario, como la compresión de los sedimentos que recubren el depósito de conchas, los hundimientos o los arrastres.

La fragmentación se refiere al rompimiento en una o más partes de una concha. La incrustación alude a la adhesión de algún organismo en la concha del molusco, comúnmente son organismos epibiontes, causantes de erosión y algunas veces de perforación. El descortezado describe la separación de la corteza prismática de la nacarada. La desarticulación es la condición en la que las valvas de un bivalvo están separadas. Para identificar dichos procesos tafonómicos se realizó observación macro y microscopía de las condiciones físicas de cada individuo.

Con la finalidad de evaluar la distribución de la frecuencia de los atributos tafonómicos se utilizaron los tafogramas ternarios propuestos por Kowalewski et al. (1995), que tienen carácter semicuantitativo, representados como triángulos equiláteros en cuyos vértices se colocan las condiciones alcanzadas por cada atributo, y en cuyo interior se dividieron en secciones triangulares con el fin de discriminar el nivel de cada rango (**Figura 9.-**). Estos se utilizaron para describir todos los procesos a excepción de la desarticulación. Para ello se establecieron 3 rangos de valores determinados para el estado de conservación de la concha: ALTO) cuando cada uno de los atributos se presenta en más del 50% del cuerpo de la concha examinada; BAJO) indica que cada uno de los atributos se observa en menos del 50% de la concha; y NULO) la concha presenta el mejor estado de conservación, siendo en la fragmentación=valva completa; en la incrustación=ausencia total de epibiontes; y en el descortezado= cuando no se observa descortezado. En el caso de la desarticulación se analizó mediante la razón de valvas menor número de valva/mayor número de valva, partiendo de que idealmente cuando no existe transporte considerable desde la fuente, el valor esperado es de 1, y por tanto valores inferiores indican distintos grados de transporte selectivo.

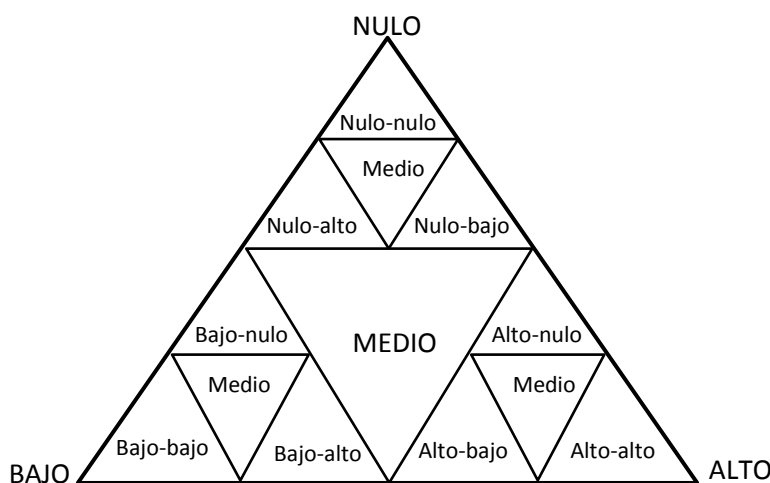


Figura 9.- Niveles de los tres rangos tafonómicos.

7.4 Análisis isotópico

7.4.1 Procesamiento de las muestras

Para realizar el análisis de los valores isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato en los moluscos se seleccionaron 22 valvas de la especie *M. californinus*, provenientes de 5 niveles estratigráficos de la unidad 5 del sitio C2, descartando el nivel 1 y 2 debido a que su profundidad es muy cercana al nivel superficial, por lo que pueden pertenecer a la misma capa cultural.

Las valvas del género *Mytilus* están compuestas por una capa externa, el periostracum; una capa media prismática de calcita; y una capa interna nacarada. La especie *M. californianus* es de estructura radial con líneas de crecimiento irregulares; tiene una longitud antero-posterior promedio de 6cm a 13cm; habita sustratos rocosos, distribuyéndose hasta 24m en el intermareal de zonas costeras en mar abierto; tiende a formar grandes camas de alta abundancia; y tiene una amplia distribución, desde las Islas Aleutianas en Alaska hasta el norte de Baja California, México (Ford et al., 2010). En la actualidad es una especie utilizada en acuicultura, y en su forma silvestre sufre un alto estrés por recoleta humana (**Figura 10.-**).



Figura 10.- Mejillón *Mytilus californianus*.

Se optó por trabajar con valvas en estado juvenil completas y bien conservadas, cuya talla fluctuó entre 1.3cm y 4.3cm, debido a que en estas el crecimiento es más rápido y por tanto las líneas de crecimiento son más espaciadas, en tanto que en los ejemplares adultos al disminuir la velocidad de crecimiento durante la ontogenia las líneas de crecimiento son más próximas (Goodwin et al., 2003). Con

la finalidad de obtener el registro de las condiciones ambientales al momento de la muerte del organismo, y por tanto, la temporada de recolección con la mayor fiabilidad posible, la muestra de carbonato de calcio se obtuvo del borde ventral, partiendo del principio de que los moluscos que viven en el mismo momento y en el mismo lugar pueden registrar perfiles isotópicos de oxígeno idénticos, ya que experimentaron los mismos regímenes de temperatura y salinidad Goodwin et al. (2004). De cada nivel estratigráfico se muestrearon 4 valvas, a excepción del nivel 6 y 7 donde se encontraron sólo 3 valvas en estado juvenil con el borde ventral completo. Al realizar repeticiones de análisis en un mismo nivel estratigráfico se evaluó la temporalidad de la recolección de los moluscos, ya que es de esperar que valores de $\delta^{18}\text{O}$ similares indiquen una recolecta estacional y valores diferentes una recolección durante todo el año.

Debido a que se ha propuesto trabajar con lo señal isotópica de la calcita fue necesario aplicar una técnica para separar la capa nacarada de la prismática, evitando así cualquier sesgo en los valores isotópicos que provinieran del momento de extracción de la muestra, por contaminación de la capa nacarada. Por lo tanto, se aplicó la metodología desarrollada por Rivero y Lares (2004), que permite separar limpiamente la capa nacarada de la capa prismática en la concha de *M. californianus* mediante su calentamiento en una mufla.

Para llevar a cabo este procedimiento se realizó previamente una limpieza a todas las valvas: primero se lavaron con agua potable para remover exceso de tierra; para luego dar un baño de agua destilada y eliminar cualquier tipo de materia orgánica. Posteriormente se limpió la superficie de la capa prismática con un hisopo remojado en ácido clorhídrico diluido al 10% para remover cualquier tipo de carbonato diagénéticamente alterado que pudiera generar algún sesgo en el análisis isotópico (Schakleton, 1973), finalmente se dejaron secar por 24 horas. Posteriormente se calentaron las conchas en una mufla a 350°C por 1 hora. Con este tratamiento las valvas conservan su integridad, la sección de interés permaneció esencialmente intacta, lo que permitió separarla con facilidad del resto de la concha al golpearla con una aguja. La extracción del polvo para el análisis isotópico se hizo bajo microscopio usando un taladro para perforar el borde ventral de cada una de las valvas. El polvo obtenido fue colocado en viales para su procesamiento en el Laboratorio Ambiental de Isótopos de la Universidad de Arizona en Tucson, E.U.

7.4.2 Análisis de los valores de $\delta^{18}\text{O}$

Para poder utilizar los valores de $\delta^{18}\text{O}$ como indicadores estacionales de recolecta antropogénica se desarrolló la ecuación especie-específica desarrollada por Ford et al., (2010) que tiene como precedente la ecuación determinada por Kim y O'Neil (1997).

Ford et al. desarrollaron una relación empírica para evaluar la fidelidad de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de *M. californianus* como proxies de temperatura. Para llevar a cabo dicha evaluación fue necesario

introducir especímenes de diversas tallas en dos posiciones del intermareal (alto y bajo) durante 382 días en San Diego, California; y construir un registro de valores predichos de $\delta^{18}\text{O}$ para calcita, en equilibrio isotópico con la composición isotópica del oxígeno del agua de mar, para lo cual fue necesario realizar un monitoreo ambiental de la temperatura y el agua. La temperatura fue registrada *in situ* cada 5 minutos en la zona alta del intermareal, de cuyos datos se seleccionan los momentos de inmersión que fueron concordantes con la nivel del agua cercano al muelle de Scripps (estación de marea NOAA N° 9.410.230). En base a lo anterior se obtuvo el promedio diario de la temperatura que varió entre 12.5 y 24.5°C durante los 362 días del experimento y un promedio general de $17.2 \pm 2.2^\circ\text{C}$. Para el caso del agua se realizaron muestreos en la zona intermareal en el Monumento Nacional Cabrillo cada ~2-3 semanas para análisis de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$, que se analizaron en la Universidad California, Davis. Para producir una estimación promedio diaria de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$, comparables con el registro diario de los promedios de temperatura, la baja resolución de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ se ajustó por medio de la función spline cúbica en MATLAB para extraer 382 valores uniformes interpolados de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ (Figura 11.-).

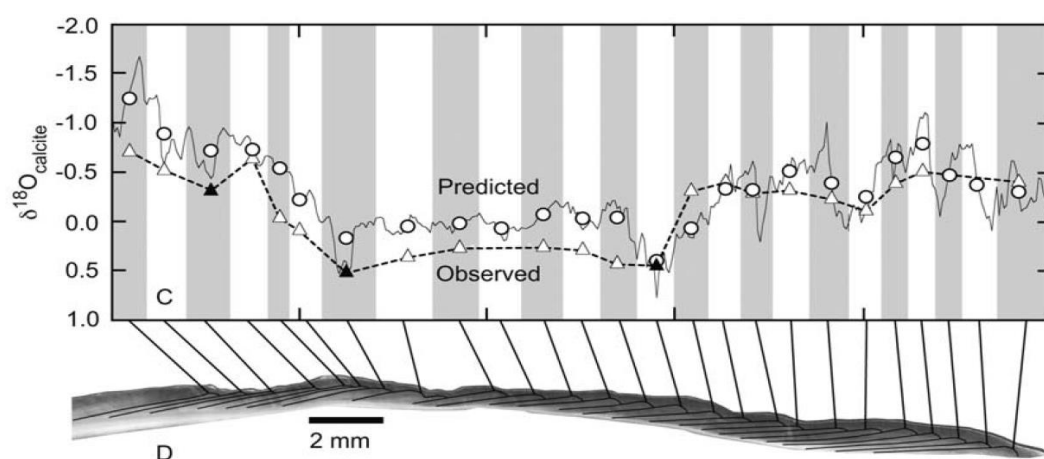


Figura 11.- Predicción diaria del valor de $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcita en equilibrio}}$ (VPDB, línea sólida) y variaciones observadas el valor $\delta^{18}\text{O}_{M. californianus}$ para el espécimen 3U.07 (línea punteada-triángulo blanco, triángulo negro indica micro-muestras como punto de conexión). Las barras alternadas en gris y blanco definen series de tiempo basadas en la ordenación del dominio del tiempo en micro-muestras contiguas de 3U.07, círculos blancos muestran el promedio predicho de los valores $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcita en equilibrio}}$ para cada serie de tiempo (Tomado de Ford et al., 2010).

Al contrastar el valor isotópico de oxígeno predicho con los valor de $\delta^{18}\text{O}_{M. californianus}$ se hizo notable un enriquecimiento constante del isótopo ^{18}O de $+0.2$ a $+0.5\text{‰}$ en el registro de la mayoría de los especímenes procesados, en relación a los valores predichos. Dicha diferencia es atribuida al fraccionamiento de Rayleigh que sucede durante la exposición aérea y a efectos cinéticos adicionales. Durante el momento de exposición del manto al proceso de evaporación se remueve preferencialmente el isótopo ligero ^{16}O , potenciando el enriquecimiento en el isótopo pesado ^{18}O del fluido extrapalial (EPF:

fluido desde el que se precipita la calcita biogénica) enriqueciendo de este modo los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de los especímenes analizados. En base a estos resultados se desarrolló una ecuación de temperatura especie específica para *M. californianus* expresada así:

$$1000 \ln \alpha (\text{calcite-H}_2\text{O}) = 18.734 \pm 0.564(10^3 \text{ T}^{-1}) - 33.776 \pm 1.941,$$

En reciente comunicación personal con Ford (2013) me ha comentado que dicha ecuación ha sido actualizada y que debe aplicarse de la siguiente manera:

$$1000 \ln \alpha (\text{calcite-H}_2\text{O}) = 18.47 \pm 0.42 (10^3 \text{ T}^{-1}) - 32.9 \pm 1.5$$

donde T es en Kelvin $\alpha = (\delta^{18}\text{O}_{\text{calcita}} + 1000) / (\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}} + 1000)$.

Para usar la ecuación de Kim y O'Neil (1997) basada en alfa, el valor de la composición isotópica del carbonato biogénico debe, por necesidad, ser convertido a SMOW. Anteriormente se mencionó existe un factor de corrección propuesto por Sharp (2007) de 0.28 ‰, sin embargo aplicar este factor de corrección sólo es válido cuando se utiliza la forma cuadrática de la ecuación de paleotemperatura (Epstein y Mayeda, 1953; Craig y Gordon, 1965; Horibe y Oba, 1972). Ford et al. (2011) explica que la conversión de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{M. californianus}$ (PDBV) a escala SMOW debe realizarse utilizando la relación de T. Coplen (2006) como lo sugiere en su metodología, de la siguiente manera:

$$\delta^{18}\text{O}(\text{VPDB}) = (0.97001 * \delta^{18}\text{O}(\text{VSMOW})) - 29.29.$$

$$\delta^{18}\text{O}(\text{VSMOW}) = (\delta^{18}\text{O}(\text{VPDB}) + 29.20) / 0.97001$$

Habiendo obtenido los valores de $\delta^{18}\text{O}_{M. californianus}$ en escala SMOW se prosiguió a calcular el valor de α , para lo que fue necesario establecer el valor de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$. Investigaciones precedentes que han utilizado el análisis de la composición de isótopos de oxígeno de carbonatos biogénicos como proxies de temperatura reportan haber utilizado valores contemporáneos de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ (Jones y Kennet, 1999; Jones et al. 2008). La revisión de la literatura llevo a conocer que existen 2 referencias de valores de δ_{seawater} , utilizados para desarrollar la ecuación cuadrática de paleotemperatura, en la región de California - Baja California. Epstein (1953) determina la variación de la composición isotópica del agua a la que crecieron diferentes organismos en diferentes zonas costeras de California y Baja California. El valor de δ_{seawater} para la localidad de Ensenada-Punta Morro es de -0.29 ‰. Jones y Kennett (1999) usan un valor δ_{seawater} de -

0.30‰ basados en una muestra de agua proveniente de la Península de Monterey. En este particular se optó trabajar con el valor reportado por Epstein ya que su localidad es la más próxima a la zona de este estudio. En este sentido es necesario considerar que el valor δ_{seawater} utilizado por Epstein corresponde a una temperatura actual, por lo que los resultados obtenidos tendrán como punto de comparación las condiciones actuales del clima lo que permitirá establecer si las condiciones ambientales durante la recolección en tiempos arqueológicos fueron más frías, cálidas o similares.

De esta manera la ecuación sugerida por Ford se despejó para obtener la temperatura en °K y se expresa de la siguiente manera:

$$T^{\circ}\text{K} = ((18.47 \pm 0.42) / ((1000 * (\ln(\alpha))) + 32.9 \pm 1.5)) * 1000$$

El error estándar asociado a las constantes 18.47 y 32.9 se resolvió de la siguiente manera: 1) se calculó dicha ecuación considerando la diferencia de las dos constantes; 2) se calculó una segunda ecuación considerando la adición de la dos constantes; 3) para finalmente sumar dichos resultados y dividirlos entre 2 y así obtener el promedio a partir del cual se realizó la conversión a grados Celsius; lo anterior se llevó a cabo bajo sugerencia personal de Ford. Para fines comparativos con estudios precedentes, la temperatura también fue calculada con la ecuación de Epstein (1953) y, Horibe y Oba (1972), lo que permitió discutir la importancia de utilizar una ecuación de temperatura especie específica, principalmente al utilizar conchas provenientes de contextos arqueológicos.

7.5 Fechamiento por radio carbono¹⁴

El fechado de las conchas para datar el poblamiento del área se realizó sólo en el Sitio C2. La muestra de moluscos se obtuvo de la unidad 5; por presentar la estratigrafía más completa de entre las 6 unidades de análisis. Se escogieron para ello especímenes del bivalvo *M. californianus* de la parte superior e inferior de la sección estratigráfica, con el fin de establecer el intervalo del tiempo total de la ocupación del sitio. La diferencia entre la edad máxima y la mínima ha sido sugerida en la literatura como una medida del tiempo de acumulación de moluscos, a pesar del señalamiento de que el método subestima la magnitud del promediado en el tiempo porque necesariamente supone que se ha muestreado tanto la concha más antigua como la más reciente (Flessa y Kowalewski, 1994). Por ello se eligió el nivel 3 como el evento de ocupación más temprano, para evitar cualquier sesgo proveniente de los niveles más superficiales y el nivel 7 como el evento más tardío. Las muestras fueron procesadas por Beta Analytic, y los resultados fueron proporcionados como edades medidas, convencionales calibradas con la base de datos INTCAL09, y edades calendario calibradas a 2σ .

8. RESULTADOS

8.1 Fechado unidad 5, Sitio C2

Las muestras fechadas por radiocarbono proporcionaron una edad corregida expresada en años calendario de Cal d.C. 1480 a 1690 para la muestra del nivel 3 (más superficial), y de Cal d.C. 1080 a 1310 para el nivel 7 (más profundo), por lo que las fechas son concordantes y corresponden al Holoceno tardío (**Tabla 1.-**).

Investigaciones precedentes han fechado sitios arqueológicos cercanos a nuestra zona de estudio. En el sitio de Bajamar ubicado al noroeste de la Jovita, las dataciones en fechas calendáricas, oscilan entre ~240 d.C. y 1720 d.C. Mientras que en el sitio Costa Azul, ubicado al sureste de la Jovita las fechas oscilan entre ~1825 d.C. y 1270 d.C; además, en este mismo sitio se fechó 1 entierro múltiple cuya edad es de 3000 a.a.p. En el sitio de Jatay, ubicado al norte de Bajamar, se halló el entierro de una mujer cuyo fechamiento arrojó una edad de 4000 a.a.p (Pérez y Flores, 2011). Excavaciones recientes (Fonseca, 2012) en un sitio ubicado también en Bajamar, obtuvieron fechas que oscilan entre ~ 1163 a.C. a 1258 d.C. Estos antecedentes indican que los sitios aledaños a la Jovita tuvieron ocupaciones aún más antiguas, pero sus períodos más tempranos indican una posible ocupación humana coetánea. Sin embargo es posible que dado el poco espesor sedimentario del yacimiento arqueológico de los sitios estudiados en esta investigación no cubra todo el período de ocupación.

Tabla 1. Resultados del fechado de conchas de *M. californianus*, expresados en edad medida, edad convencional corregida por efectos de reservorio, y edad calibrada a 2σ en años calendario.

NIVEL	MATERIAL	EDAD MEDIDA ¹⁴ C AÑOS AP	EDAD CONVENCIONAL AÑOS AP	EDAD CALENDARIO 2σ
3	<i>M. californianus</i>	530 +/- 30 AP	1420 +/- 30 AP	Cal DC 1480 a 1690
7	<i>M. californianus</i>	990 +/- 30 AP	950 +/- 30 AP	Cal DC 1080 a 1310

Considerando la edades calendáricas máxima de N3 (1690 d.C.) y la edad mínima de N7 (1080 d. C.), la ocupación del sitio La Jovita sucedió durante un período de transición climática atmosférica entre el Optimo Climático Medieval (OCM, 850-1250 d.C.) y la Pequeña Era del Hielo (PHE, 1300-1800 d.C.; **Figura 12.-**).

