



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

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA**

**EXPLOTACIÓN DE RECURSOS COSTEROS Y CONDICIONES
AMBIENTALES EN EL DELTA DEL RÍO COLORADO DURANTE LA
PREHISTORIA**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS PRESENTA:
ANA KATALINA CELIS HERNÁNDEZ**

Ensenada, Baja California, Junio de 2011

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Téllez Duarte, por su apoyo a lo largo de este trabajo y por abrirme un nuevo panorama de la Arqueología desde las herramientas oceanográficas.

Al Dr. Carlos Figueroa Beltrán, por el apoyo que me ofreció desde que llegué a la Ensenada y por compartir conmigo el interés de abrir caminos dentro de la Arqueología en México.

A la Dra. Sharon Herzka, por mostrarme el interesante mundo de los otolitos. Le agradezco el interés con que tomó mi tema de tesis y la atención con que comentó los borradores previos.

A Carmen Rodríguez, quien tuvo la paciencia para enseñarme a identificar, preparar y cortar muchos otolitos. Y por compartir la alegría cuando finalmente logramos lo que queríamos.

A los técnicos del CICESE, Víctor Moreno Rivera y Víctor Pérez Arroyo, por su apoyo y asesoría en el uso del equipo para la obtención de mis muestras.

El agradecimiento mayor es para mi familia: Ma, Pa, Tania, Andra y Oscar. Siempre sentí su apoyo aún en la distancia.

A mis siempre pequeños grandes motores: Luis, Emi y Grecia.

A tí Carlos, no termino de agradecer que seas mi compañero. Se terminó una etapa e iniciamos otra.

RESUMEN GENERAL

Antes del represamiento de las aguas del Río Colorado en los años 30s del siglo XX, éste fungió como la fuente más importante de entrada de agua dulce hacia el Golfo de California. Por efecto, en este espacio hoy conocido como el Alto Golfo de California, en el pasado se formó de manera estacional un estuario de aproximadamente 4000 km². Los depósitos arqueológicos abundan en el límite sur del Alto Golfo, como en toda la costa de Baja California que hace frente al Golfo de California. Con mucha frecuencia en estos depósitos culturales el principal componente son los moluscos lo que permite confirmar que la captura de moluscos y peces fue quizá la actividad de subsistencia más importante que llevó a que los grupos humanos frecuentaran esta costa. En el pasado, el flujo del Río Colorado controló la distribución y la abundancia estacional de los recursos que eran capturados por los grupos prehistóricos en el Delta. El objetivo de esta tesis es utilizar variables ecológicas (índices de Diversidad, Riqueza y Equitatividad) y ambientales ($\delta^{18}\text{O}$) para evaluar las estrategias de apropiación y las condiciones ambientales en que ocurrieron las actividades de captura de moluscos y peces en el Delta. Se analizaron dos depósitos arqueológicos tipo concheros (B18BP1 y Cala 2) ubicados en lo que se ha definido como el límite sur del antiguo estuario formado por el Río Colorado. Estos concheros conservan una separación de 2 km lo que supone que los grupos humanos encontraron prácticamente los mismos recursos en la costa sin embargo una diferencia temporal mínima de 653 años (radiocarbónicos) entre la formación de ambos concheros sugiere la posibilidad de que con el tiempo los grupos humanos hayan modificado sus estrategias de subsistencia y explotación de la ecología del Delta. Para inferir las condiciones ambientales existentes en el pasado se utilizaron valores isotópicos de oxígeno utilizando muestras de moluscos de las especies *Protothaca grata* y *Chione pulicaria* y muestras de otolitos de las especies *Totoaba macdonaldi*, *Micropogonias megalops* y *Cynoscion parvipinnis*. En el depósito más antiguo (B18BP1) la conjugación de los datos ecológicos y ambientales indicó que este conchero se formó de manera predominante en condiciones de no-flujo del Río Colorado. El comportamiento de las variables ecológicas corroboró que la colecta de recursos en B18BP1 fue significativamente más diversa y menos selectiva en comparación con el conchero más reciente (Cala 2). Esta variación sugiere que con el tiempo los grupos humanos, al frecuentar la costa del Golfo de California en Baja California, modificaron su organización de la subsistencia y enfocaron sus esfuerzos en sólo algunos de los moluscos más redituables.