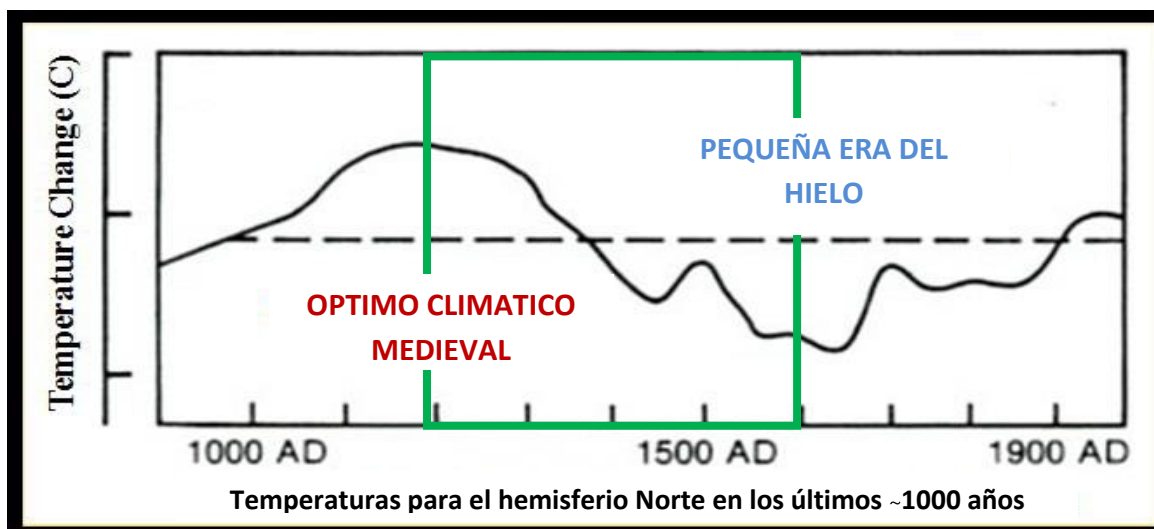


Figura 12.- Anomalías de la temperaturas atmosférica de los últimos 1000 años en el hemisferio norte, AD corresponde a fechas d.C. El cuadro verde enmarca el intervalo de tiempo que comprende el asentamiento humano de la Jovita, Baja California. Modificado de <http://sierraclubpa.blogspot.mx/2013/06/the-medieval-climate-anomaly.html>

8.2 Sitio C1

8.2.1 Estratigrafía arqueológica

El arqlgo. Sergio Uribe, responsable de esta excavación en julio de 2011, identificó cuatro capas estratigráficas en esta unidad con base a la litología:

I.- Es la capa más superficial. Está constituida por arenas de finas a medianas, limos y fragmentos de concha, con una compactación moderada, de coloración 10 YR (2/3) y un espesor máximo de 7cm. En ella se observa un nivel ligeramente perceptible de ceniza.

II.- Está constituida de arenas finas a gruesas, limos, fragmentos de basalto, rocas pequeñas y fragmentos de concha, tiene una compactación blanda, de coloración 10YR (2/3) y un espesor máximo de 32cm.

III.- Constituida por arenas de finas a gruesas, limos y arcillas, rocas pequeñas y gran cantidad de fragmentos de concha, presenta una mayor compactación, de coloración 10 YR (2.5/4) y un espesor máximo de 14cm. Aquí es donde se observó la principal concentración de concha y objetos variados de artefactos líticos. Una característica peculiar es que esta capa está definida en su extremo más profundo por lentes de carbonato de calcio (caliche) de 1cm de espesor.

IV.- Corresponde a la capa natural del terreno, caracterizada porque la presencia de material malacológico desaparece. Está constituida por arcillas y su compactación es dura, de color 10YR (6/5) y un espesor máximo de 20cm (**Figura 13.-**).



Figura 13.- Perfil estratigráfico con vista al oeste del Sitio C1 unidad U1

En la sección estratigráfica entre la capa I y la capa III fue donde se observaron restos de concha, la cual se denominó capa Conchero. La capa Conchero de las unidades fue registrada dividiéndola en niveles de excavación. De esta manera el análisis se realizó por nivel estratigráfico, con el fin de detallar los cambios verticales en la abundancia y diversidad de moluscos. Así, la capa Conchero de la U1 y la U2 se dividió en 6 niveles. En U1 la superficie está a 53.80m.s.n.m. y el nivel más profundo a 53.48m.s.n.m. En

la U2 la superficie está a 54.03 m.s.n.m. y el nivel más profundo a 53.50 m.s.n.m. La U3 se dividió en 5 niveles, el más superficial a 53.97 m.s.n.m. y el profundo a 53.47 m.s.n.m.

8.2.2 Riqueza Taxonómica

En el sitio C1 se identificaron 3 clases de organismos, siendo la clase bivalvia la más abundante (U1 79%; U2 56% y U3 68%) seguida de la gasterópoda (U1 20%; U2 43% y U3 31%) y por último la máxilopoda (U1 1%; U2 <1% y U3 2%). En U1 se identificaron siete especies, mientras que en U2 6 especies y en U3 8 especies. Las especies comunes en las 3 unidades fueron: *M. californianus*, *Haliotis cracherodii*, *Lottia gigantea*, *Tegula funebris* y *Megabalanus tintinnabulum* (Tabla 2.-).

Tabla 2.- Abundancia relativa de las especies de moluscos en las U1, U2 y U3 del sitio C1.

UNIDAD 1			UNIDAD 2			UNIDAD 3		
Especie	Clase	%	Especie	Clase	%	Especie	Clase	%
<i>M. californianus</i>	Bivalvia	79	<i>M. californianus</i>	Bivalvia	57	<i>M. californianus</i>	Bivalvia	67
<i>A. mitra</i>	Gasterópoda	0.1	<i>Collisella sp.</i>	Gasterópoda	0.3	<i>Pseudochama</i>	Bivalvia	0.1
<i>A. punctulata</i>	Gasterópoda	0.2	<i>H. cracherodii</i>	Gasterópoda	37	<i>H. cracherodii</i>	Gasterópoda	23
<i>H. cracherodii</i>	Gasterópoda	15	<i>L. gigantea</i>	Gasterópoda	4	<i>L. gigantea</i>	Gasterópoda	5
<i>T. funebris</i>	Gasterópoda	2	<i>T. funebris</i>	Gasterópoda	1	<i>T. funebris</i>	Gasterópoda	2
<i>L. gigantea</i>	Gasterópoda	4	<i>M. tintinnabulum</i>	Maxillopoda	1	<i>T. emarginata</i>	Gasterópoda	0.1
<i>T. emarginata</i>	Gasterópoda	0.1				<i>F. vulcanum</i>	Gasterópoda	0.1
<i>M. tintinnabulum</i>	Maxillopoda	1				<i>M. tintinnabulum</i>	Maxillopoda	2

En la U1 la clase bivalvia es la más abundante y, está representada solo por el mejillón *M. californianus* (79%). La riqueza de los gasterópodos consta de 6 especies, dominando la abundancia del abulón negro *H. cracherodii* (15%) y la lapa *L. gigantea* (3.5%). La clase Maxillopoda está representada solo por el balano *M. tintinnabulum* (<1%). En la U2, también domina un solo bivalvo, el mejillón *M. californianus* (56%). La riqueza de los gasterópodos es de 4 especies, dominando la abundancia el abulón negro *H. cracherodii* (37%) y la lapa *Lottia gigantea* (4%). La clase Maxillopoda cuenta con una sola especie el balano *M. tintinnabulum* (< al 1%). Aunque el patrón de dominancia de las especies es similar a la unidad anterior, en ésta *H. cracherodii* aumenta en proporción. En la U3 la riqueza de los bivalvos consta de 2 especies: *M. californianus* (67%) y *Pseudochama* spp. (0.1%). Los gasterópodos incluyen de 5 especies, dominando *H. cracherodii* (23%) y *L. gigantea* (5%). Y la clase los Maxillopoda consta de una sola especie *M. tintinnabulum* (2%).

8.2.3 Diversidad y Equitatividad

A lo largo de la estratigrafía de la **U1**, la diversidad fue baja y variable, con un valor mínimo de 0, por presentarse una sola especie (N3) y un máximo de 0.859 (N4). La equitatividad varió de 0.202 (N1) a 0.533 (N4), y solo en un estrato se obtuvo un valor alto de 0.999 (N5). Por lo tanto, en general los valores de diversidad fueron de bajos a intermedios en toda la sección estratigráfica (**Tabla 3.-**).

Tabla 3. Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U1**. Spr=superficie.

NIVEL	RIQUEZA (S)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD
SPR	6	0.634	0.354
1	7	0.393	0.202
2	5	0.819	0.508
3	1	0	0
4	5	0.859	0.533
5	2	0.692	0.999

La mayor abundancia de restos de moluscos a lo largo de la sección estratigráfica sucedió en N1 (53%) y la menor en N5 (3%). Las 2 especies más abundantes fueron *M. californianus* (79%) y *H. cracherodii* (15%).

La abundancia del bivalvo *M. californianus* aumenta del nivel 5 al 4 (de 2% a 8%) y desaparece en el nivel 3. Aparece nuevamente en el nivel 2 (13%), de donde aumenta a 55% en el nivel 1, y disminuye en la superficie a 12%. La abundancia del abulón negro *H. cracherodii* disminuye del nivel 5 al 4 (de 3% a 8%), en tanto que en el nivel 3 es la única especie observada (4%); hacia el nivel 2 aumenta a 7%, en el nivel 1 disminuye (< 1%) y en superficie presenta el 1 % de su abundancia (**Figura 14.-**).

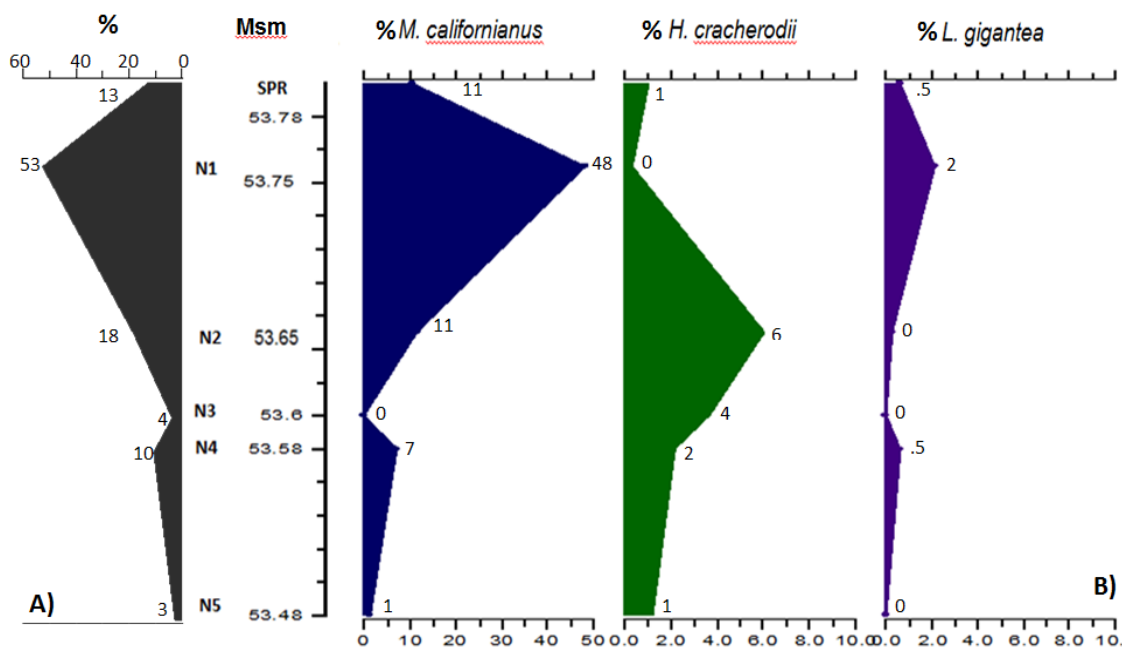


Figura 14.- Unidad 1. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 1; B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.

En la U2 los valores del índice de diversidad presentan una tendencia a aumentar desde N5 (0.506) hacia N1 (0.924), para luego disminuir en SPR (0.849). La equitatividad varía levemente con valores intermedios de 0.538 (N3) a 0.683 (N4) (**Tabla 4.-**).

Tabla 4.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la U2. Spr=superficie

NIVEL	RIQUEZA (S)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD
SPR	4	0.849	0.612
1	5	0.924	0.574
2	4	0.920	0.664
3	5	0.866	0.538
4	5	0.815	0.683
5	3	0.506	0.622

La mayor abundancia de remantes de moluscos a lo largo de la estratigrafía se concentran de N1 a N3 (28%, 23% y 28%, respectivamente). *M. californianus* y *H. cracherodii*, son las especies más abundantes. La abundancia de la primera especie aumenta de N5 a N1 (de <1% a 16%). Y hacia la superficie disminuye a 3%. Por su parte la abundancia de *H. cracherodii* aumenta N5 al N3 considerablemente (de 1% a 12%), disminuye a 8% en N2, aumenta en N1 a 10% y posteriormente disminuye a 1% en el estrato superficial (**Figura 15.-**).

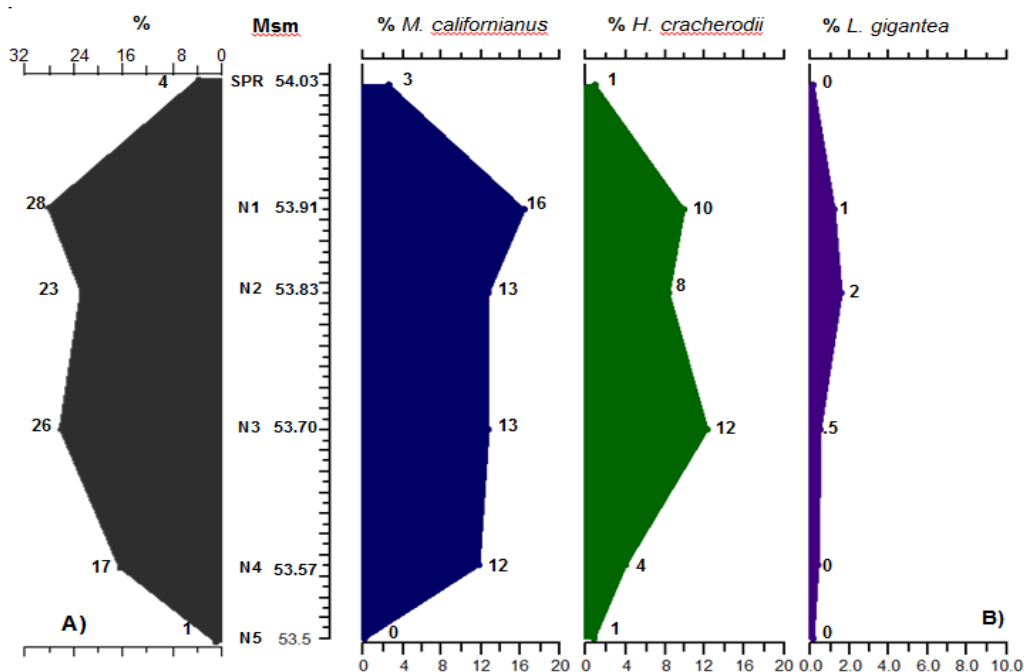


Figura 15.- Unidad 2. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 2. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MN. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.

En la **U3** el índice de diversidad aumenta del nivel más profundo hacia la superficie, de 0.648 (N5) a 1.244 (N1). La equitatividad varía de 0.407 (N4) a 0.773 (N1), (**Tabla 5.-**).

Tabla 5.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U3**

NIVEL	RIQUEZA (S)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD
1	5	1.244	0.773
2	5	0.938	0.582
3	6	0.908	0.507
4	7	0.792	0.407
5	3	0.648	0.590

En este caso la mayor abundancia de moluscos a lo largo de la estratigrafía se presenta entre los niveles 2 al 4 (25%, 34% y 25%, respectivamente). Las especies más abundantes continúan siendo *M. californianus* y *H. cracherodii*, y se comportan de la siguiente manera: La abundancia de *M. californianus* aumenta de N5 a N3 (4% a 29%), en N2 disminuye a 16% y en N1 a 5%. La abundancia de *H. cracherodii* aumenta de N5 a N3 (de 1% a 8%), en N2 disminuye a 7% y en N1 a 3% (**Figura 16.-**).

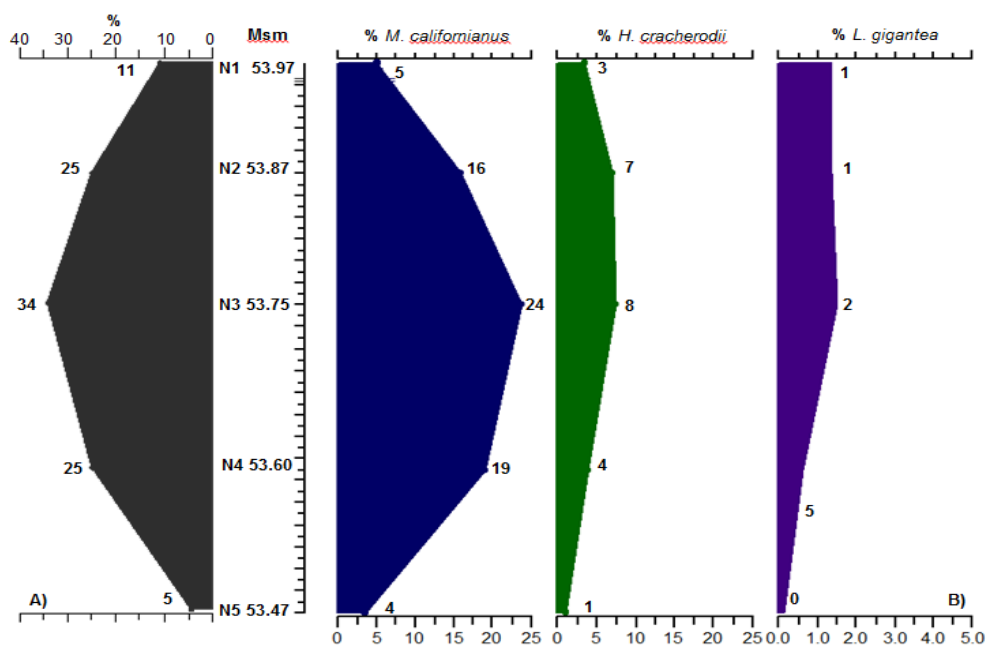


Figura 16.- Unidad 3. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 3. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.

8.3 Sitio C2

8.3.1 Estratigrafía arqueológica

La arqlga. María José Gómez (DSA), responsable de esta excavación, identificó VI capas estratigráficas. Estas aparecen en los dibujos de los perfiles estratigráficos de la U5, pero no se describen en el informe preliminar de actividades del “Salvamento arqueológico en el proyecto denominado Baja california III (La Jovita), Baja California” (Flores y Pérez, 2011). Sin embargo, en todas las capas aparecen restos de concha. En cada una de las unidades se identificaron un número diferente de niveles, que suponemos se debe a la geomorfología del terreno donde se ubica cada unidad. La U4 tiene 5 niveles con el nivel superficial a 30.05m.s.n.m. y el más profundo a 28.96 m.s.n.m. En la U5 se registraron 8 niveles, el superficial a 30.03 m.s.n.m. y el más profundo a 29.34 m.s.n.m. La U6 cuenta con 5 niveles, estando la superficie a 31.19 m.s.n.m. y el nivel más profundo a 30.80 m.s.n.m.

8.3.2 Riqueza Taxonómica

De la misma manera que en el sitio C1 se identificaron 3 clases de organismo: la bivalvia, la gasterópoda y la maxilopoda. En las U4 y U6 los gasterópodos son las más abundantes (54% y 47%), seguidos de los bivalvos (35% y 39%) y por último los maxilopodos (11% y 14%); en tanto que en U5 los bivalvos fueron más abundantes (58%), seguidos de los gasterópodos (26%) y por último los maxilopodos (17%). Las especies comunes en las 3 unidades fueron: *M. californianus*, *H. cracherodii*, *L. gigantea*, *T. funebris*, *T. emarginata* y *M. tintinnabulum* (Tabla 6.-).

Tabla 6.- Abundancia relativa de las especies de moluscos en U4, U5 Y U6 del sitio C2.

UNIDAD 4			UNIDAD 5			UNIDAD6		
Especie	Clase	%	Especie	Clase	%	Especie	Clase	%
<i>M. californianus</i>	Bivalvia	34	<i>M. californianus</i>	Bivalvo	58	<i>M. californianus</i>	Bivalvo	39
<i>Pseudochama</i>	Bivalvia	0.3	<i>L. gigantea</i>	Gasterópodo	8	<i>L. gigantea</i>	Gasterópodo	13
<i>L. gigantea</i>	Gasterópoda	26	<i>H. cracherodii</i>	Gasterópodo	6	<i>H. cracherodii</i>	Gasterópodo	17
<i>H. cracherodii</i>	Gasterópoda	24	<i>T. funebris</i>	Gasterópodo	11	<i>T. funebris</i>	Gasterópodo	15
<i>T. funebris</i>	Gasterópoda	4	<i>T. emarginata</i>	Gasterópodo	0.7	<i>T. emarginata</i>	Gasterópodo	0.6
<i>T. emarginata</i>	Gasterópoda	0.3	<i>F. vulcanum</i>	Gasterópodo	0.1	<i>F. vulcanum</i>	Gasterópodo	0.4
<i>M. tintinnabulum</i>	Maxilopoda	11	<i>C. comus</i>	Gasterópodo	0.1	<i>C. comus</i>	Gasterópodo	0.1
			<i>C. strigatella</i>	Gasterópodo	0.2	<i>C. spadicea</i>	Gasterópodo	0.1
			<i>A. inculta</i>	Gasterópodo	0.08	<i>M. tintinnabulum</i>	Maxilopoda	14
			<i>M. tintinnabulum</i>	Maxilopoda	17			

En **U4** los gasterópodos se componen de 4 especies dominando la abundancia de la lapa *L. gigantea* (26%) y el abulón negro *H. cracherodii* (24%). Los bivalvos están conformados por 2 especies, siendo la abundancia de mejillón *M. californianus* (34%) la dominante. Los maxillopodos constan de una sola especie, el balano *M. tintinnabulum* (11%). En **U5** la riqueza de los bivalvos incluye una sola especie *M. californianus* (58%). Los gasterópodos se conforman de ocho especies, siendo la abundancia de *T. funebris* (11%) y *L. gigantea* (8%) las dominantes. La maxillopoda cuenta con una sola especie *M. tintinnabulum* (17%). Y en **U6** los gasterópodos se componen de 7 especies, siendo la abundancia de *H. cracherodii* (17%) dominante, seguida de *T. funebris* (15%) y *L. gigantea* (13%). Los bivalvos constan de una especie *M. californianus* (39%). Los maxillopodos cuentan de una especie (*M. tintinnabulum*; 14% de la abundancia).

8.3.3 Diversidad y Equitatividad

En **U4** el índice de diversidad presentó valores altos que variaron entre 1.339 y 1.542; del mismo modo la equitatividad presentó valores altos de entre 0.792 y 0.965. Lo anterior indica que la distribución de las especies entre el total de individuos analizados presenta una alta homogeneidad (**Tabla 7.-**).

Tabla 7.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U4**.

NIVEL	RIQUEZA (S)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD
1	7	1.542	0.792
2	5	1.369	0.850
3	5	1.453	0.902
4	5	1.349	0.837
5	4	1.339	0.965

La mayor abundancia de restos de moluscos en U4 sucede en N3 (45%) y la menor en N5 (9%). Las 3 especies más abundantes fueron: *M. californianus* (34%), *H. cracherodi* (26%) y *L. gigantea* (24%); y se comportan de la siguiente manera:

La abundancia de *M. californianus* aumenta de N5 a N3 (de 3.2% a 12.7%, respectivamente) y disminuye de N2 a N1 (de 7.8% a 5.8%). La abundancia de *H. cracherodi* es baja en N5 y N4 (2.6% y 2.3, respectivamente), aumenta en N3 (11.5%) y disminuye de N2 a N1 (de 5.2% a 2.3%). La abundancia de *L. gigantea* es de 1.4% en N5, aumenta de N4 a N3 (de 2.3% a 13.5%) y disminuye de N2 a N1 (de 6.3% a 2.6%) (**Figura 17.-**).

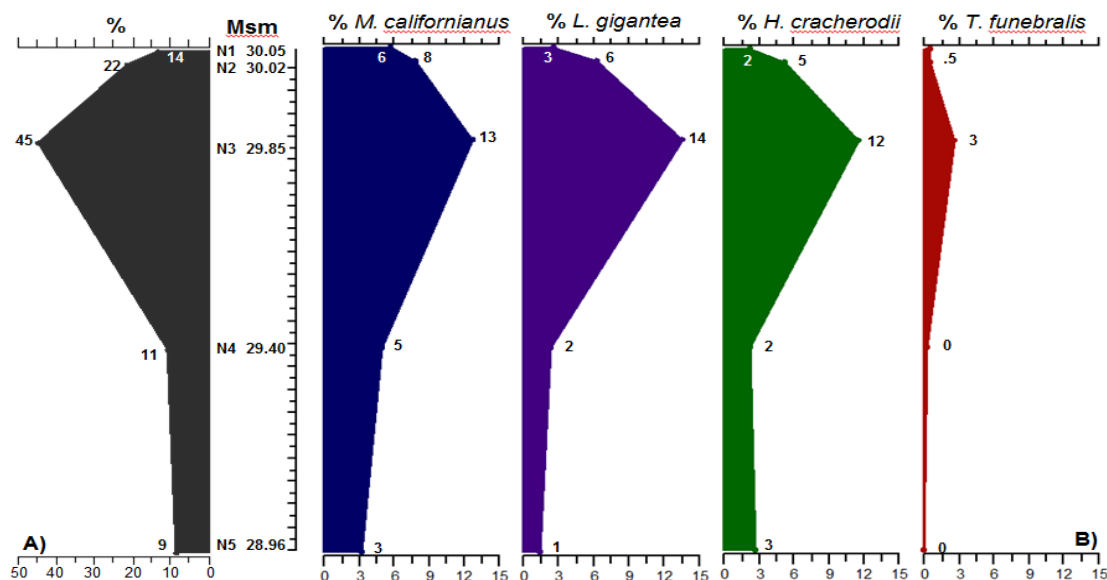


Figura 17.- Unidad 4. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 4. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.

En U5 el índice de diversidad varió entre 1.06 y 1.27 y la equitatividad entre 0.524 y 0.792, indicando así que la muestra presentó una alta diversidad (Tabla 8.-).

Tabla 8.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la U5. Spr= superficie.

CAPA	RIQUEZA (S)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD
SPR	6	1.25	0.697
N1	5	1.069	0.664
N2	6	1.352	0.754
N3	6	1.235	0.689
N4	10	1.208	0.524
N5	5	1.276	0.792
N6	10	1.29	0.560
N7	6	1.289	0.719

En U5 la mayor abundancia de restos de moluscos sucede en N5 (27%) y N6 (26%) y la menor en N1 y N2 (2%). Fueron 4 las especies más abundantes: *M. californianus* (58%), *T. Funebris* (11%), *L. gigantea* (8%) y *H. cracherodii* (6%) y se comportan de la siguiente manera:

La abundancia de *M. californianus* aumenta de N7 a N5 (2.1%, 14.7% y 15.2%, respectivamente), disminuye de N4 a N1 (12.9%, 6.2%, 1.2% y 1.6%, respectivamente) y aumenta en SPR (3.8%). La abundancia de *T. Funebris* aumenta de N7 a N5 (< 1%, 2.4% y 3.3%, respectivamente), disminuye de N4 a N3 (de 1.9 a 1.3) y en N2, N1 y SPR es < 1%. La abundancia de *L. gigantea* aumenta de N7 a N4

(<1%, 1%, 2% y 3%, respectivamente) y disminuye de N3 (3%) a SPR (<1%). La abundancia de *H. cracherodii* aumenta de N7 a N5 (>1%, 1.8% y 2.7%), disminuye de N4 a SPR con un porcentaje homogénea <1%. Haciéndose notable que se comporta de manera similar a la especie anterior (**Figura 18.-**).

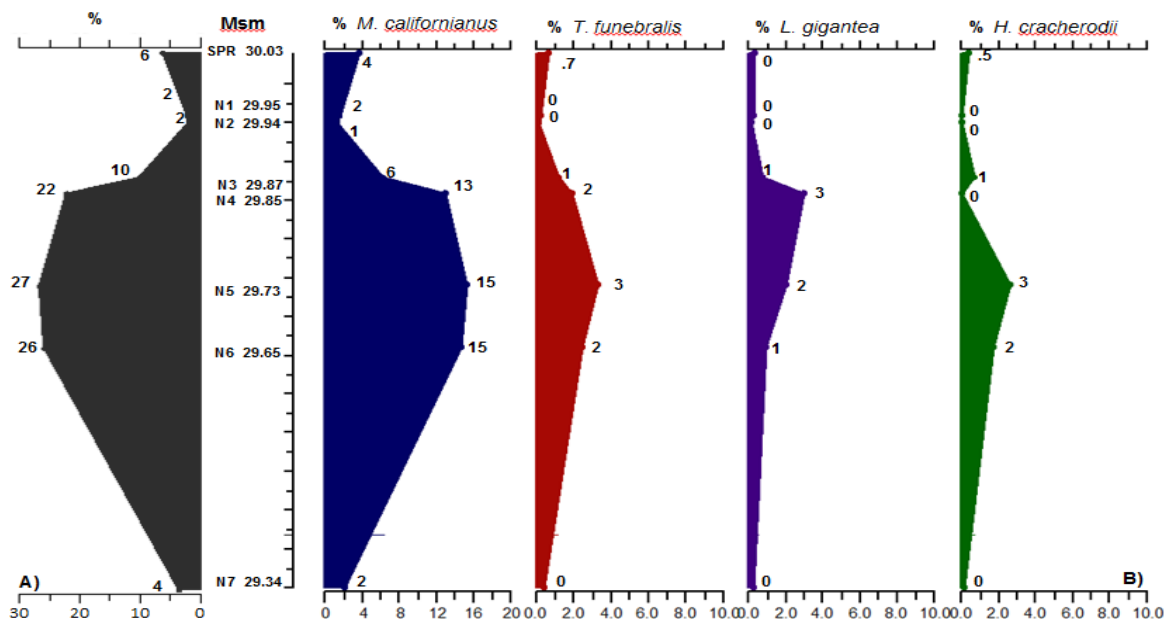


Figura 18.- Unidad 5. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 5. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.

En **U6** el índice de diversidad varió entre 1.273 y 1.615. La equitatividad varió entre 0.918 y 0.776. Lo anterior sugiere que la distribución entre las especies identificadas es relativamente uniforme a lo largo de la estratigrafía (**Tabla 9.-**).

Tabla 9.- Riqueza(S), Índices de Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la **U6**. Spr= superficie.

CAPA	RIQUEZA (S)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD
SPR	7	1.602	0.8231
N1	6	1.321	0.7375
N2	8	1.615	0.7768
N3	8	1.549	0.7448
N4	4	1.273	0.9183

La mayor abundancia de restos de moluscos en U6 es en N3 (45%) y la menor en N5 (1%). De la misma manera que la unidad anterior existen 4 especies abundantes: *M. californinaus* (39%), *H. cracherodii* (17%), *T. funebris* (15%) y *L. gigantea* (13%). Y se comportan de la siguiente manera:

La abundancia de *M. californinaus* aumenta de N4 a N3 (de 0.5% a 16.9%) y en N2 disminuye hacia SPR (11.4%, 7.7% y 2.9%). La abundancia de *H. cracherodii* aumenta de N4 a N2 (<1%, 9.6% y 6%, respectivamente) y disminuye en N1 y SPR a <1%. La especie *T. funebris* está ausente en N4, aparece en N3 con una abundancia de 5% que aumenta en N2 (5.6%) y disminuye de N1 a SPR (de 3.9% a 0.9%). La abundancia de *L. gigantea* aumenta de N4 a N3 (de <1% a 6.6), disminuye de N2 a N1 (de 4.1% a <1%) y en SPR aumenta (1.3%) (**Figura.- 19**).

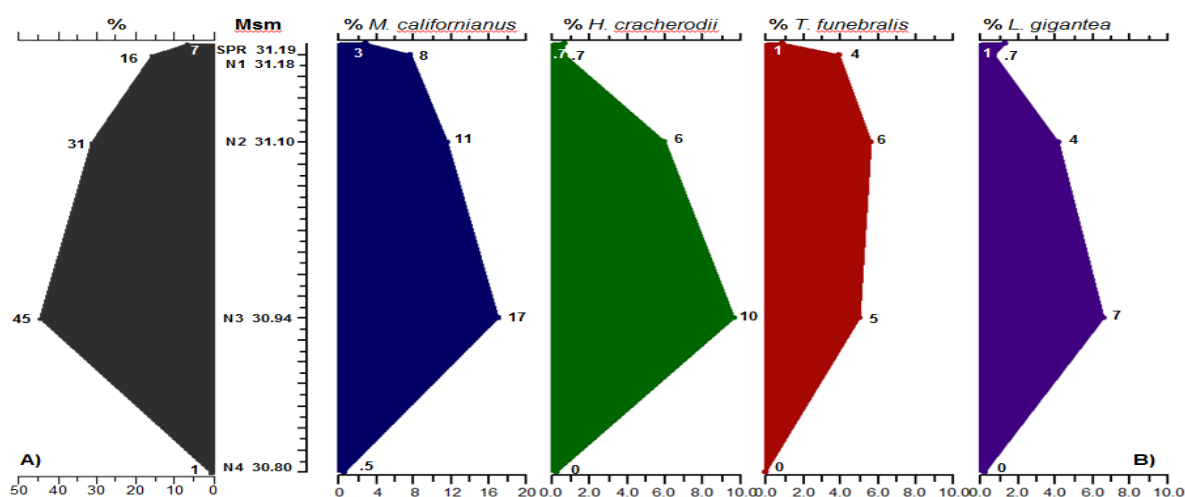


Figura 19.- Unidad 6. A) Abundancia de moluscos por niveles estratigráficos (%), en base al MNI de la unidad 6. B) Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies abundantes, en base al MNI. N=Nivel, SPR=Superficie y Msm=metros sobre el nivel del mar.

Cabe mencionar que este sitio el balano *M. tintinnabulum* tuvo una alta abundancia en las 3 unidades, cuyo total por unidad fue de 11%(U1), 17%(U2) y 14%(U3). Siendo que el análisis se basa en especies que contribuyeron a la dieta humana, a esta especie se le atribuye un carácter ecológico que se tratará en las discusiones.

8.4 Análisis de las tallas

8.4.1 Sitio CI

El análisis de las tallas se realizó sobre las especies más abundantes: *M. californianus* y *H. cracherodii*. Ambas presentaron un alto grado de fragmentación, con pocos especímenes completos, por lo que fue necesario realizar la mayoría de las mediciones por extrapolación. Para ello se colectaron ejemplares del medio natural en un rango de tallas de juvenil hasta adulto para utilizarlos como modelos comparativos. Los datos se presentan en la Tabla I y III del Anexo.

A lo largo de la estratigrafía de **U1** la talla de *M. californianus* tuvo un intervalo entre 1.20cm a 13.97 cm, con una moda entre 4.27cm y 5.33cm. En N1 se presentó la mayor abundancia con una talla mínima de 1.96cm, máxima de 13.97cm, y moda de 5.33cm. En tanto que en N5 sucedió la menor abundancia, la talla mínima disminuyó a 1.20cm, la máxima a 5.70cm y la moda de 1.25cm (Figura.-)

En **U2** la talla tuvo un intervalo entre 2.16cm a 13.63cm y, la moda entre 4.32cm a 5.33cm. La mayor abundancia ocurrió en los niveles N2 y N3, donde la talla mínima fue de 2.16cm y 2.54cm, la máxima de 10.00cm y 13.46cm y la moda de 5.33cm y 4.32cm. La menor abundancia ocurrió en N5 con un solo ejemplar.

En **U3** la talla tuvo un intervalo de 1.52cm y 13.64cm; con una moda entre 4.30cm y 5.8cm. En N1 existió la mayor abundancia, con una talla mínima de 2.79cm, máxima de 13.24cm y moda de 4.30 cm. Por otro lado, N5 presentó la menor abundancia, talla mínima de 2.79cm, máxima de 12.70cm y, moda de 5.80cm (**Figura 20.-**).

En *H. cracherodii* la abundancia es más variable entre las diferentes unidades de excavaciones. Es notable que en N3 de las unidades del sitio C1 (U1, U2 y U3) el intervalo de la talla incrementa a medidas grandes.

En **U1** la mayor abundancia ocurrió en N2; las tallas tuvieron un intervalo de 3.50cm a 9.27cm y moda de 3.50cm. En N1 se presentó la menor abundancia y las tallas más pequeñas de la sección estratigráfica con un intervalo de 1.40cm a 1.90cm.

En **U2** la mayor abundancia sucedió en N3, la talla mínima fue de 2.90cm, máxima de 13.46cm y moda de 2.90cm. La menor abundancia ocurrió en SPR y en N5 donde la talla mínima fue de 2.54cm y 2.90cm, la máxima de 5.00 cm y 12.00cm, respectivamente y la moda fue de 6.9cm en ambas.

En **U3** la mayor abundancia ocurre en N3, donde las tallas tuvieron un intervalo 1.00cm a 19.00cm y moda de 2.90cm. La menor abundancia se observa en N5, la talla mínima es de 2.90cm, máxima de 8.30cm y moda de 2.90cm (**Figura 21.-**).

Figura 20.- Histogramas de frecuencia de tallas por unidad y en orden estratigráfico de *M. californianus*, Sitio C1.

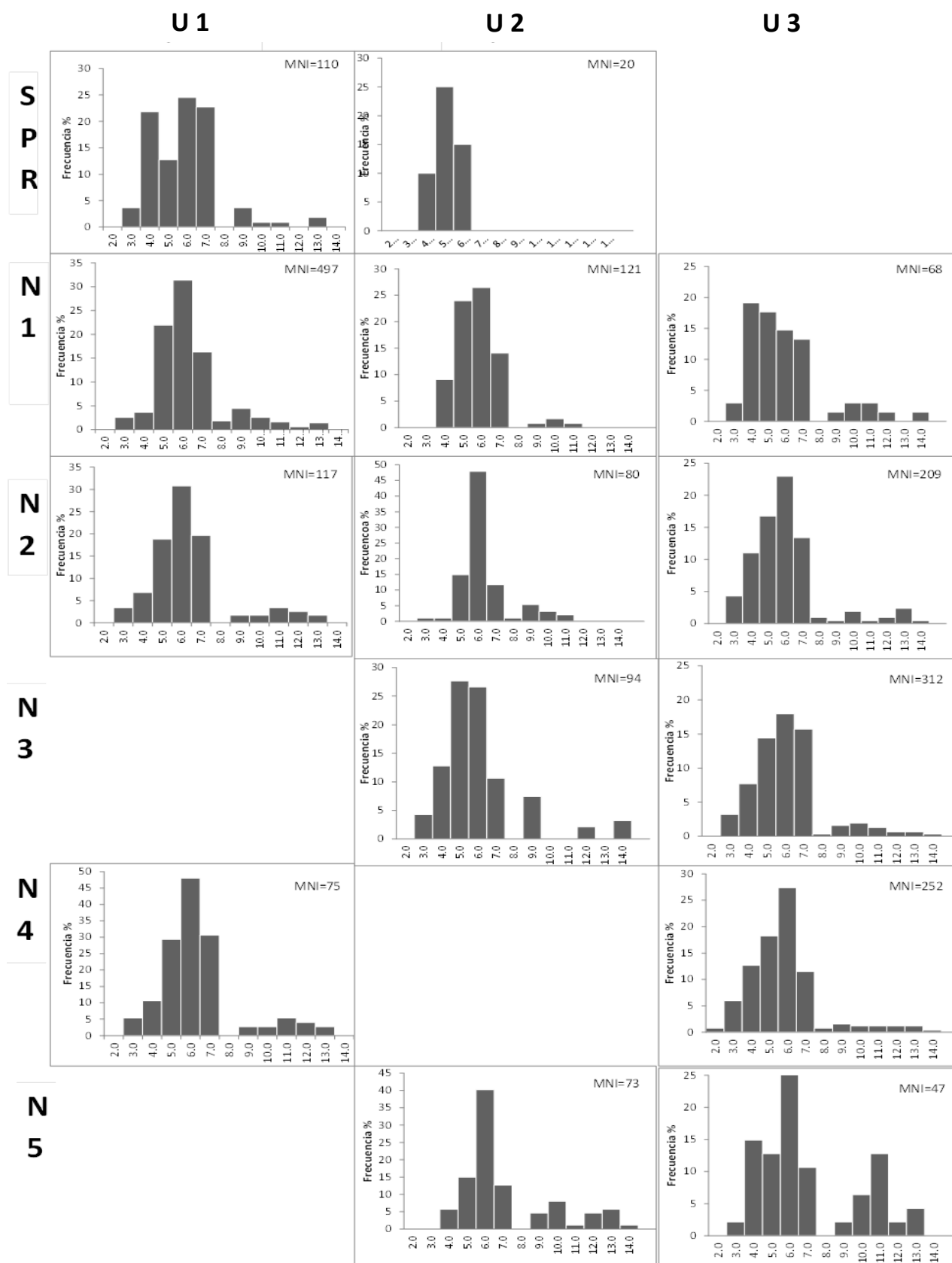
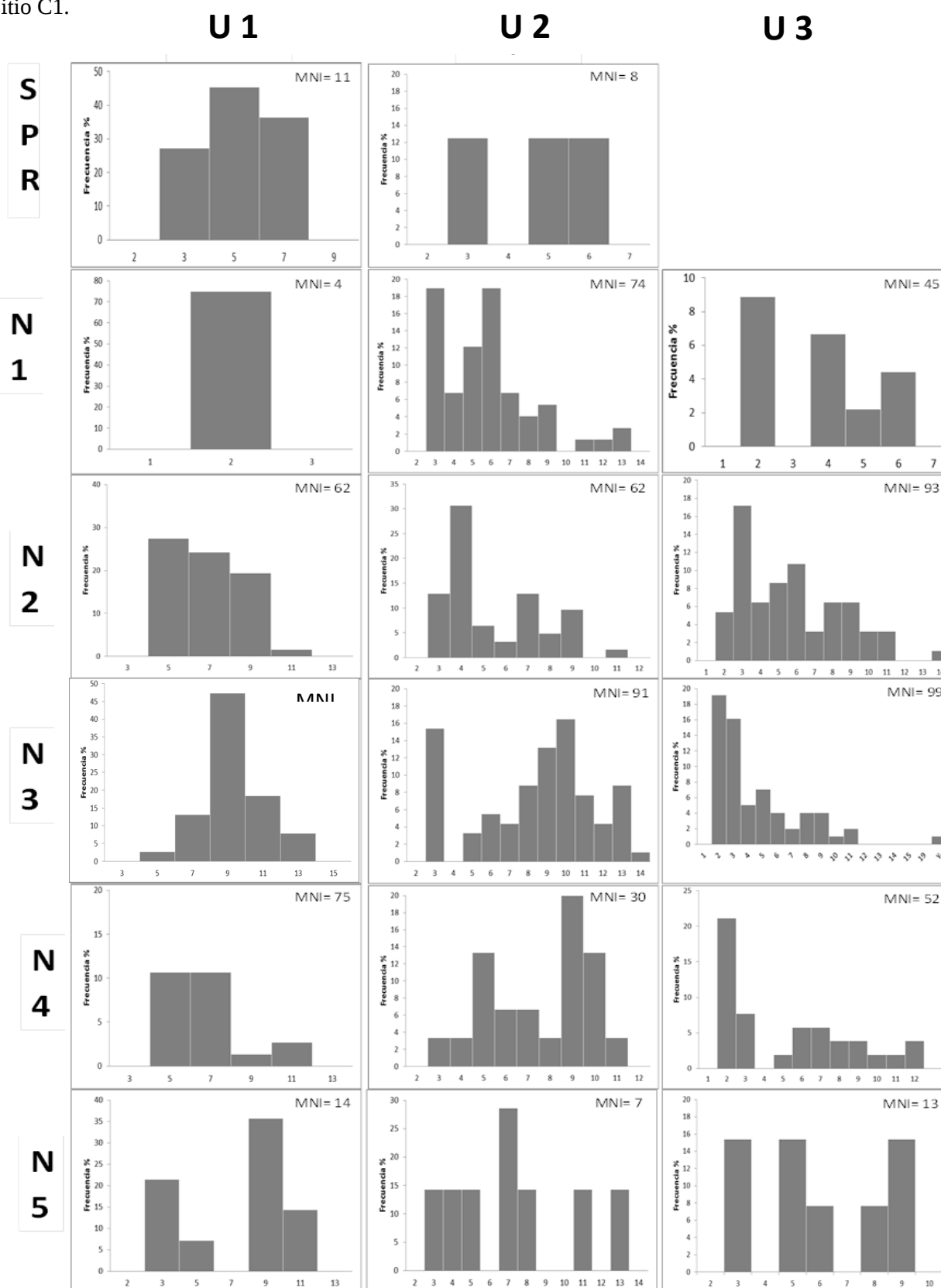


Figura 21.- Histogramas de frecuencia de tallas por unidad y en orden estratigráfico de *H. cracherodii*, Sitio C1.