CONTENIDO
ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN GENERAL.....	2
CONTENIDO.....	3
ÍNDICE GENERAL.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE ANEXOS.....	11
I.- INTRODUCCIÓN.....	12
Antecedentes.....	13
II.-OBJETIVO	
Objetivo general.....	16
Objetivos particulares.....	16
Hipótesis.....	17
III. ÁREA DE ESTUDIO.....	18
Contexto cultural.....	18
Características oceanográficas.....	20
IV. MARCO CONCEPTUAL.....	25
Concheros y el concepto de promediado en el tiempo.....	25
Teoría del costo-beneficio en grupos prehistóricos.....	26
Isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) como trazadores paleoambientales.....	27
Moluscos como trazadores paleoambientales.....	30
Otolitos como trazadores paleoambientales.....	32
V. MÉTODOS.....	34
Sitios arqueológicos	
Trabajo de campo.....	34
Sitio ASU14-179.....	34
Unidad B18BP1.....	36
Fechados.....	39
Sitio ASU14-178.....	39
Cala 2.....	39
Fechados.....	42
Promediado en el tiempo.....	42
Análisis tafonómico.....	42
Análisis ecológico.....	44
Análisis isotópico ($\delta^{18}\text{O}$).....	48
Procesamiento de muestras.....	48
Manejo de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados.....	52

VI.-RESULTADOS.....	56
ASU14-179 B18BP1.....	56
Promediado en el tiempo.....	56
Moluscos.....	56
Riqueza taxonómica.....	56
Diversidad y equitatividad.....	57
Análisis tafonómico.....	61
Análisis de tallas.....	65
Isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$).....	68
Otolitos.....	70
Riqueza taxonómica.....	70
Diversidad y equitatividad.....	73
Análisis de tallas.....	77
Isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$).....	80
Aplicación del modelo predictivo de valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{mol}}$ y $\delta^{18}\text{O}_{\text{oto}}$	84
ASU14-178 CALA 2.....	92
Promediado en el tiempo.....	92
Moluscos.....	92
Riqueza taxonómica.....	92
Diversidad y equitatividad.....	93
Isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$).....	95
Aplicación del modelo predictivo de valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{mol}}$	97
VII. DISCUSIÓN.....	100
Variación temporal y espacial en la captura de recursos costeros.....	100
Significado ambiental de los isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) en moluscos y otolitos.....	109
VIII.-CONCLUSIONES GENERALES.....	112
IX.-REFERENCIAS.....	114
X.-ANEXOS.....	123

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Línea de curso del Río Colorado previa a su desembocadura en el Golfo de California. Se muestra la extensión alcanzada por el antiguo Lago Cahuilla (Tomado de Laylander, 2006).
- Figura 2 Área de estudio en el Alto Golfo de California y ubicación de los concheros arqueológicos analizados en este estudio.
- Figura 3 Comparación del fraccionamiento (a) entre la calcita y el agua oceánica en la ecuación de Epstein et. al. (1953) y (c) entre la aragonita y el agua oceánica en la ecuación de Grossman y Ku (1986). El inciso (b) corresponde con el fraccionamiento entre calcita de origen inorgánico y el agua del océano (O'Neil et al. 1969).
- Figura 4 Modelo del registro ambiental de temperatura tal como ocurre en esqueletos biogénicos como las conchas de los moluscos (Modificado de Schöne et al., 2006).
- Figura 5 Ubicación de los tres pares de otolitos en un pez teleósteo. (Tomado de Volpedo, 2001).
- Figura 6 Unidad B18BP1. (A) Superficie de la unidad de excavación; (B) Actividad en el cernidor de 1/16"; (C) Nivel 6 de excavación, perfil norte; (D) Nivel 14 de excavación, perfil norte antes de colapsarse.
- Figura 7 Nomenclatura de los cuadrantes delimitados al interior de la unidad B18BP1 para incrementar el control horizontal de la estratigrafía.
- Figura 8 Estratigrafía del perfil oeste (arriba) y del perfil sur (abajo) de la unidad B18BP1 y coloración de las capas según la Tabla Münsell (Tomado de Porcayo y Rojas, 2010).
- Figura 9 Estratigrafía final de la Cala 2 del sitio ASU14-178 (Tomada de Porcayo, 2009).
- Figura 10 Especímenes de *Protothaca grata* (izquierda) y *Chione pulicaria* (derecha).
- Figura 11 Otolitos (arriba) e individuos (abajo) de las especies *Totoaba macdonaldi* (izquierda), *Cynoscion parvipinnis* (centro) y *Micropogonias megalops* (derecha). Fotografías de los otolitos: Isidro Madueño González. Ilustraciones: Chao (1995).
- Figura 12 Relación de la salinidad vs. δ_w (SMOW) obtenida a partir de muestras colectadas en el AGC. (Tomado de Dettman et. al., 2004).
- Figura 13 Dispersión, con base en la desviación estándar, de las edades radiocarbónicas de moluscos fechados en el depósito B18BP1.
- Figura 14 Variación en los índices de Diversidad de Shannon-Weaver (H'); de Equitatividad y de Riqueza (S), en los moluscos a lo largo de la estratigrafía del depósito B18BP1 del sitio ASU14-179.
- Figura 15 Histogramas de frecuencia de las diez especies dominantes ($\geq 1\%$) según la estratigrafía. Los histogramas se elaboraron con base en el MNI (en negro) y el peso total de especímenes en gramos (en gris).
- Figura 16 Histogramas de frecuencia de algunas de las especies no dominantes ($< 1\%$) según la estratigrafía. Los histogramas se elaboraron con base en el peso total de especímenes en gramos.