8.4.2 Sitio C2

Al igual que en el sitio C1, el análisis de talla en este sitio se realizó sobre las especies más abundantes (*M. californianus*, *H. cracherodii*, *L. gigantea* y *T. funebris*). En todas las especies el estado de fragmentación varió, por lo que la medición se realizó por extrapolación y utilizando un vernier. Al figurar *T. funebris* y *L. gigantea* como especies abundantes en este sitio también se analizaron sus tallas, pero sólo las de U5 pues la mayoría de los individuos proveniente de esta unidad pudieron medirse.

La talla de *M. californianus* en **U4** tuvo un intervalo de 2.70cm a 11.50cm y una moda 4.30cm y 5.30cm. En N3 ocurrió la mayor abundancia, la talla mínima fue de 2.70cm, la máxima de 11.30cm y la moda de 5.33cm; mientras que la menor abundancia sucedió en N5 con una talla mínima de 3.40cm, máxima de 11.30 y la moda de 5.33cm. En **U5** las tallas tuvieron un intervalo de 1.25cm a 13.60cm y una moda de 3.17cm a 5.15cm. La mayor abundancia sucedió en N5, donde la talla mínima fue de 1.25cm, máxima de 12.70cm y moda de 3.17cm. En N2 ocurrió la menor abundancia, la talla mínima fue de 3.00cm, máxima de 11.00cm y moda de 5.00cm. En **U6** la talla tuvo un intervalo de 0.77cm a 13.63cm, y la moda se ubicó entre 3.17cm y 5.33cm. La mayor abundancia ocurrió en N3 donde la talla mínima fue de 2.70cm, la máxima de 11.55cm y la moda de 5.15cm. En N4 sucedió la menor concentración con tan solo 4 individuos, la talla mínima fue 6.45cm y máxima 6.70cm. A diferencia del sitio anterior no se observa una distribución bimodal (**Figura 22.-**).

En **U4** la talla de *H. cracherodii* tuvo un intervalo de 3.03cm a 8.71cm y moda de 3.50cm a 5.58cm. En N3 sucedió la mayor abundancia, con una talla mínima de 3.03cm, máxima de 8.71cm y moda de 5.08cm. La menor abundancia ocurrió en N1 y N4. En N1 la talla mínima es de 3cm y la máxima de 4.00cm, en N4 la talla mínima fue de 3.30cm, la máxima de 5.90cm y la moda de 3.60cm. En **U5** la talla mínima tuvo un intervalo de 1.90cm a 11.43cm y una moda de 2.50cm a 5.00cm. En general la abundancia de esta especie en esta unidad es baja. La mayor proporción sucedió en N5, la talla mínima fue de 1.90cm, la máxima de 11.43cm y la moda de 5.00cm. En **U6** la talla tuvo un intervalo de 1.30cm a 11.43cm y la moda de 2.50cm a 4.50cm. De la misma manera que en la unidad anterior, la abundancia es baja. La mayor proporción ocurrió en N3 la talla mínima fue de 1.30cm, la máxima de 9.90cm y, la moda de 4.50cm (**Figura 23.-**).

Figura 22.- Histogramas de frecuencia de tallas por unidad y en orden estratigráfico de *M. californianus*, Sitio C2.

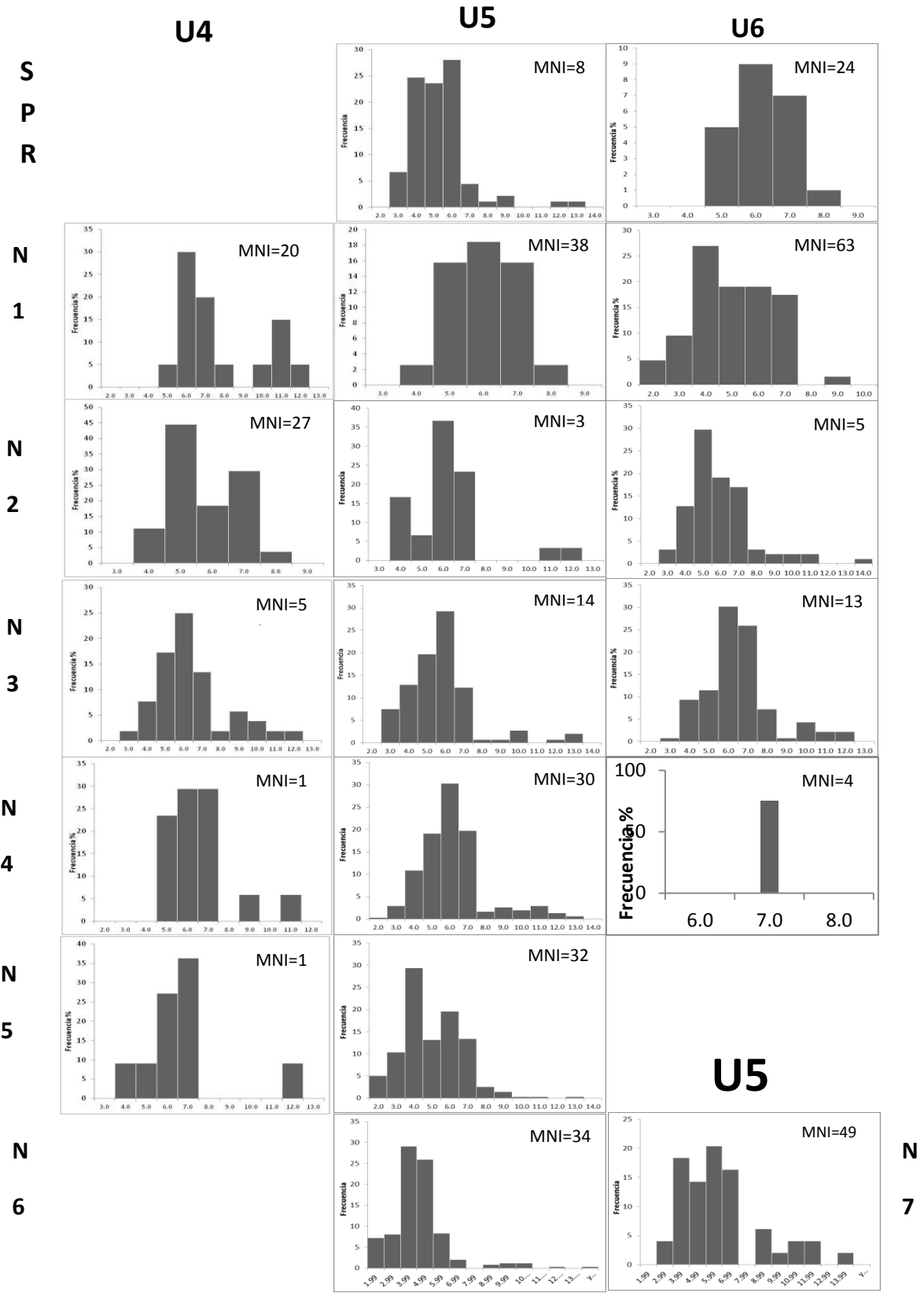
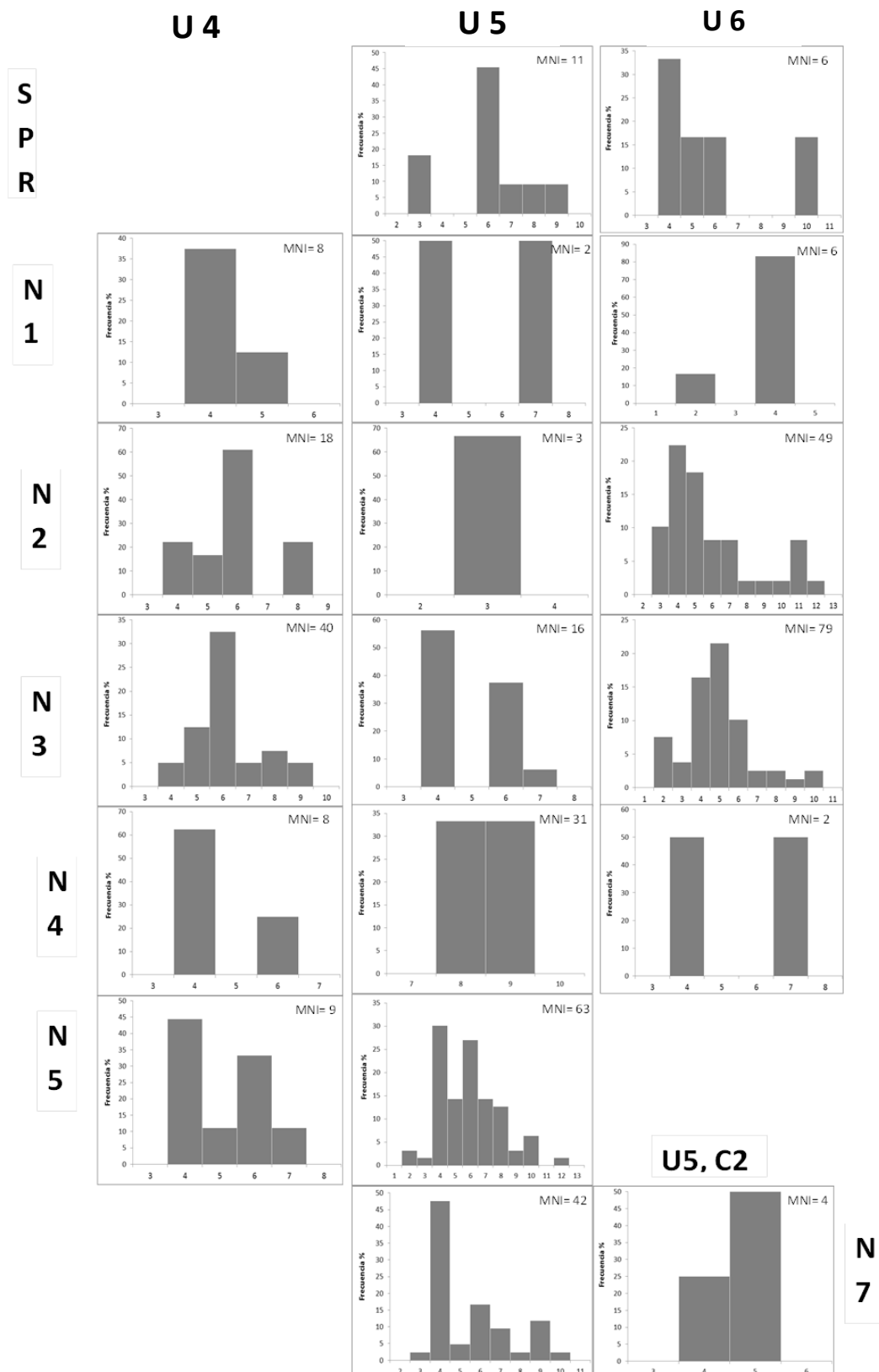


Figura 23.- Histogramas de frecuencia de tallas por unidad y en orden estratigráfico de *H. cracherodii*, Sitio C2.



En U5 la talla de *L. gigantea* tuvo un intervalo de 1.28cm a 5.60cm y una moda de 3.00cm a 4cm. La mayor abundancia ocurrió en N4, donde la talla mínima fue de 3.10cm, la máxima de 5.12cm y la moda de 3.90cm. La menor abundancia ocurrió en N2 con una talla mínima de 3.60cm, máxima de 4.00cm y moda de 3.60cm (**Figura 24.-**).

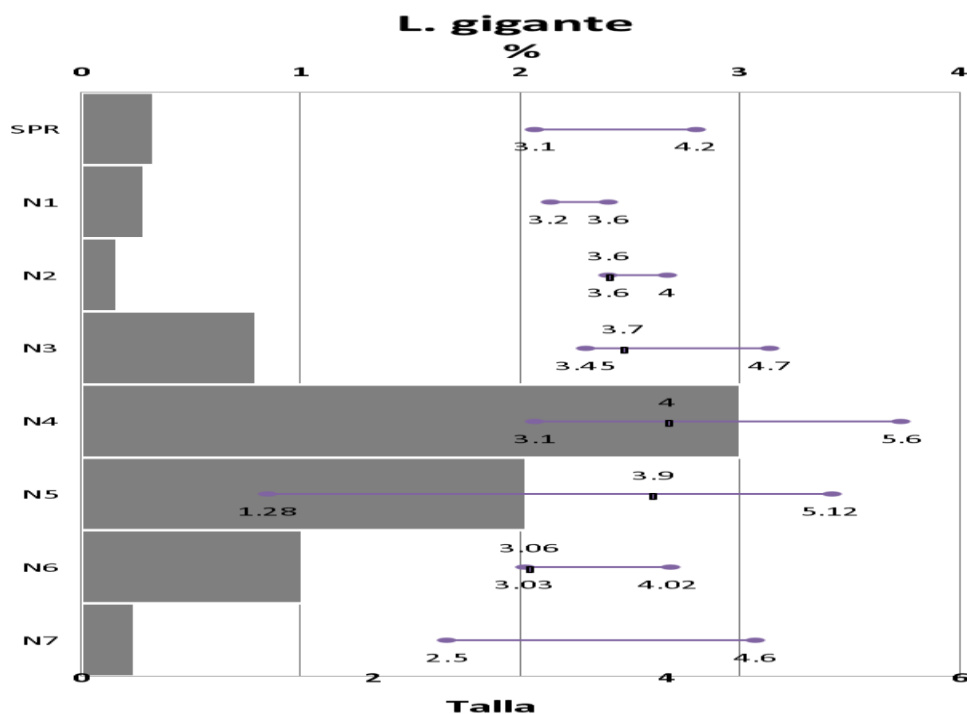


Figura 24.- % de Abundancia, talla mínima, máxima y moda de *L.gigantea* en cada nivel de U5, Sitio C2.

En U5 la talla de *T. funebris* tuvo un intervalo de 0.50cm a 1.80cm y, la moda entre 0.90cm y 1.20cm. La mayor abundancia sucedió en N5, donde la talla mínima fue de 0.50cm, máxima de 1.60cm y moda de 0.90cm. En N2 ocurrió la menor abundancia, su talla mínima fue de 0.90cm, máxima de 1.20cm y moda de 0.90cm (**Figura 25.-**).

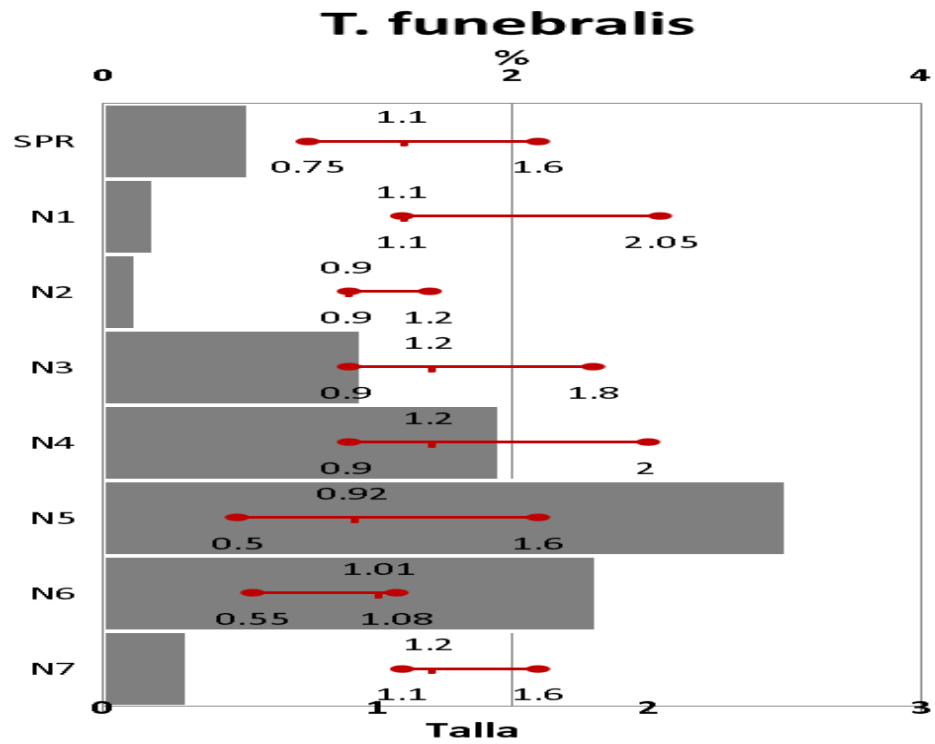


Figura 25.- % de abundancia, talla mínima, máxima y moda de *T. funebris*

8.5 Análisis tafonómico

8.5.1 Sitio C1: desarticulación

Tanto en el sitio C1 como en el C2 la desarticulación se analizó solo en el mejillón *M. californianus*, por ser el bivalvo más abundante. En C1 la razón de valvas derechas e izquierdas varió levemente entre los niveles de cada unidad. En U1 el valor mínimo fue de 0.84 y máximo de 0.93; en U2 el valor mínimo fue de 0.79 y el máximo de 0.93; y en U3 el valor mínimo fue de 0.79, y el máximo de 0.98. El promedio general de la razón de valvas de las tres unidades fue de 0.85 a 0.91 (**Tabla 10.-**).

Tabla 10.- Razón de valvas por nivel de cada unidad y promedio de los niveles de cada unidad.

	SUPERCIE	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	PROMEDIO
UNIDAD 1	0.84	0.94	0.94	-	0.88	0.93	0.91
UNIDAD 2	0.80	0.88	0.79	0.93	0.84	-	0.85
UNIDAD 3	-	0.81	0.98	0.87	0.80	0.79	0.85

8.5.1.1 Sitio C1: estados de conservación *M. californianus*.

Al igual que el análisis de razón de valvas, el análisis del estado de conservación se realizó exclusivamente en *M. californianus*. En general, en C1 el descortezado es mayormente alto, presentándose solo valores intermedios en los niveles SPR, N1 y N2 de la unidad 2 y un valor intermedio bajo-alto en N5 de U3. La incrustación es mayormente alta para la U3, excepto en N1, donde es intermedio bajo-alto, En U1 es N1 y N2 bajo-alto; mientras que SPR, N4 y N5 son intermedios bajo-alto; para la unidad 2 es intermedia en N3 y N4, y baja en N1 y N2. La fragmentación en general es alta en todos los niveles, con la única excepción de N1 de la unidad 2, donde tiende a ser baja-alto (**Figura 26.-**).

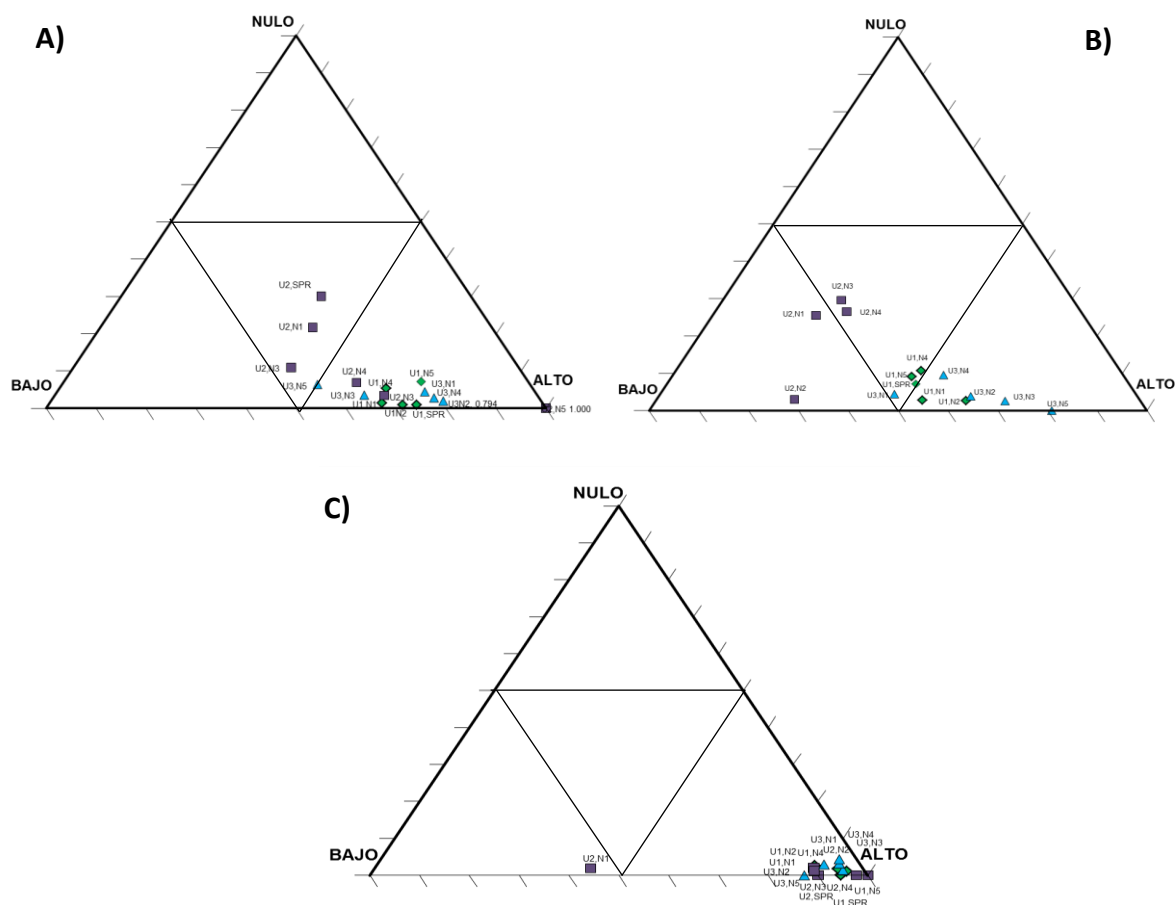


Figura 26.- Tafogramas de *M. californianus* en el sitio C1. A) Descortezado, B) Incrustación y C) Fragmentación. U1=rombo; U2=cuadrado; U3=triángulo. U=unidad y N=nivel.

8.5.2 Sitio C2: desarticulación

En el sitio C2 la razón de valvas derechas e izquierdas del mejillón *M. californianus* fue más variable entre los niveles de cada unidad que en el sitio C1. En U4 el valor mínimo fue de 0.65 y máximo de 0.91; en U5 el valor mínimo fue de 0.45 y el máximo de 0.98; y en U6 el valor mínimo fue de 0.50, y el máximo de 0.92 (**Tabla 11.-**). El promedio general de la razón de valvas de las tres unidades osciló entre 0.76 y 0.86.

Tabla 11.- Valor de la razón de valvas en el sitio C2 por nivel de cada unidad y promedio de los niveles de cada unidad.

	SUPERFICIE	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7	PROMEDIO
UNIDAD 4	-	0.70	0.85	0.85	0.65	0.91	-	-	0.79
UNIDAD 5	0.87	0.45	0.90	0.92	0.88	0.98	0.95	0.94	0.86
UNIDAD 6	0.50	0.84	0.80	0.92	0.75	-	-	-	0.76

8.5.2.1 Sitio C2: estados de conservación *M. californianus*.

En los estados de conservación del sitio C2, en general la tendencia del descortezado es alta. Solo en N2, N3, y SPR de U6, así como U4 N4 existe una tendencia a ser bajo-alto, con valores intermedios entre bajo y alto. En el caso de la incrustación la tendencia general es hacia un estado bajo de este rasgo, con algunos valores intermedios entre bajo-alto, y solo un caso (N4, U6) con un nivel alto de incrustación. Por su parte el estado de fragmentación tiende a ser muy alto, con valores intermedios bajo-alto en U4 N4 y U5 N6, y solo un caso con una fragmentación baja-alta en U4 N2 (Figura 27.-).

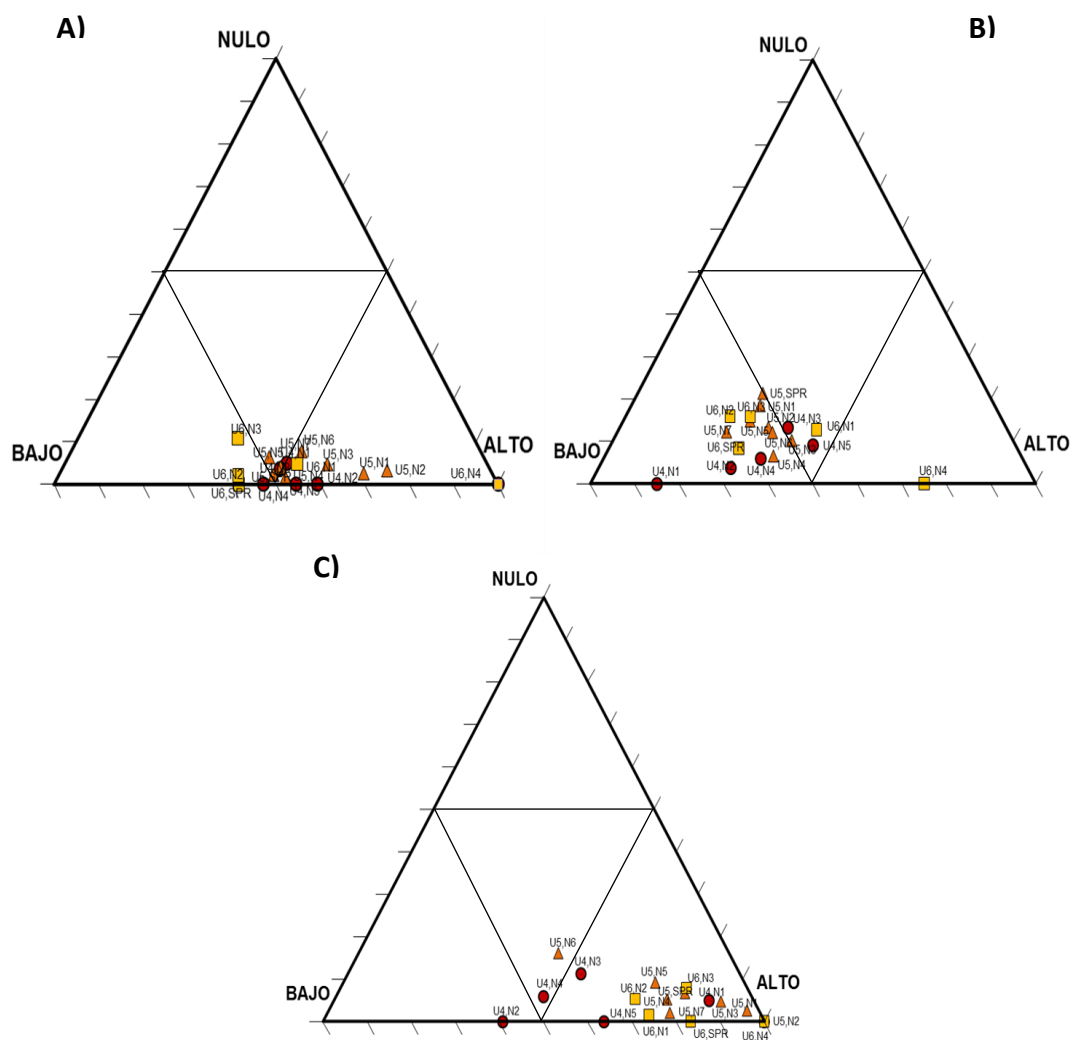


Figura 27.- Tafogramas de *M. californianus* en el sitio C2. A) Descortezado, B) Incrustación y C) Fragmentación. U4=círculo; U5=triángulo; y U6=cuadrado. U=unidad y N=nivel.

De manera general en los dos sitios se observa que los organismos incrustantes fungen como fauna acompañante, como el balano *M. tintinabulum*, de los cuales se observó su huella sobre algunas conchas de lapa, abulón y mejillón, así como varios ejemplares en las muestras. Además se identificaron organismos incrustantes como algas calcáreas, esponjas y serpulidos (**Figura 28.-**). Por otro lados los resultados generales del estado de conservación en el mejillón indican que no se utilizaron herramientas para la apertura de los mejillones, siendo la fragmentación el rasgo con el estado más alto en los dos sitios es posible que la extracción haya sucedido por percusión o por calentamiento indirecto, pues aunque no se evaluó el rasgo de carbonificación en este estudio, se observaron algunos especímenes con esta característica.

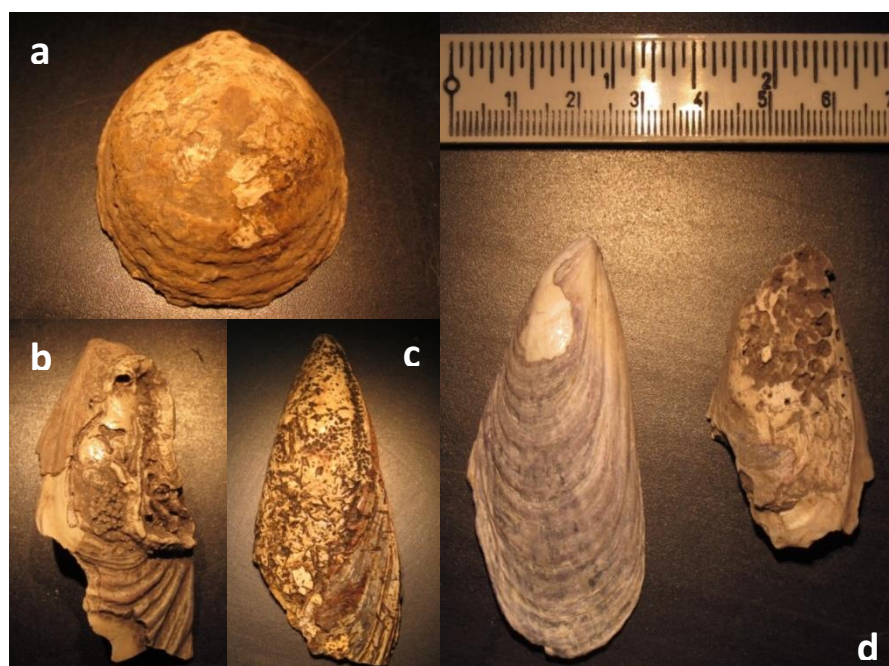


Figura 28.- Ejemplos de rasgos tafonómicos **a)** *L. gigantea*: completa, descortezado alto e incrustación de algas calcáreas y huella de balano; **b)** *M. californianus*: incrustación de serpulidos; **c)** *M. californianus*: alto descortezado e incrustación por esponja y algas calcáreas; y **d)** *M. californianus*: a la izquierda valva completa sin incrustación y bajo descortezado, a la derecha alto grado de fragmentación, descortezado

8.6 Isótopos estables de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$)

Los valores de $\delta^{18}\text{O}_{M. californianus}$ obtenidos de 22 muestras, provenientes de 5 niveles estratigráficos de U5 del sitio C1, tuvieron un intervalo de -0.10‰ a 1.46‰ (V-PDB) y un promedio general de 0.70‰ . Según la ecuación (basada en alfa) de Ford et al. (2010) dicho intervalo corresponde a una temperatura estimada de entre $\sim 13^\circ$ a 21°C y un promedio de $\sim 17^\circ\text{C}$. El cálculo de la ecuación cuadrática desarrollada para calcita de Horibe y Oba (1972) indicó una temperatura estimada de entre $\sim 8^\circ$ a 14°C y un promedio de $\sim 11^\circ\text{C}$ y la ecuación de Epstein y Mayeda (1953) la temperatura estimada fue de entre $\sim 9^\circ$ a 14°C y un promedio de $\sim 12^\circ\text{C}$.

Tabla 12.- Valores de $\delta^{18}\text{O}_{M. californianus}$ (VPDB) de la unidad 5 por nivel estratigráfico, las temperaturas estimadas en $^\circ\text{C}$ según la ecuación de Ford et al. (2010), Horibe y Oba (1972) y Epstein y Mayeda (1953). Considerando un valor de $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ de -0.29‰ .
SPR= Superficie

NIVEL	$\delta^{18}\text{O}$ VPDB	T $^\circ\text{C}$ Ford et al. (2010)	T $^\circ\text{C}$ Horibe y Oba (1972)	T $^\circ\text{C}$ Epstein y Mayeda (1953)
SPR 1	0.85	17	11	11
SPR 2	0.47	18	12	13
SPR 3	0.42	18	12	13
SPR 4	0.82	16	11	11
N3 1	0.71	17	11	12
N3 2	1.41	14	9	9
N3 3	0.46	18	12	13
N3 4	0.57	17	12	12
N4 1	0.63	17	12	12
N4 2	0.78	16	11	11
N4 3	0.63	17	12	12
N4 4	0.68	17	11	12
N5 1	0.06	20	14	14
N5 2	0.88	16	11	11
N5 3	1.46	13	8	9
N5 4	1.10	15	10	10
N6 1	0.98	16	10	11
N6 2	0.47	18	12	13
N7 1	-0.10	21	14	15
N7 2	0.26	19	13	14
N7 3	1.25	14	9	10

La menor variabilidad en los valores de $\delta^{18}\text{O}$ se obtuvieron en SPR (0.42-0.85 ‰), N4 (0.63-0.78 ‰), y N6 (0.47-0.98 ‰), en tanto que en los niveles N3, N5, y N7 la variabilidad fue mayor (0.46-1.41, 0.06-1.46, y -0.10-1.25 ‰ respectivamente). Estas diferencias, aun cuando no son muy grandes, tienen implicaciones importantes considerando que en términos de paleotemperatura un cambio de 0.2 ‰ corresponde a 1°C (Shackelton, 1973). El cálculo de la temperatura con la ecuación de Ford et al. (2010) indicó que la temperatura en SPR varía entre 16° y 18°C; en N3 entre 14° y 18°C; en N4 entre 16° y 18°C; en N5 entre 13° y 19°C; en N6 de 16° y 18°C; y en N7 de 14° a 21°C. (Tabla.- **Figura 29.-**), dichas temperaturas concuerdan con los registros de temperatura superficial del océano contemporáneas para nuestra región de estudio, donde la influencia de SCC genera temperaturas que oscilan entre 13° y 20°C (Peña, 2011).

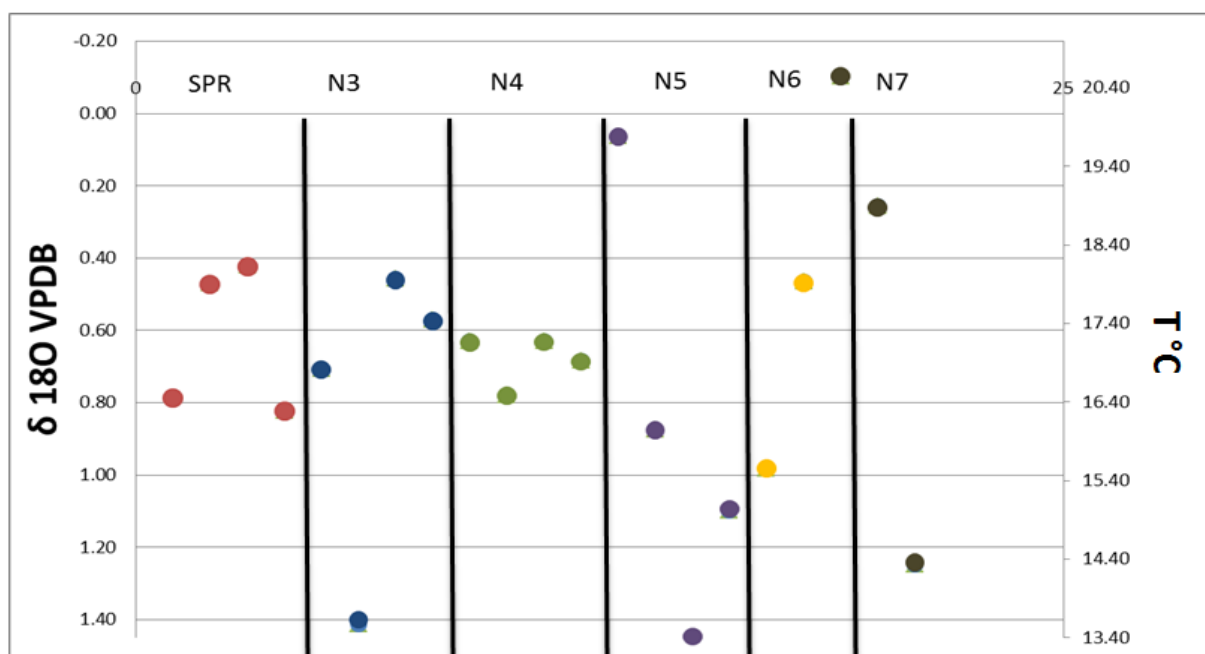


Figura 29.- Valores $\delta^{18}\text{O}$ (V-PDB) y temperatura estimada con base a la ecuación de Ford (2010), de los niveles estratigráficos muestreados en la U5, Sitio C2. SPR=Superficie y N=nivel.

Como anteriormente se mencionó, el intervalo de ocupación humana en la Jovita sucedió durante la transición del OCM y PEH, siendo PEH el período climático más reciente y el OCM el más tardío. A pesar de que la reconstrucción de la historia climática regional indica que sucedieron cambios importantes en la temperatura atmosférica durante estos períodos, con base en los resultados isotópicos no podemos afirmar que se vean reflejadas en el ambiente marino en el que murieron los especímenes recolectados por el hombre en la prehistoria tardía. Es importante considerar que el tamaño reducido de la muestra analizada en esta investigación puede llegar a ser una limitante en la interpretación paleoambiental. Sin embargo los

valores de $\delta^{18}\text{O}_{M. \text{ californianus}}$ obtenidos son útiles para interpretar acerca del patrón de explotación antropogénica sobre los moluscos.

9. DISCUSIÓN

9.1 Cronología y promediado temporal

Debido a que el concepto del promediado en el tiempo es una propiedad universal del registro geológico, es importante considerarlo al momento de interpretar variaciones espacio temporales, principalmente porque su significado depende de la escala de tiempo con la que estemos trabajando (Kowaleski, 1996). La evaluación de la escala temporal en este estudio partió del supuesto de que los sitios analizados, ubicados a escasa distancia uno del otro, pertenecieron a una misma época de ocupación humana y estratigráficamente fueron formados bajo el mismo ambiente sedimentario. Lo anterior lleva a proponer un modelo de edad basado en una tasa acumulación sedimentaria constante de 0.13cm por año, obtenida a partir de los fechados por radio carbono del nivel 3 y de nivel N7 de la unidad 5 del sitio C2: que se presenta a continuación:

Tabla 13.- Modelo de edad para la sección estratigráfica N3-N7 de U5, C2. M.s.n.m.= metros sobre el nivel del mar

Nivel	M.s.n.m	Edad
N3	29.87	1600
N4	29.85	1585
N5	29.73	1494
N6	29.65	1434
N7	29.34	1200

Es importante apuntar que al obtener una resolución temporal del orden de siglos se tiene la ventaja de disminuir el sesgo de un registro incompleto los eventos pasados que representa el promediado temporal. Precedentes paleoecológicos han señalado que en fluctuaciones ambientales a corto plazo (de orden anual o decadal), el sesgo por el promediado temporal puede ser despreciable. (Kowaleski, 1996). Por tanto, podemos suponer que el sesgo tafonómico es mínimo en los concheros arqueológicos aquí estudiados, de tal forma que podemos argumentar que las interpretaciones ambientales y culturales de las sociedades humanas prehistóricas costeras que habitaron La Jovita tienen una fiabilidad consistente.

9.2 Estados de conservación de *M. californianus*

La valoración tafonómica del mejillón *M. californianus* muestra que fue un recurso que se obtuvo directamente de la zona costera intermareal, y que fue trasladado a los campamentos en la zona costera aledaña para su procesamiento y consumo. Los valores cercanos a uno en la razón de valvas (promedio 0.86 en C1 y 0.81 en C2) indican que las valvas de *M. californianus* fueron separadas como parte del procesamiento para su consumo dentro del área doméstica de los concheros analizados, por lo que se puede suponer que los moluscos fueron transportados íntegramente de la zona de recolecta al área doméstica y por tanto la asociación de moluscos debe reflejar muy aproximadamente las preferencias de colecta de la zona intermareal (Muckle, 1980).