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

- Figura 17 Imagen que captura el momento en que dos individuos del género *Anachis* sp. aprovechan los restos de un pez que había quedado expuesto en la zona intermareal de San Felipe, B.C.
- Figura 18 Valores mínimos, máximos y de moda en la talla de bivalvos (talla antero-posterior) y gasterópodos (talla ápice-base de columela) identificados en la unidad B18BP1.
- Figura 19 *Muricanthus nigratus*. B18BP1 N.5 N2E2. Este tipo de especímenes fueron contabilizados como gasterópodos incompletos tomando en cuenta únicamente la presencia de la base de la columela. Se señala la ubicación del canal sifonal utilizado como estimación de la variabilidad en la talla de los individuos de esta especie.
- Figura 20 *Acanthina angelica*, B18BP1 Superficie. Modo de procesamiento al que era sometido el gasterópodo para extraer la carne. Se propone que de este era el primer paso en el procesamiento y del cual se derivaron los especímenes más números de esta especie: sus ápices (n=1282) y las bases de sus columelas (n=1376).
- Figura 21 Valores de $\delta^{18}\text{O}$ en especímenes de *P. grata* colectados a lo largo de la estratigrafía (eje Y) del conchero B18BP1 del sitio ASU14-179. En gris se representan los valores obtenidos en la segunda muestra de carbonato ubicada a una distancia de $\sim 370 \mu\text{m}$ en dirección al umbo. No se obtuvo un valor isotópico con moluscos en el nivel N.8-10.
- Figura 22 Izquierda: Asignación porcentual de las muestras de otolitos sagitales a seis familias taxonómicas. Derecha: distribución de las especies dentro de la familia dominante en las muestras. En ambas gráficas los valores representan la abundancia relativa (%) con base en el MNI.
- Figura 23 Distribución estratigráfica del número de especímenes (NISP, línea negra) y del número mínimo de individuos (MNI, línea gris) derivados de los otolitos sagitales recuperados en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.
- Figura 24 Variación en los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H'); de Equitatividad y de Riqueza (S), en los peces identificados por sus otolitos a lo largo de la estratigrafía del depósito B18BP1 del sitio ASU14-179.
- Figura 25 Histogramas de frecuencia de los otolitos asignados a cinco especies de sciánidos (izquierda) y otras cinco familias ictiológicas (derecha). Los histogramas se elaboraron con base en el MNI.
- Figura 26 Comportamiento general de la longitud del otolito (LO) en cada taxón en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.
- Figura 27 Valores de la longitud antero-posterior del otolito (LO) de diferentes taxones identificados en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. En los casos con más de un valor se presentan el mínimo, el máximo y la media de LO.