Considerando los estados de conservación, el grado de fragmentación fue mayormente alto en los dos sitios y en todas las unidades de muestreo, con solo algunos casos en un grado bajo-alto. Esto puede asociarse a la fragilidad de las conchas, las cuales pueden fácilmente romperse para la extracción de la carne para su consumo, aunado a que el pisoteo pudo contribuir a incrementarla. Es notable que el alto grado de fragmentación observado en las conchas más grandes pueda deberse a que son más susceptibles a la fragmentación por pisoteo. En tanto que es más probable que las conchas más pequeñas hayan sido trasladadas adheridas a las más grandes, y no necesariamente consumidas, ya que son las que se encuentran mejor preservadas. Por tanto suponemos que el rasgo de fragmentación es una consecuencia de la actividad antropogénica, totalmente. Igualmente, los altos valores de descortezado se asocian a la ruptura de las conchas. Aunque en este caso también existe un componente diagenético, ya que se observó que varias de las conchas eran notablemente frágiles.

La incrustación es una variable enteramente biológica, ya que las conchas ofrecen un sustrato secundario para la colonización por otros organismos. Aunque cabe esperar que ésta debe ser muy semejante entre los dos sitios de muestreo por provenir toda la fauna de la zona intermareal, las diferencias encontradas, donde en C1 predominó un grado de medio a alto, con solo dos casos en bajo grado, y en C2 es mayormente bajo, con unos pocos casos intermedio y solo uno alto, posiblemente pueda estar reflejando una diferencia espacial de las zonas explotadas. Para el caso de costas rocosas, no existe mucha información sobre esta variable que permita interpretar claramente estas diferencias.

9.3 Variabilidad temporal

9.3.1 Riqueza y Diversidad

Si bien la diversidad no representa un descriptor ecológico de la estructura de las comunidades de moluscos costeros al momento de la recolección, es un criterio útil con propósitos comparativos, al considerar todas las especies consumidas, que en conjunto con la riqueza y la equitatividad proporcionan bases para comparar patrones como: 1) La dieta; 2) Cambios en el período de ocupación; 3) Cambios en la preferencia de recolección; 4) Sobre-explotación humana de ciertas especies, entre otros. Siendo el campamento conchero una unidad domestica particular, se supone que cada sitio es una unidad de análisis independiente, por lo que es de esperar notar cierta variabilidad entre los descriptores ecológicos utilizados, ya que pueden estar reflejando diferencias en las habilidades de recolección, así como de los espacios de colecta de los moluscos, según la capacidad del grupo que habitó cada sitio. Bajo este enunciado, y dado que el número de especies utilizadas como alimento fue limitado, esto explicaría la variabilidad en el índice de diversidad en los dos sitios analizados, ya que en el sitio C1 los valores fueron menores a 1, a excepción de un único valor de 1.24; en tanto que en C2 todos los valores fueron mayores a 1, no obstante que las especies colectadas fueron menos de 12 para los dos sitios (**Figura 30.-**). A esta diferencia contribuye que existen varias especies raras cuya presencia se debe a ser fauna acompañante al mejillón, como es el caso de los balanos y algunas lapas de tamaño pequeño que viven adheridas a las conchas, como es el caso de *Acmaea inculta* y *Collisella spadicea*. Lo anterior es notable dado que en la zona intarmareal rocosa potencialmente existen hasta 52 especies disponibles como alimento (Bancodenormas/nmexicanas)¹.

Por otro lado, los valores de equitatividad fueron menores en C1 que en C2, lo que indica que ambos sitios acusan ligeras diferencias en los patrones de explotación que pueden ser debidas a unidades familiares persistentes durante el tiempo de ocupación, que explotaban áreas específicas de la zona intarmareal y a las variación natural de la disponibilidad de los moluscos.

Para ambos sitios la colecta preferencial fue sobre una especie: el mejillón *M. californianus*, que fue extremadamente abundante en todas las unidades muestreadas, seguido por *H. cracherodii* y *L. gigantea*; y en el caso de C2 también *T. funebris*. Por tanto, diversidad y equitatividad están condicionados por el bajo número de especies presentes en cada sitio (C1, 11 especies y C2, 12 especies), y por la presencia de varias especies raras. En este caso, la rareza estriba en que su abundancia fue menor al 1%, como es el caso en C1 de: *A. mitra*, *A. punctulata*, *T. emarginata*, *Collisella sp.*, *Pseudochama sp.* y *F. vulcanum*. Mientras que en C2 fueron: *Pseudochama sp.*, *T. emarginata* (*Nucella sp.*), *F. vulcanum*, *Collisella sp.* y

¹ <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-056-1985.PDF> Poner en bibliografía

A. inculta. Así mismo por el tamaño de estos especímenes y su buen estado de conservación es improbable que hayan sido utilizados como alimento.

Este patrón de consumo de especies es similar a lo reportado en otros concheros de la costa del Pacífico (Raab, 1992; Erlandson et al., 2008; Lindberg et al., 1998; Roy et al., 2003; Drakíc et al., 2007; Márquez et al., 2005; Braje y Erlandson, 2007; Jones et al., 2008; Guía-Ramírez, 2012; Jew, et al., 2013).

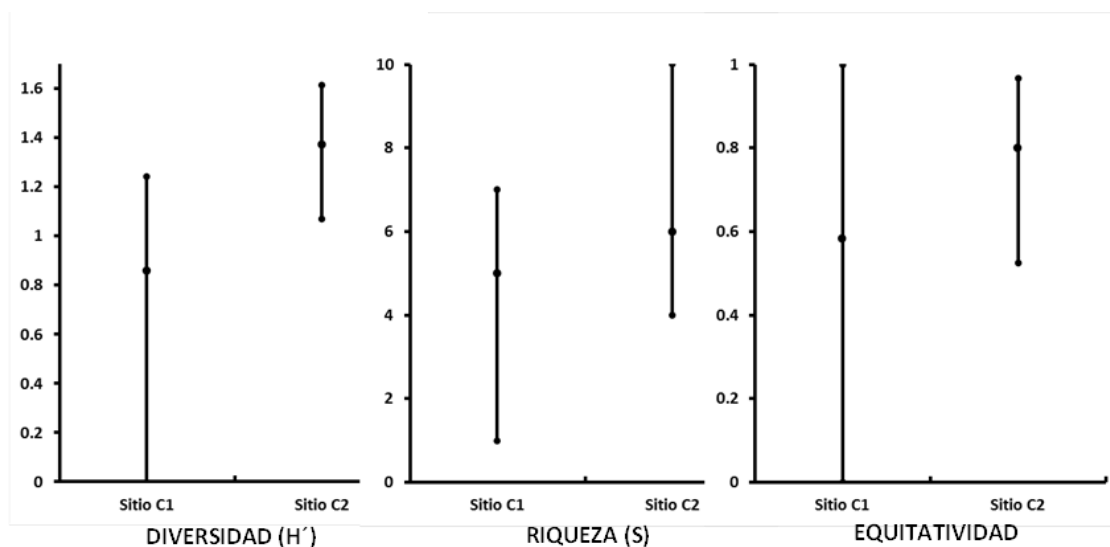


Figura 30.- Índices ecológicos (valores mínimos, máximos y media) utilizados en el análisis ecológico de los moluscos en los sitios C1 y C2. Las diferencias entre los sitios sugieren que dichos grupos recolectaron con relativa uniformidad una escasa variedad de moluscos de la zona intermareal.

Estas especies son características de la franja costera de Baja California, donde forman parte de la comunidad del intermareal rocoso en localidades como: Eréndira, Santo Tomas, Punta Morro, Baja Mar y Medio Camino (Peña, 2011; Gómez, 2012; **Figura 31.-**). En la mayoría de ellas *M. californianus* es considerada una de las especies clave en estudios de zonación que se han realizado en las últimas décadas. Es decir, ejerce un papel importante en la estructura de la comunidad del intermareal rocoso, en parte, por su desproporcionada abundancia y porque es una especie bien adaptada a vivir en un ambiente extremo desde el punto de vista fisiológico, otorgándole así un carácter dominante y competitivo en la zona media del intermareal rocoso, siendo capaz de excluir a otras especies del sustrato primario. Por lo anterior, sobre todo las especies de tamaño pequeño que ocurrieron en todas las muestras, debieron formar parte de la fauna acompañante en el momento de la recolecta, considerando que el mejillón es la especie dominante y que ésta tiende a crecer formando extensas camas o racimos a lo largo de la zona intermareal, principalmente, en cuyo espacio colonizado algunas especies pueden encontrar refugio (Morris et al., 1980; Jew et al., 2013). Así mismo, la presencia del balano *M. tintinnabulum* como fauna acompañante, está presente en los dos sitios con una abundancia > 1%, alcanzando su mayor porcentaje en la U5, del

sitio C2 (17%). El balano es un cirrípedo que vive en epibiosis con los moluscos, es decir que utiliza sus conchas como sustrato y también tiende a formar grandes colonias, cuya presencia está relacionada directamente con la abundancia de los moluscos mencionados.

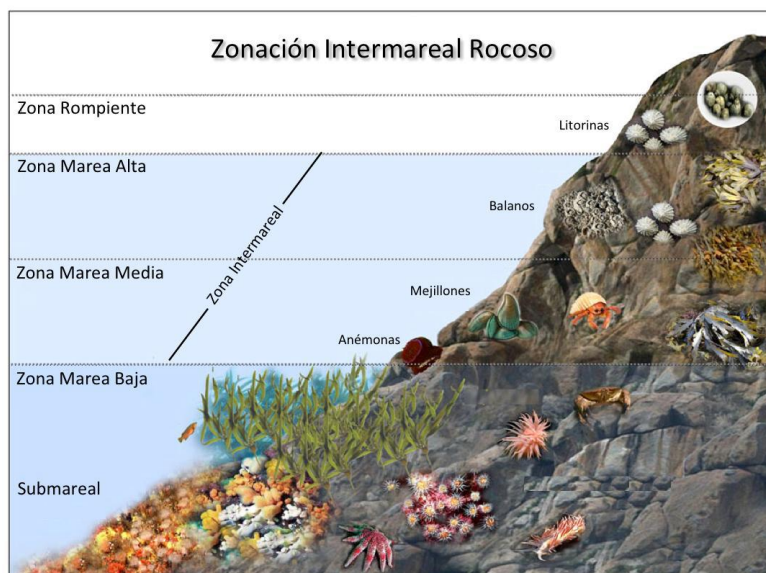


Figura 31.- Zonación típica del intermareal rocoso de Baja California (Tomado de Peña, 2011).

9.3.2 Patrón de recolección.

Ecológicamente existen dos aspectos que pueden definir la dominancia de la población del mejillón: el comportamiento larval y el reclutamiento. Se ha documentado que el mejillón se reproduce durante todo el año, aunque con períodos de máxima intensidad, los cuales difieren debido probablemente a las condiciones ambientales asociadas a la latitud y a la variabilidad de los hábitats locales (Young, 1946; Santiago, 1982; Elvin, 1974; Peña 2011). Para el caso del reclutamiento se sabe que existe una tendencia de que la tasa de este proceso aumenta cuando la temperatura superficial del mar también aumenta; y que ello depende de una alta variabilidad relacionada con las diferencias de los procesos físicos para la zona costera de Baja California. Adicionalmente la variación a pequeña escala (local) podría estar relacionada con los factores hidrodinámicos y geomorfológicos que genera la existencia de micro hábitats que interactúan con la selección del sustrato de asentamiento (Peña, 2011). De esta manera una alta cobertura de sustrato brinda la posibilidad de que la población sea abundante; y por otro lado que los eventos de surgencia tengan un efecto negativo en el reclutamiento, debido al transporte de las masas de agua costera hacia mar abierto. Por tanto, la preferencia en la explotación de los moluscos costeros por los grupos humanos que habitaron en la prehistoria tardía el sitio La Jovita, estuvo condicionada por las características ecológicas del intermareal rocoso.

Por otro lado, la frecuencia de la distribución de tallas de esta especie a lo largo de la estratigrafía de las unidades analizadas es muy uniforme, donde el promedio entre las unidades del sitio C1 sucede entre 4.32cm y 5.33cm; y entre 3.17cm a 5.33cm en C2, además en varios niveles de los dos sitios se pudo observar una distribución bimodal, con una menor frecuencia en tallas entre 7cm y 11cm. Autores como Muckle (1980) han sugerido que los cambios en el tamaño de las conchas arqueológicas a través del tiempo es un indicador de los efectos de la sobreexplotación humana, ello puede observarse a lo largo de la estratigrafía de un yacimiento arqueológico. En donde en el caso de haber sucedido un patrón de sobre explotación es de esperar observar las tallas más grandes en los estratos más profundos y una disminución paulatina hacia los estratos más superficiales, en el caso de un sitio que presentará una ocupación continua. En base a los resultados del análisis de tallas podemos argumentar que no existió una sobre explotación del mejillón, a partir de lo que se plantean 2 escenarios posibles: 1) La explotación por parte del hombre no tuvo un efecto negativo sobre la población de *M. californianus* por ser estacional; y 2) Que las características ecológicas de la especie aunadas a condiciones ambientales óptimas permitieron que la población se mantuviera y/o que estuvieran explotando diferentes espacios de la zona intermareal, a pesar de la explotación antropogénica durante todo el año. Los resultados del análisis de los valores de $\delta^{18}\text{O}_{M. californianus}$ pueden ampliar lo anterior ya que se observaron ciertas tendencias temporales de explotación.

La reconstrucción de la temperatura a partir de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ sugiere que existen dos patrones de recolección, agrupados temporalmente en: época temprana (SPR, N3, N4) y época tardía (N5-N7). La primera es anterior a ~1600 d.C. y la segunda anterior a ~1500 d.C. En el primer caso el intervalo de la temperatura fue acotado (16° a 18°C), con excepción de un valor extremo en N3 de 13.5°C, lo que puede sugerir una recolección estacional. En el segundo caso el intervalo fue más amplio (13° a 21°C), lo que indica que la recolecta sucedió durante todo el año, así como la ocupación del sitio. Peña (2011) reporta perfiles basados en valores actuales de la temperatura superficial del mar (TSM) para 5 diferentes localidades de la costa de Baja California (**Figura 31.-**). En estos se observa que las temperaturas más bajas suceden entre los meses de enero a abril, con una disminución marcada en marzo y abril que corresponde a la estación de primavera, época en la que suceden los eventos de surgencia en la zona. Los valores más altos se registran entre los meses de julio a septiembre. En tanto que Killingley (1981) reporta para la localidad de Ensenada un intervalo de temperatura ~de 15° a 21°C, en donde la temperatura para la estación de primavera fluctúa entre 16° y 19°C (**Figura 32.-**). Con base a ello, se sugiere que la explotación de moluscos en la época temprana ocurrió durante el primer semestre del año.

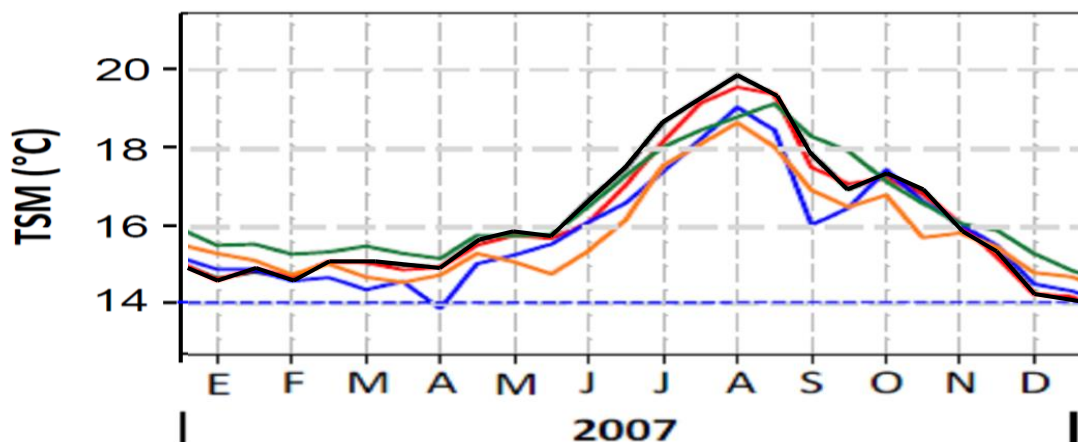


Figura 31.- Valores promedio (15 días) de temperatura superficial del mar (TSM) para cinco localidades en la costa este de Baja California durante el año 2007. La línea azul punteada marca los 14°C que representa la presencia de aguas de surgencia costera en la zona. Línea negra- Bajamar; Línea roja-Punta Morro, Línea azul-Eréndira; Línea naranja-Punta Baja; y Línea verde-Esmeralda (Modificado de Peña, 2011)

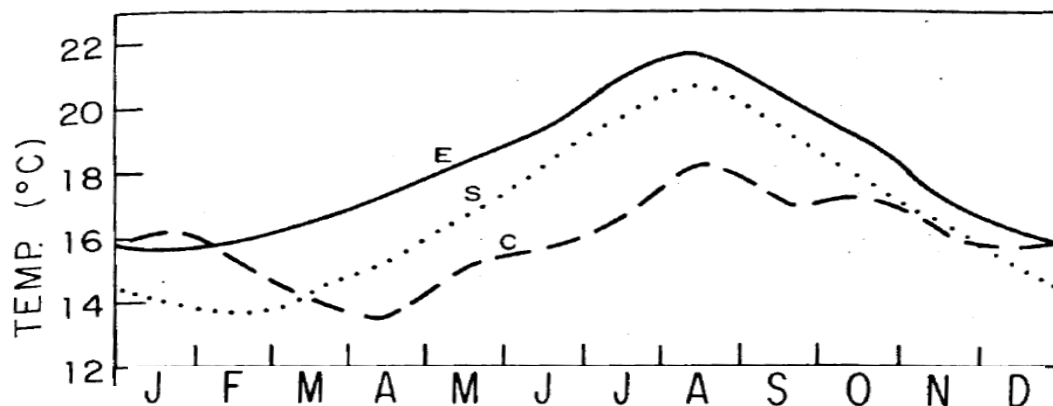


Figura 32.- Perfiles de temperaturas actuales: E=Ensenada; S=Sripes Pier; C=Cabo Colonet. (Modificado de Killingley 1981).

En estudios actuales no documentan la relación entre *M. californianus* y *H. cracherodii*, debido a que ésta última ha estado sujeta a una alta explotación comercial desde principios del siglo XIX hasta el punto de llevarla a la condición de especie protegida en las costas de California y, estar casi extinta en Baja California. Solo existen estudios que describen los aspectos ecológicos y arqueológicos del abulón negro que nos ayudan a entender su papel en la prehistoria tardía.

H. cracherodii fue la segunda especie más abundante en el Sitio C1. En las unidades con la mayor representatividad de esta especie (U2 y U3) las tallas variaron en un intervalo entre 2.9cm y 19cm y, presentaron una distribución bimodal, con una moda principal de 8.9cm, y en tallas menores como 2.9 cm (N3) y 4.9cm (N4). Además, los niveles con mayor abundancia en los dos sitios presentaron el intervalo de talla más amplio. Estas variaciones a lo largo de la estratigrafía, así como en los niveles de mayor abundancia (explotación), sugieren que existió disponibilidad de este recurso y que su recolección fue

propicia porque habita la zona intermareal baja más somera, que en mareas bajas facilita su recolecta sin necesidad de bucear para obtenerla.

En el sitio C2 esta misma especie fue la tercera en abundancia, observándose ligeras diferencias en tamaño respecto al sitio anterior. El intervalo general de la talla en este sitio disminuyó levemente de entre 1.3cm, y 11.45cm, presentando el mayor intervalo y abundancia en los niveles con mayor concentración de moluscos y en niveles adyacentes a éstos. Así mismo se hace notable que en niveles posteriores (N1 en U4; N3 a N1 en U5; y N1 en U6) se presentan tallas pequeñas, lo que puede evidenciar un agotamiento del recurso.

Por tanto, la explotación de *H. cracherodii* entre los sitios analizados acusa diferencias en sus patrones de explotación, además de la posibilidad de que estos pueden ser diacrónicos. En este punto puede estar implícito el uso tecnológica especializada utilizada para la extracción de este recurso y el gasto de energía humana para obtener el recurso, así como la importancia del aporte nutrimental a la dieta; ya que el abulón negro es una especie que habita en la zona baja del intermareal donde existe la mayor exposición al oleaje; además de que en estado juvenil (<4cm a 7.5cm) tiende a establecerse en grietas rocosas para resguardarse de sus predadores, lo que puede representar un cierta destreza tecnológica y habilidad de recolecta, en tanto que tallas >7.5cm habitan en zonas expuestas, siendo así más fáciles de recolectar (Ault, 1985; Blecha et al., 1992; Tissot, 1995).