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

- Figura 28 Valores individuales de $\delta^{18}\text{O}$ de los márgenes de los otolitos de tres especies de peces obtenidos a lo largo de la estratigrafía (eje Y) del conchero B18BP1 del sitio ASU14-179. Se presentan como referencia los valores individuales obtenidos en el borde ventral de moluscos correspondientes al mismo nivel dentro del depósito.
- Figura 29 Comparación de los valores (máximo, mínimo y promedio) de $\delta^{18}\text{O}$ del hábitat de crianza (negro/n=4) y del hábitat de captura (gris/n=4) de tres especies ictiológicas en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. Los valores individuales de *T. macdonaldi* indicaron diferencias significativas ($H=4.08$, $gl=1$, $P=0.043$) entre el hábitat de crianza y el hábitat de captura de esta especie. Se presentan como referencia los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en la sección natal de 4 otolitos a los que Rowell et al. (2008) adjudican una antigüedad de ~1000 años (AP) y una proveniencia de un conchero ubicado en San Felipe, Baja California. No existen diferencias significativas entre los valores isotópicos del hábitat de crianza de nuestras muestras y las reportadas por Rowell et. al. (2008).
- Figura 30 Histograma de valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en todas las muestras de carbonato (moluscos y otolitos) del depósito B18BP1.
- Figura 31 Diagrama de valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos para los moluscos a partir de un modelo que considera las condiciones impuestas en el ambiente como producto de la influencia del Río Colorado en el Delta. Más del 60% de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en los moluscos del depósito B18BP1 se concentraron entre las líneas de -1 y 0.7 ‰ (VPDB) lo que indica que el carbonato fue precipitado en condiciones de no-flujo del Río Colorado.
- Figura 32 Diagrama de valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos para los otolitos (B18BP1) a partir de un modelo que considera las condiciones impuestas en el ambiente como producto de la influencia del Río Colorado en el Delta. La distribución de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en el margen (colores intensos) indican que el hábitat de captura de las especies *T. macdonaldi* (verde intenso) y *M. megalops* (rojo intenso) fueron más semejantes entre sí (valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre -0.9 y 0.5 ‰ (VPDB)) que con respecto a la especie *C. parvipinnis* cuyos valores isotópicos (azul intenso) representan una discrepancia respecto al hábitat de captura de los otros peces.
- Figura 33 Dispersión, con base en la desviación estándar, de las edades radiocarbónicas de moluscos fechados en el depósito Cala 2.
- Figura 34 Variación en los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H'); de Equitatividad y de Riqueza (S), a lo largo de la estratigrafía en la Cala 2 del sitio ASU14-178.

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

- Figura 35 Valores $\delta^{18}\text{O}$ de especímenes de *P. grata* (círculo) y *C. pullicaria* (diamante) colectados a lo largo de la estratigrafía (eje Y) en el conchero Cala 2 del sitio ASU14-178. El símbolo del cuadro vacío representa los valores obtenidos en la segunda muestra de carbonato ubicada a una distancia de $\sim 970 \mu\text{m}$ en dirección al umbo.
- Figura 36 Histograma de valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en todas las muestras de carbonato de los moluscos del depósito Cala 2 del sitio ASU14-178.
- Figura 37 Diagrama de valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos para los moluscos (Cala 2) a partir de un modelo que considera las condiciones impuestas en el ambiente como producto de la influencia del Río Colorado en el Delta. Más del 60% de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en los moluscos del depósito Cala 2 se concentraron entre las líneas de -2.2 y 1.3 ‰ (VPDB) lo que indica que el carbonato pudo haber sido precipitado en condiciones de flujo del Río Colorado.
- Figura 38 Índices ecológicos (valores mínimos, máximos y media) utilizados en el análisis ecológico de los moluscos en los depósitos B18BP1 y Cala 2 de los sitios ASU14-178 y ASU14-179, respectivamente. Diferencias significativas en la diversidad ($H=9.6$, $gl=1$, $P=0.002$) y la equitatividad ($H=8.07$, $gl=1$, $P=0.005$) indican que los grupos humanos que formaron el depósito B18BP1 recolectaron con relativa uniformidad una amplia variedad de moluscos presentes en el entorno.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Unidades de excavación en el sitio ASU14-179 con datos de su ubicación, la profundidad máxima alcanzada y la luz de malla utilizada para cernir el sedimento.
Tabla 2	Fechaos obtenidos en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179 (ΔR = factor de corrección por la diferencia regional respecto al reservorio marino global) (Datos tomados de Porcayo y Rojas, 2010).
Tabla 3	Fechaos obtenidos en la Cala 2 del sitio ASU14-178 (ΔR = factor de corrección por la diferencia regional respecto al reservorio marino global) (Datos tomados de Porcayo, 2009).
Tabla 4	Abundancia relativa de las especies dominantes ($\geq 1\%$) con base en el MNI en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.
Tabla 5	Índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.
Tabla 6	Promedio de la razón de valvas derechas e izquierdas a lo largo de la estratigrafía en las principales especies de bivalvos de la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.
Tabla 7	Número de ápices y de columelas con que se identificó a los especímenes incompletos de gasterópodos en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. El guión (-) indica que las especies fueron identificadas únicamente por sus especímenes completos y la barra (/) indica que las especies no presentan columela.
Tabla 8	Valores de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}O$) del carbonato de bivalvos <i>Protothaca grata</i> de la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. Los resultados corresponden al carbonato del extremo del borde ventral (0 μm) y a una segunda muestra ubicada a $\sim 370 \mu m$ en dirección al umbo. Se excluyeron del análisis los valores de los niveles N.6-8, N.10-12 y N.14-16 por motivos de error en el espectrómetro de masas.
Tabla 9	Distribución taxonómica de los otolitos sagitales en seis familias en la unidad B18BP1. Los valores representan el NISP. Los niveles de excavación que se utilizaron para el análisis de diversidad se muestran en negritas.
Tabla 10	Distribución de las especies ictiológicas dentro de la familia dominante Sciaenidae en la unidad B18BP1. Los valores representan el NISP. Los niveles de excavación que se utilizaron para el análisis de diversidad se muestran en negritas.
Tabla 11	Índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Equitatividad en los peces identificados por sus otolitos en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.