L. gigantea y *T. funebris* también fueron de las especies más abundantes en el sitio C2; el análisis de las tallas para estas especies se obtuvo solo de la unidad 5. En el caso de *L. gigantea* la moda sucedió de entre 3cm y 4cm a lo largo de la estratigrafía. La talla máxima que se ha documentado para esta especie es de 12 cm, habita en la zona media y alta del intermareal y se ha registrado que presenta una menor densidad que el mejillón, aunque pueden presentarse colonias que cubren un área de 1000cm² (Harley y Rogers-Bennett, 2004). Son más susceptibles a la depredación en ausencia de refugios rocosos, aunque individuos juveniles (< 2cm) tienen una fase críptica que les permite eludir la depredación. Erlandson et al. (2011) reportan en un estudio hecho sobre *L. gigantea* en un sitio arqueológico, ocupado durante 10,000 años, que existió una tendencia de recolección por talla seleccionando los organismos más grandes, lo que disminuyó paulatinamente la talla de la población, que aunado al carácter protandrio de esta especie (individuos masculinos que cambian de sexo al ser mayores) devino en una disminución de la reproducción y del reclutamiento de las generaciones próximas, afectando así a la población. En el caso de La Jovita la talla relativamente uniforme a lo largo de la estratigrafía puede tener dos posibles explicaciones: 1) que la explotación antropogénica no llevó a la sobreexplotación de esta especie, debido a que contó con una alta disponibilidad natural y/o porque no era una especie predilecta para consumo y 2) que existió una colecta selectiva por talla y, cuyas consecuencias no son observadas dentro de la escala temporal del registro arqueológico del sitio. En el caso de *T. funebris* presentó tallas con un intervalo de

entre 0.50cm a 2.05cm y cuya frecuencia con respecto a su abundancia a lo largo de la estratigrafía no presenta ningún patrón. Raab (1992) ha documentado su explotación en la isla de San Clemente California, siendo la especie secundaria con mayor aporte a la dieta. Así mismo comenta que esta especie es común en la zona intermareal donde el abulón negro es la especie que soporta la estructura a la comunidad. De este modo se puede considerar, que a pesar de ser una especie secundaria en abundancia, su recolecta pudo haber sucedido de manera fortuita en el momento en que se buscaba extraer el abulón negro. Esto se propone considerando dos aspectos importantes: 1) Considerando que la talla tiene una relación directa con el tamaño del molusco, esta especie no representa un aporte nutricional destacado en comparación con las demás especies abundantes, lo que deviene 2) en el hecho de que la proporción de su abundancia pierde peso significativamente, respecto a su aporte a la dieta humana. Raab (1992) reporta que la tegula es una especie importante en cuanto a su aporte nutrimental cuando se explota en gran cantidad, lo que se ve reflejado en el aumento de su abundancia, tornándola en la especie dominante, según sus observaciones en algunos sitios de la Isla San Clemente, California. En el caso de esta investigación es evidente la tendencia general del aumento de la abundancia de los 4 moluscos principales: el mejillón, el abulón negro, la lapa *L. gigantea*, y el caracol *T. funebris*, para luego declinar hacia el final de la ocupación del sitio. Sin embargo, es persistente la tendencia a preferir tamaños específicos a lo largo del tiempo de ocupación.

Lo anterior evidencia que las preferencias de explotación de moluscos se vieron influenciadas en gran medida por su disponibilidad natural, su fácil obtención y posiblemente por su valor nutricional de aporte a la dieta. En este sentido debe tomarse en cuenta que, la recolección de moluscos costeros debió representar una parte de la dieta total de la que se proveían los habitantes de La Jovita. Estudios anteriores han documentado a lo largo de la costa de la Península de Baja California diferentes estrategias de subsistencia como la caza de mamíferos marinos, la pesca, así como la recolección de plantas silvestres (Moore, 2005; Fujita, 2010; Des Lauriers, 2010). Por lo anterior puede sugerirse que la escasa riqueza de especies recolectadas en comparación con las existentes en el intermareal de uso comestible, puede ser reflejo de una variada estrategia de subsistencia, por lo que la selección de moluscos se presenta de forma tan específica. Siendo así, la subsistencia con base a moluscos costeros define su valor por su disponibilidad y abundancia, lo que no implica necesariamente la especialización tecnológica con el fin de reducir la inversión de tiempo por cada unidad de beneficio capturada (Bird et al., 2002; 2004), pero que sí implica un alto grado de observación de los ciclos biológicos del ecosistema de la zona costera adyacente por parte del hombre. En este sentido cabe considerar sobre la actividad humana recolección el hecho de que la mayoría de los miembros de la población pueden participar en esta tarea de subsistencia, sin contar necesariamente con habilidades o herramientas especializadas. Refiriéndose principalmente a niños y ancianos, sector de la población que comúnmente pueden estar relegados de las actividades de

subsistencia, pero que pueden tener una contribución significativa a la dieta a partir de la recolección de moluscos (Raab, 1992; Kennet, 2005).

9.3.3 Patrón de explotación de moluscos costeros en el contexto regional

Estudios arqueológicos anteriores y aledaños a la zona de estudio, como es el caso de los proyectos: Arqueología en el Pacífico Norte de Baja California. Componente Costa Azul (Márquez, 2005) y Salvamento Arqueológico Cañada del Águila, Sitio La Pinta (2007); reportan análisis de diversidad y de distribución de talla de moluscos. Esto permite establecer puntos de comparación con el presente trabajo. Márquez (2005) reporta 25 especies de moluscos, de los cuales 3 fueron abundantes: *M. californianus*, *H. cracherodii* y *L. gigantea*, en ese orden de abundancia, el patrón coincide con lo obtenido en esta investigación. Así mismo comenta que existe la tendencia generalizada de que las unidades más lejanas a la costa presenten un aumento en el índice de diversidad de las capas más profundas hacia la superficie, en tanto que en las unidades cercanas a la costa presentan un patrón inverso. Los resultados de su análisis de talla indican un patrón general en las tres especies, en el que las tallas mayores se presentan en las capas más profundas y que disminuyen hacia la superficie, de lo que concluye dos puntos: a) En su llegada a la zona, los antiguos habitantes del área colectaban organismos más grandes, debido a su mayor contenido alimenticio. Conforme lo consumían, las tallas más grandes se agotaban, iniciándose así la recoleta de organismos más pequeños; b) No es posible asegurar la sobreexplotación de moluscos costeros, pero sí es evidente el consumo máximo de los organismos más grandes hasta posiblemente agotarlos. En este sentido, en el análisis de talla del mejillón en esta investigación la moda fue muy homogénea a lo largo de la estratigrafía. En el caso del abulón, el Sitio C2 concuerda con el patrón de talla reportado por Márquez, aunque no así en el caso del Sitio C1 donde se presenta una distribución bimodal. En cuanto a la lapa, el patrón de explotación fue similar, debido a que la recoleta estuvo focalizada en cierta talla, aunque es posible que el alto grado de fragmentación de esta especie no haya permitido identificar tallas mayores. Por tanto, aparentemente el sitio Costa Azul y La Jovita hayan sido contemporáneos, pero con patrones diferentes en la explotación, habilidades de recolección y en los espacios de recolecta.

Para el sitio La Punta Drakíc (2007) reporta 26 especies de moluscos, entre los cuales las especies vuelven a ser *H. cracherodii*, *L. gigantea* y *M. californianus*, dominando esta vez el abulón negro. Sin embargo los patrones de talla son diferentes a lo reportado por Márquez, en este caso en las 3 especies la distribución de talla es homogénea. Para el abulón se reporta una talla de entre 3cm a 6cm; para la lapa entre 2cm a 4cm; y para el mejillón de entre 3cm a 6cm. Por lo anterior es posible que la explotación de moluscos haya estado sujeta a una preferencia cultural por talla, o a que la población de dichas especies

presentaba una mayor abundancia en estado juvenil. Lo anterior indica que la explotación de moluscos en el Sitio La Punta sugiere un patrón similar a lo observado en esta investigación, bajo el argumento de que los valores de la moda en las tallas son homogéneos, lo que sugiere una preferencia de recolección por tamaño.

9.3.4 Patrón estacional de explotación de *M. californianus* en el contexto regional

Diversos estudios arqueológicos han reportado al mejillón *M. californianus* como la especie dominante en la comunidad de moluscos recolectados de diferentes campamentos concheros, principalmente en la costa de California (Kennet, 2005; Jones et al., 2008; Jew et al., 2013, Márquez, 2005). En estos se atribuyen que la dominancia de la especie se debe a la alta disponibilidad natural y a un procesamiento relativamente sencillo, coincidiendo así con lo interpretado en este estudio. Así mismo abordan el patrón temporal de recolecta, obtenido a partir del análisis de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato biogénico. Kennet (2005) reporta que en la mayoría de los sitios ubicados en el Holoceno tardío la explotación del mejillón (después de los 1300 a.a.p.) sucede durante todo el año, en sitios que muestran un asentamiento estable. Por su parte Jones et al. (2008) reporta el patrón de explotación para la costa sur de la Bahía de San Francisco en el período del contacto europeo (1771-1859 d.C.), donde encuentra que las evidencias de explotación del mejillón sugieren dos grupos inter-dependientes con dos distintas estrategias de subsistencia y asentamiento: a) aquellos que provenían de tierra adentro y que dependían de la cosecha de bellota y otras nueces, y que bajaban a la costa una o dos veces al año a recolectar mejillón, evitando ocupar la costa en temporada de invierno y b) una sociedad costera completamente que fue menos dependiente a la cosecha de nueces, sedentaria y que explotaba el mejillón durante todo el año; patrón consistente con lo observado por los primeros exploradores españoles.

Lo anterior sugiere que el patrón temporal de recolecta obtenido en esta investigación puede estar representando los dos escenarios descritos, aunque en este caso de manera diacrónica. Ya que los valores de temperatura para la época tardía sugieren una recolecta durante todo el año y para la época temprana una explotación estacional, que pudo haber sido llevada a cabo por poblaciones que tenían diversas estrategias de subsistencia con base a alimentos de tierra adentro.

10. CONCLUSIONES

No obstante que los descriptores ecológicos se aplican en la interpretación de la estructura de las comunidades vivas, también son útiles como herramientas de análisis con fines comparativos de la explotación de moluscos, ya que permiten develar patrones de consumo de una fracción de la comunidad bentónica costera. Estos indican patrones de explotación espaciales distintos en campamentos concheros próximos, pero temporalmente muy semejantes dentro de una misma área de asentamiento.

El análisis tafonómico revela que no existen huellas de la utilización de herramientas para la apertura de las conchas de mejillón, por lo que la alta fragmentación se debe tanto al rompimiento de las conchas para la extracción de la carne, como al pisoteo. Este rasgo tafonómico es el común denominador en los dos sitios analizados, así como que el transporte posterior de las conchas del sitio arqueológico es bajo. Sin embargo, existen diferencias en la incrustación y descortezado, que también puede atribuirse, el primero de ellos a una explotación espacial distinta entre campamentos, y la segunda a la alta fragmentación amplificada por procesos diagenéticos que tornan más frágiles las conchas.

En La Jovita se recolectaron un reducido número de especies de moluscos (máximo de doce), de las cuales al menos 4 fueron consumidas preferentemente, lo que coincide con lo reportado en sitios aledaños como La Punta y Costa Azul.

La explotación de moluscos costeros por parte de los habitantes del sitio La Jovita, durante un período calculado entre 1400 y 1590 d.C., estuvo condicionada por las características ecológicas del intermareal rocoso. El mejillón *M. californianus* fungió como la especie dominante, tanto por su disponibilidad natural como por su preferencia de consumo, lo que focalizó la recolecta humana de esta especie.

Los análisis espaciales y temporales de la distribución de talla del mejillón en general no muestran evidencias de sobre-explotación, como lo indica la predominancia espacial y temporal de una moda alrededor de los 6 cm. Sin embargo, existen algunos patrones polimodales no muy claros, atribuibles a un sesgo tafonómico debido a la alta fragmentación.

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos del borde ventral de *M. californianus*, muestran diferencias a lo largo de la estratigrafía que indican dos patrones temporales: el primero ubicado hacia un período anterior a 1500 d.C. en que la colecta de moluscos ocurrió a una temperatura estimada de entre 13° a 21°C, lo que implica explotación de los recursos marinos costeros durante todo el año; y el segundo posterior a dicho

período, que revela colectas a temperaturas estimadas de 16° a 18°C, que indica una colecta estacional por parte de una sociedad semi-nómada.

En general, el presente estudio muestra que no existe un patrón único de explotación de los recursos marinos costeros. Así mismo, el material malacológico proveniente de contextos arqueológicos tiene una mayor fuerza interpretativa cuando las variables ecológicas y ambientales son correlacionadas con el resto de las variables culturales con las que está asociada la muestra malacológica.

11. REFERENCIAS

- Álvarez** de Williams, Anita (2004). *Primero pobladores de la Baja California. Introducción a la Antropología de la Península*. Col. Antropología e Historia, Serie Paso a Paso, CONACULTAINAH, México. 192 pp.
- Ashby**, James R. (1989). *Plate 1 Generalized Geologic Map of the La Mision Area Baja California, México*, Topographic Base from Secretaria de Programación y Presupuesto, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.
- Ault**, Jerald S. (1985). Black, Green and red abalones. U.S. Department of the interior, U.S. Army Corps of Engineers, Biological Report 82 (11:32).
- Bendímez**, Julia (1987). Antecedentes históricos de los indígenas de Baja California. en *Estudios Fronterizos*, 14:11-46.
- Berkovich**, César y B. Solís (2005). *Salvamento arqueológico energía Costa Azul. Reporte de excavación y análisis de material arqueológico. Planteamientos metodológicos y resultados*. Centro INAH Baja California. Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, referencia 2-115, INAH, México.
- Bird**, D. W.; Jennifer L. Richardson; Peter W. Beth y Anthony J. Barham (2002). Explaining shellfish variability in middens of the Meriam Islands, Torres Strait, Australia. *Journal of Archaeological Science*, 29:457-469.
- Bird**, D.W., R. Bliege Bird, and J.L. Richardson (2004). Meriam ethnoarchaeology: shellfishing and shellmiddens. *Memoirs of the Queensland Museum, Cultural Heritage Series* 3(1):183-197.
- Blasco Sancho**, M.F. (1992): *Tafonomía y Prehistoria. Métodos y procedimientos de investigación*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Blecha**, J. B., J. R. Steinbeck, and D. C. Sommerville (1992). Aspects of the biology of the black abalone (*Haliotis cracherodii*) near Diablo Canyon, central California. in S. A. Shepherd, M. J. Tegner, and S. A. Guzmán del Prío, editors. *Abalone of the world: Biology, fisheries, and culture. Proceedings of the 1st International Symposium on Abalone*. Pages 225-236 Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, U.K.
- Braje**, T., D.J. Kennett, J. M. Erlandson, and B.J. Culleton (2007). Human impacts on nearshore shellfish taxa: A 7,000 years record from Santa Rosa Island, California. *American Antiquity* 72:735-75
- Brower**, James E. y Zar Jerrold H. (1979). *Field and laboratory methods for general ecology*, Wm. C. Brown company publishers, 194pp.
- Celis Hernandez**, Ana Katalina (2011). *Explotación de recursos costeros y condiciones ambientales en el Delta del Río Colorado durante la Prehistoria*, para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, 116 pp.
- Cerreto**, (1992)

- Claassen, C.** (1998): *Shells*. Cambridge University Press.
- Craig, H.**, (1957). Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 12:133-149.
- Des Lauriers, Matthew R.** (2010). Isla Cedros. en *La Prehistoria de Baja California. Avances en la Arqueología de la península olvidada*, Centro INAH, Baja California, 191:209.
- Dincauze, Dena Ferran** (2000). *Environmental Archaeology. Principles and Practice*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 587 pp.
- Dodd, J. Robert y Robert J. Stanton** (1990). *Paleoecology. Concepts and applications*. 2a edición, John Wiley and Sons, EUA. 510 pp.
- Drakíc Ballivián, Danilo A. y Luis Ramón Delgado** (2009). *Salvamento Arqueológico Cañada del Águila, segunda temporada*, 79:101.
- Drakíc Ballivián, Danilo A., Isaac Aquino Toledo y Luis Ramón Delgado** (2007). *Salvamento Arqueológico Cañada del Águila. Sitio La Punta. Reporte técnico del laboratorio de la primera temporada de excavación*, acargo de los oceanólogos Paulina Balbontín Durón y Emmanuel Vizcaíno Pérez, 145:168.
- Efremov** (1940).
- Elvin, D.W.** (1974). *Ovogenesis in Mytilus californianus*. PhD Thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.
- Epstein, S., R. Buchsbaum, H. A. Lowenstam y H. C. Urey** (1953). Revised carbonate-water isotopic temperature scale. *Bulletin of the Geological Society of America*, 64:1315-1326.
- Erez, J. and Luz, B.**, (1982). Temperature control of oxygen isotope fractionation of cultured planktonic foraminifera. *Nature*, 297:220-222.
- .
- Erlandson, J. M., T. C. Rick, T. J. Braje, A. Steinberg, & R. L. Vellanoweth** (2008). Human impacts on ancient shellfish: A 10,000 year record from San Miguel Island, California. *Journal of Archaeological Science* 35:2144-2152.
- Erlandson, Jon M. and Torben C. Rick** (2010) Archaeology Meets Marine Ecology: The Antiquity of Maritime Cultures and Human Impacts on Marine Fisheries and Ecosystems. *The annual review in marine science* 2:165-185.
- Erlandson, Jon M., Todd J. Braje, Torben C. Rick, Nicholas P. Jew, Douglas J. Kennett, Nicole Dwyer, Amanda F. Minnis, Ren L. Vellanoweth, Jack Watts** (2011) 10,000 years of human predation and size changes in the owl limpet (*Lottia gigantea*) on San Miguel Island, California. *Journal of Archaeological Science*, 38:1127-1134.
- Flessa, K. W., and M. Kowalewski** (1994). Shell survival and time-averaging in nearshore and shelf environments: estimates from the radiocarbon literature. *Lethaia* 27:153-165.

- Flores** Hernández María y Pérez Rivas Manuel Eduardo (2010). *Proyecto de Salvamento Arqueológico "C.C.C La Jovita CFE, Ensenada, Baja California, fase 1"* proyecto de investigación presentado ante el consejo de arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia, Dirección de Salvamento Arqueológico, 81pp.
- Flores** Hernández María y Pérez Rivas Manuel Eduardo (2011). *Justificación de ampliación presupuesta e informe preliminar de actividades de "Salvamento Arqueológico en el Proyecto denominado Baja California III (La Jovita), Baja California"*, Convenio INAH-CFE. Coordinación Nacional de Arqueología Dirección de Salvamento Arqueológico, 34pp.
- Fonseca** Ibarra, Enah (2012). *Estudio de campamentos en la línea costera y valles intermontanos de Baja California. Informe de excavación temporada 2012, Análisis de materiales arqueológicos 2012 y Propuesta de trabajo 2013*, entregado al Consejo de Arqueología, INAH, México.
- Ford**, Heather L.; Schellenberg, Stephen A.; Becker, Bonnie; Deutschman, Douglas L.; Dyck, Kelsey A.; and Koch, Paul L., "Evaluating the Skeletal Chemistry of *Mytilus Californianus* as a Temperature Proxy: Effects of Microenvironment and Ontogeny" (2010). *Interdisciplinary Arts and Sciences Publications*. Paper 10.
- Fujita**, Harumi (2010). Región del Cabo, en *La Prehistoria de Baja California. Avances en la Arqueología de la península olvidada*, Centro INAH, Baja California, 191:209.
- Golyshev** S. I., Padalko N. L., and Pechenkin S. A. (1981) Fractionation of stable oxygen and carbon isotopes in carbonate systems. *Geochem. Intl.* 18, 85-99.
- Goodwin**, David H., Karl W. Flessa, Miguel A. Téllez-Duarte, David L. Dettman, Bernd R. Schöne y Guillermo A. Avila-Serrano (2004). Detecting time-averaging and spatial mixing using oxygen isotope variation: a case study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 205:1– 21.
- Goodwin**, D.H., Schöne, B.R., Dettman, D.L., 2003. Resolution and fidelity of oxygen isotopes as paleotemperature proxies in bivalve mollusk shells: models and observations. *Palaios* 18, 110–125.
- Grossman**, E.L. and Ku, T.L., 1986. Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.)*, 59: 59-74.
- Guía-Ramírez**, Andrea (2012). Informe del análisis de materiales malacológicos del sitio Bajamar Temporada 2012. Sección Arqueozoología-Paleontología Centro INAH Baja California 18 pp.
- Gutiérrez** Zugasti F. Igor (2010). *La biometría al servicio de la arqueomalacología: estrategias de recolección de moluscos en la región cantábrica entre el final del paleolítico y los inicios del neolítico*, Férvedes, Número 6 Pp.6-72
- Gutiérrez** Zugasti F. Igor (2011). *Coastal resource intensification across the Pleistocene-Holocene transition in Northern Spain: Evidence from shell size and age distributions of marine gastropods*, Quaternary International 244, Pp 54-66.
- Harley**, C.D .G ., Rogers-Bennett, L ., (2004). The potential synergistic effects of climate changes and fishing pressure on exploited invertebrates on rocky and intertidal shores. *CalCOFI Report* 45. 98-110.

- Horibe**, Y. and Oba, T., (1972). Temperature scales of aragonite-water and calcite-water systems. *Fossils*, 23/24:69-79.
- Jew**, Nicholas P. Jon M. Erlandson, Jack Watts y Frances J. White (2013). Shellfish, Seasonality, and Stable Isotope Sampling: $\delta^{18}\text{O}$ Analysis of Mussel Shells From an 8,800-Year-Old Shell Midden on California's Channel Islands. *Journal of Islands and Coastal Archaeology* 8:170:189.
- Jones**, T.L., Kennett, D.J., 1999. Late Holocene sea temperatures along the central California coast. *Quaternary Research* 51:74–82.
- Jones**, Terry L., Douglas J. Kennett, James P. Kennett y Brian F. Coddling (2008). Seasonal stability in Late Holocene shellfish harvesting on the central California coast. *Journal of Archaeological Science*, 35:2286-2294.
- Kennett**, Douglas (2005). The Island. Chumash, Behavioral. Ecology of a Maritime. Society, Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 310 pp.
- Kidwell**, S. M., and A. K. Behrensmeier, eds. (1993). Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages. *Short Courses in Paleontology* No. 6. Paleontological Society, Knoxville, Tenn.
- Killingley**, J. S. y Berger, W. H. (1979). *Stable isotopes in a mollusk shell: detection of upwelling events*. *Science*, 205:186–188.
- Killingley** S., John (1981). *Seasonality of mollusk collecting determined from $\delta^{18}\text{O}$ profiles of midden shells*, *American Antiquity* 46:152-158.
- Kim**, S. T., and J. R. O'Neil (1997), Equilibrium and nonequilibrium oxygen isotope effects in synthetic carbonates, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 61:3461 – 3475.
- Kowalewski**, M., Flessa, K.W., Hallman, D.P., (1995) Ternary taphograms: triangular diagrams applied to taphonomic analysis. *Palaos* 10:478–483.
- Kowalewski**, M. 1996a. Time-averaging, overcompleteness, and the geological record. *Journal of Geology* 104:317-326.
- Laylander** Don y Iversen Dave (2008). *SDI-4553*, Major Shellfish genera and prehistoric change on the San Diego County Coast, *Pacific Coast Archaeological Society Quarterly*, Vol. 39, Number 4 Pp 39-38.
- Lindberg**, D .R., Estes, J.A ., Warheit, K .I., 1998 . Human influences on trophic cascades along rocky shores. *Ecological Applications* 8(3):880-890.
- Lyman**, R.L. (1994): *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Márquez** Alameda, Arturo (2005). *Arqueología en el Pacífico Norte de Baja California. Componente Costa Azul*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro INAH-Baja California,
- Marti (1999).
- McLean**, James H. (1973). *Marine Shells of Southern California*, Science Series 24:104.

- Minch** John A. and Ashby James R (1984). *Miocene and Crataceous Depositional Environments Northwestern Baja California, México, Annual Metting Pacific Section AAPG, San Diego California*, The Pacific Section American Association of Petroleum Geologist, Pp. 33-46.
- Miner**, C. Melissa Jessica, M. Altstatt, Peter T. Raimondi y Todd E. Minchinton (1984). Recruitment failure and shifts in community structure following mass mortality limit recovery prospects of black abalone. *Marine Ecology Progress Series*, 327:107-177.
- Moore**, Jerry D. (2005). *Extensive prehistoric settlement system in northern Baja California: Archaeological data an theoretical implications from the San Quintín – El Rosario Region*, Pacific Coast Archaeological Society Quarterly, 37:30-49.
- Morris** (1973).
- Muckle**, Robert James (1985). Archeological consideration of bivalve shell taphonomy, Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements or the degree of Master of Arts in Departmen of Archaeology, Simon Fraser Universtity, 135pp.
- Neme** Gustavo, *et al.* (2008). *A paleoecological approach to the archaeology of southern Mendoza*, Grupo de Arqueología Mendoza 10pp.
- O'Neil**. J.R., Clayton, R.N. and Mayeda, T.K., (1969). Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. *J. Chem. Phys.*, 31:5547-5558.
- Peña** Mejía Carlos Eduardo (2011). *Estructura de las comunidades del intermareal rocoso asociadas al mejillón *Mytilus californianus* en la costa oeste de Baja California*, que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, 160 pp.
- Raab**, L .M., 1992. An optimal foraging analysis of prehistoric shellfish collecting on San Clemente Island, California. *Journal of Ethnobiology* 12 (1): 63 -80.
- Raimondi** P.T., Wilson C.M., Ambrose R.F., Engle J.M., Minchinton T.E. (2002) Continued declines of black abalone along the coast of California: are mass mortalities related to El Niño events? *Mar Ecol Prog Ser* 242:143–152.
- Rivero**, L.E. y M.L. Lares (2004). Técnica para la separación de la capa de nácar recientemente depositada en la concha de *Mytilus californianus* para el análisis de metales traza. *Ciencias Marinas*, 30(2): 343–347
- Roy**, K., Collins, A .G., Becker, B .J., Begovic, E., Engle, J.M., (2003). Anthropogenic impacts and historical decline in body size of rock y intertidal gastropods in Southern California. *Ecology Letters* 6 (3):205-211.
- Santiago**, R. (1982). Determinación del ciclo reproductivo del mejillón *Mytilus californianus* en el ejido Eréndira, Baja California. Tesis de Licenciatura en Oceanología ESCM-UABC. 46 pp.
- Shackleton**, N.J. (1973). Oxygen isotope analysis as a means of determining season of occupation of prehistoric midden sites, *Archaeometry* 15(1):133-141.
- Sharp** Zachary (2007). *Principles of Stable Isotopes Geochemistry*. Pearson/Prentice Hall, 344 pp.

- Sommer**, M.A., II and Rye, D.M., (1978). Oxygen and carbon isotope internal thermometry using benthic calcite and aragonite foraminifera pairs. *U.S. Geol. Surv. Open-File Rep.*, 78-701:408-410.
- Tarutani**, T., Clayton, R.N. and Mayeda, T.K., (1969). The effect of polymorphism and magnesium substitution on oxygen isotope fractionation between calcium carbonate and water. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33
- Téllez Duarte**, Miguel A., Guillermo Ávila-Serrano y Karl W. Flessa (2008). *Environmental significance of oxygen isotopes in the bivalve *Protothaca grata* from archaeological sites in northeast Baja California*, Pacific Coast Archaeological Society Quarterly, 39 (4): pp.49-56.
- Tissot**, B.N. (1995). Recruitment, growth, and survivorship of black abalone on Santa Cruz Island following mass mortality. *Bull S California Acad Sci* 94:179–189
- Urey**, H.C., (1947). The thermodynamic properties of isotopic substances. *J. Chem. Soc.*, 562-581
- Wefer**, Gerold y Wolfgang H. Berger (1991). *Isotope paleontology: growth and composition of extant calcareous species*, Marine geology, 100:207-248.
- Young**, R.T. (1946). Spawning and setting season of the mussel *Mytilus californianus*. *Ecology*, 27:354-363.

REFERENCIAS WEB

- Banco de normas/nmexicanas**, <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-056-1985.PDF> Poner en bibliografía
- Saf 1505**, <http://www.pbs.org/saf/1505/features/lia.htm>
- Skepticalscience**, <http://www.skepticalscience.com/Was-there-a-Medieval-Warm-Period.html>

A N E X O S

Tabla I. Tallas de *M. Californianus* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C1.

U N I D A D 1														
SUPERFICIE	TALLA	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9
NIVEL 1	FRECUENCIA	-	4	24	14	27	25	-	4	1	1	-	2	-
	%	-	4	22	13	25	23	-	4	1	1	-	2	-
	FRECUENCIA	1	13	18	109	156	81	9	22	13	8	3	7	1
	%	0	3	4	22	31	16	2	4	3	2	1	1	0
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	4	8	22	36	23	-	2	2	4	3	2	-
	%	-	3	7	19	31	20	-	2	2	3	3	2	-
NIVEL 4	FRECUENCIA	-	4	8	22	36	23	-	2	2	4	3	2	-
	%	0	5	11	29	48	31	-	3	3	5	4	3	-
NIVEL 5	FRECUENCIA	5	4	1	3	1	0	-	-	-	-	-	-	-
	%	36	29	7	21	7	0	-	-	-	-	-	-	-
U N I D A D 2														
SUPERFICIE	TALLA	1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	10.99	11.99	12.99	13.99
NIVEL 1	FRECUENCIA	-	-	2	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	10	25	15	-	-	-	-	-	-	-	-
	FRECUENCIA	-	-	11	29	32	17	-	1	2	1	-	-	-
	%	-	-	9	24	26	14	-	1	2	1	-	-	-
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	1	1	14	45	11	1	5	3	2	-	-	-
	%	-	1	1	15	48	12	1	5	3	2	-	-	-
NIVEL 4	FRECUENCIA	-	4	12	26	25	10	-	7	-	-	2	-	3
	%	-	4	13	28	27	11	-	7	-	-	2	-	3
NIVEL 5	FRECUENCIA	-	-	5	13	35	11	-	4	7	1	4	5	1
	%	-	-	6	15	40	13	-	5	8	1	5	6	1
U N I D A D 3														
SUPERFICIE	TALLA	1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	10.99	11.99	12.99	13.99
NIVEL 1	FRECUENCIA	-	2	13	12	10	9	-	1	2	2	1	-	1
	%	-	3	19	18	15	13	-	1	3	3	1	-	1
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	9	23	35	48	28	2	1	4	1	2	5	1
	%	-	4	11	17	23	13	1	0	2	0	1	2	0
NIVEL 3	FRECUENCIA	-	10	24	45	56	49	1	5	6	4	2	2	1
	%	-	3	8	14	18	16	0	2	2	1	1	1	0
NIVEL 4	FRECUENCIA	2	15	32	46	69	29	2	4	3	3	3	3	1
	%	1	6	13	18	27	12	1	2	1	1	1	1	0
NIVEL 5	FRECUENCIA	-	1	7	6	12	5	-	1	3	6	1	2	-
	%	-	2	15	13	26	11	-	2	6	13	2	4	-

Tabla II. Tallas de *M. Californianus* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C2.

U N I D A D 4														
	TALLA	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9
NIVEL 1	FRECUENCIA	-	-	-	1	6	4	1	-	1	3	1	-	-
	%	-	-	-	5	30	20	5	-	5	15	5	-	-
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	-	3	12	5	8	1	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	11	44	19	30	4	-	-	-	-	-	-
NIVEL 3	FRECUENCIA	-	1	4	9	13	7	1	3	2	1	1	-	-
	%	-	2	8	17	25	13	2	6	4	2	2	-	-
NIVEL 4	FRECUENCIA	-	-	-	4	5	5	-	1	-	1	-	-	-
	%	-	-	-	24	29	29	-	6	-	6	-	-	-
NIVEL 5	FRECUENCIA	-	0	1	1	3	4	-	-	-	-	1	-	-
	%	-	0	9	9	27	36	-	-	-	-	9	-	-
U N I D A D 5														
	TALLA	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9
SUPERFICIE	FRECUENCIA	-	6	22	21	25	4	1	2	-	-	1	1	-
	%	-	7	25	24	28	4	1	2	-	-	1	1	-
NIVEL 1	FRECUENCIA	-	-	1	6	7	6	1	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	3	16	18	16	3	-	-	-	-	-	-
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	-	5	2	11	7	-	-	-	1	1	-	-
	%	-	-	17	7	37	23	-	-	-	3	3	-	-
NIVEL 3	FRECUENCIA	-	11	19	29	43	18	1	1	4	-	1	3	-
	%	-	7	13	20	29	12	1	1	3	-	1	2	-
NIVEL 4	FRECUENCIA	1	9	33	58	92	60	5	8	6	9	4	2	-
	%	0	3	11	19	30	20	2	3	2	3	1	1	-
NIVEL 5	FRECUENCIA	18	37	105	47	70	48	9	5	1	1	-	1	-
	%	5	10	29	13	20	13	3	1	-	-	-	-	-
NIVEL 6	FRECUENCIA	25	28	101	90	29	7	-	3	4	4	-	1	-
	%	7	8	29	26	8	2	-	1	1	1	-	-	-
NIVEL 7	FRECUENCIA	-	2	9	7	10	8	-	3	1	2	2	-	1
	%	-	4	18	14	20	16	-	6	2	4	4	-	2
U N I D A D 6														
	TALLA	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9
SUPERFICIE	FRECUENCIA	-	-	-	5	9	7	1	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	-	21	38	29	4	-	-	-	-	-	-
NIVEL 1	FRECUENCIA	3	6	17	12	12	11	-	1	-	-	-	-	-
	%	5	10	27	19	19	17	-	2	-	-	-	-	-
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	3	12	28	18	16	3	2	2	2	-	-	1
	%	-	3	13	30	19	17	3	2	2	2	-	-	1
NIVEL 3	FRECUENCIA	-	1	13	16	42	36	10	1	6	3	3	-	-
	%	-	1	9	12	30	26	7	1	4	2	2	-	-
NIVEL 4	FRECUENCIA	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	-	-	-	75	-	-	-	-	-	-	-

Tabla III. Tallas de *H. cracherodii* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C1.

U N I D A D 1														
TALLA		1.9	2.9	4.9	6.9	8.9	10.9	12.9						
SUPERCIE	FRECUENCIA	-	3	5	4	-	-	-						
	%	-	27	45	36	-	-	-						
NIVEL 1	FRECUENCIA	3	-	-	-	-	-	-						
	%	75	-	-	-	-	-	-						
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	-	17	15	12	1	-						
	%	-	-	27	24	19	2	-						
NIVEL 3	FRECUENCIA	-	-	1	5	18	7	3						
	%	-	-	3	13	47	18	8						
NIVEL 4	FRECUENCIA	-	-	8	8	1	2	-						
	%	-	-	11	11	1	3	-						
NIVEL 5	FRECUENCIA	-	3	1	-	5	2	-						
	%	-	21	7	-	36	14	-						
U N I D A D 2														
TALLA		1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	10.99	11.99	12.99	13.99
SUPERCIE	FRECUENCIA	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	%	-	13	-	13	13	-	-	-	-	-	-	-	-
NIVEL 1	FRECUENCIA	-	14	5	9	14	5	3	4	-	1	1	2	-
	%	-	19	7	12	19	7	4	5	-	1	1	3	-
NIVEL 2	FRECUENCIA	-	8	19	4	2	8	3	6	-	1	-	-	-
	%	-	13	31	6	3	13	5	10	-	2	-	-	-
NIVEL 3	FRECUENCIA	-	14	-	3	5	4	8	12	15	7	4	8	1
	%	-	15	-	3	5	4	9	13	16	8	4	9	1
NIVEL 4	FRECUENCIA	-	1	1	4	2	2	1	6	4	1	-	-	-
	%	-	3	3	13	7	7	3	20	13	3	-	-	-
NIVEL 5	FRECUENCIA	-	1	1	1	-	2	1	-	-	1	-	1	-
	%	-	14	14	14	-	29	14	-	-	14	-	14	-
U N I D A D 3														
TALLA		1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	10.99	11.99	12.99	13.99
NIVEL 1	FRECUENCIA	4	-	3	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	%	9	-	7	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-
NIVEL 2	FRECUENCIA	5	16	6	8	10	3	6	6	3	3	-	-	1
	%	5	17	6	9	11	3	6	6	3	3	-	-	1
NIVEL 3	FRECUENCIA	19	16	5	7	4	2	4	4	1	2	-	-	-
	%	19	16	5	7	4	2	4	4	1	2	-	-	-
NIVEL 4	FRECUENCIA	11	4	-	1	3	3	2	2	1	1	2	-	-
	%	21	8	-	2	6	6	4	4	2	2	4	-	-
NIVEL 5	FRECUENCIA	-	2	-	2	1	-	1	2	-	-	-	-	-
	%	-	15	-	15	8	-	8	15	-	-	-	-	-

Tabla IV. Tallas de *H. cracherodii* a lo largo de la estratigrafía de las 3 unidades del sitio C2.

U N I D A D 4												
TALLA		1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	10.99	11.99
NIVEL 1	FRECUENCIA	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	38	13	0	0	0	0	0	0	0
NIVEL 2	FRECUENCIA	0	0	4	3	11	0	4	0	0	0	0
	%	0	0	22	17	61	0	22	0	0	0	0
NIVEL 3	FRECUENCIA	0	0	2	5	13	2	3	2	0	0	0
	%	0	0	5	13	33	5	8	5	0	0	0
NIVEL 4	FRECUENCIA	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	63	0	25	0	0	0	0	0	0
NIVEL 5	FRECUENCIA	0	0	4	1	3	1	0	0	0	0	0
	%	0	0	44	11	33	11	0	0	0	0	0
U N I D A D 5												
TALLA		1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	10.99	11.99
SUPERFICIE	FRECUENCIA	0	2	0	0	5	1	1	1	0	0	0
	%	0	18	0	0	45	9	9	9	0	0	0
NIVEL 1	FRECUENCIA	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	%	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0
NIVEL 2	FRECUENCIA	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIVEL 3	FRECUENCIA	0	0	9	0	6	1	0	0	0	0	0
	%	0	0	56	0	38	6	0	0	0	0	0
NIVEL 4	FRECUENCIA	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	%	0	0	0	0	0	0	33	33	0	0	0
NIVEL 5	FRECUENCIA	2	1	19	9	17	9	8	2	4	0	1
	%	3	2	30	14	27	14	13	3	6	0	2
NIVEL 6	FRECUENCIA	0	1	20	2	7	4	1	5	1	0	0
	%	0	2	48	5	17	10	2	12	2	0	0
NIVEL 7	FRECUENCIA	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	25	50	0	0	0	0	0	0	0
U N I D A D 6												
TALLA		1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	10.99	11.99
SUPERFICIE	FRECUENCIA	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0
	%	0	0	33	17	17	0	0	0	17	0	0
NIVEL 1	FRECUENCIA	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	17	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0
NIVEL 2	FRECUENCIA	0	5	11	9	4	4	1	1	1	4	1
	%	0	10	22	18	8	8	2	2	2	8	2
NIVEL 3	FRECUENCIA	6	3	13	17	8	2	2	1	2	0	0
	%	8	4	16	22	10	3	3	1	3	0	0
NIVEL 4	FRECUENCIA	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	%	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0

Tabla V. Valores absolutos de los rasgos tafonómicos para *M. californianus* de las 3 unidades del sitio C1.

UNIDAD 1										
NIVEL	FRAGMENTACION			INCRUSTACION			DESCORTEZADO			MNI
	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	
SUPERFICIE	0	104	6	10	53	47	1	81	28	110
1	5	447	17	13	251	205	6	312	151	469
2	2	109	6	3	73	41	1	83	33	117
4	2	66	7	8	37	30	4	49	22	75
5	0	14	0	1	7	6	1	10	3	14
UNIDAD 2										
NIVEL	FRAGMENTACION			INCRUSTACION			DESCORTEZADO			MNI
	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	
SUPERFICIE	0	18	2	15	0	5	6	8	6	20
1	2	46	58	27	22	57	23	45	38	106
2	2	89	10	3	28	70	11	44	46	101
3	1	78	9	26	21	41	3	58	27	88
4	0	85	2	23	23	41	6	51	30	87
5	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
UNIDAD 3										
NIVEL	FRAGMENTACION			INCRUSTACION			DESCORTEZADO			MNI
	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	
1	2	61	5	3	32	33	3	50	15	68
2	3	197	9	8	131	70	4	164	41	209
3	10	289	13	8	219	85	11	193	108	312
4	11	232	9	24	137	91	7	192	53	252
5	0	41	6	0	38	9	3	24	20	47

Tabla VI. Valores absolutos de los rasgos tafonómicos para *M. californianus* de las 3 unidades del sitio C2.

UNIDAD 4										
NIVEL	FRAGMENTACION			INCRUSTACION			DESCORTEZADO			MNI
	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	
1	1	17	2	0	3	17	1	10	9	20
2	0	11	16	1	8	18	0	16	11	27
3	6	28	19	7	20	26	2	26	25	53
4	1	8	8	1	6	10	0	8	9	17
5	0	7	4	1	5	5	0	6	5	11
UNIDAD 5										
SUPERFICIE	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	MNI
	6	70	13	19	25	45	2	43	44	
1	1	36	1	7	11	20	1	26	11	38
2	0	30	0	4	10	16	1	22	7	30
3	7	129	11	15	59	73	7	87	53	147
4	16	229	59	20	115	169	5	156	143	304
5	33	253	72	53	102	203	23	162	173	358
6	56	157	134	42	121	184	27	180	140	347
7	1	38	10	6	12	31	2	24	23	49
UNIDAD 6										
SUPERFICIE	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	NULO	ALTO	BAJO	MNI
	0	20	4	2	7	15	0	10	14	
1	1	46	16	8	28	27	3	33	27	63
2	5	64	25	15	22	57	2	38	54	94
3	11	109	19	22	39	78	15	50	74	139
4	0	4	0	0	3	1	0	4	0	4