LISTA DE TABLAS (Continuación)

- Tabla 12 Valores de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) del carbonato de otolitos de tres especies de peces en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. Los resultados corresponden al carbonato obtenido en el margen y en el núcleo de un mismo otolito y fueron tomados a partir de una sección transversal de éstos.
- Tabla 13 Abundancia relativa de las diez especies dominantes ($\geq 1\%$) con base en el NISP en la Cala 2 del sitio ASU14-178.
- Tabla 14 Resultados de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis para muestras independientes comparando el contenido de moluscos en los niveles de excavación de 10 cm correspondientes a una misma capa. Se muestran los resultados de la prueba (H), los grados de libertad y la significancia (p). Los resultados significativos corresponden a un valor $P < 0.05$.
- Tabla 15 Índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Equitatividad calculados para la Cala 2 del sitio ASU14-178.
- Tabla 16 Valores de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) del carbonato de bivalvos *Protothaca grata* y *Chione pulicaria*, de la Cala 2 del sitio ASU14-178. Los resultados corresponde al carbonato del extremo del borde ventral ($0 \mu\text{m}$) y a una segunda muestra ubicada a $\sim 900 \mu\text{m}$ en dirección al umbo. Se omitió el valor isotópico de la segunda muestra en N.11 C-III de *C. pulicaria* porque se nos notificó de un error con esta muestra en el espectrómetro de masas.

LISTA DE ANEXOS

- Tabla I Clasificación taxonómica de los moluscos del depósito B18BP1. NISP=número de especímenes identificados; MNI= mínimo número de individuos; abundancia relativa por clase (%); porcentaje de especímenes completos y abundancia relativa por especie (% Total).
- Tabla II MNI de los gasterópodos y bivalvos identificados en el depósito B18BP1 del sitio ASU14-179. Las denominaciones N (Norte) y E (Este) corresponden a los cuadrantes en que se dividió la unidad durante la excavación. Al final de la tabla se presentan los resultados de las pruebas estadísticas realizadas con los cuadrantes de un mismo nivel de excavación (95% de confianza) y se resaltan en negritas los cuadrantes utilizados en los posteriores análisis estadísticos de esta unidad.
- Tabla III Razón de valvas derechas/izquierdas en los pelecípodos del depósito B18BP1 del sitio ASU14-179. Valores nulos en los estratos significa que la especie sólo se presentó en fragmentos no identificados a nivel de valva, o que simplemente no se presentó la especie.

I.- INTRODUCCIÓN

El enfoque de la arqueología ambiental analiza las evidencias dejadas por la actividad humana en el proceso de adaptación a un entorno naturalmente dinámico. Este enfoque considera que todos los organismos vivos experimentan cambios temporales en su distribución y abundancia por efecto de las presiones del clima, la ecología y el entorno físico, lo que eventualmente motiva la adaptación del comportamiento humano (Dincauze, 2000).

En el caso de los grupos prehistóricos costeros que habitaron en el área del actual Delta del Río Colorado, éstos hicieron uso e interactuaron con un ambiente natural cuya dinámica fue muy diferente a la actual. Anterior al represamiento de las aguas del Río Colorado en los años 30's del siglo XX, éste fungió como la fuente más importante de entrada de agua dulce hacia el Golfo de California. La descarga estacional de volúmenes de agua mantuvo en la desembocadura del Río una influencia directa sobre la ecología, y los procesos físicos y químicos del entorno dando lugar a la formación de un ecosistema estuarino. En el pasado, el estuario que dependía y era alimentado por el Río Colorado, debió promover una distribución particular de las comunidades de organismos marino costeros, lo que a su vez constituyó el escenario de adaptación de los grupos prehistóricos que frecuentaron el área.

Un elemento ineludible en el análisis de los sitios arqueológicos ubicados en el área de influencia del antiguo Delta es precisamente la consideración de la eliminación de la descarga estacional del Río Colorado hacia el Golfo de California, la cual, confirman estudios paleobiológicos, produjo cambios en el rol ecológico de algunas especies claves en el área. Si bien se trata de una afectación a la ecología reciente, el dato fundamental es que los grupos de cazadores-recolectores que hicieron uso del Delta, adaptaron sus estrategias de sobrevivencia a la variación y disponibilidad estacional de cierto tipo de estructura trófica que hoy ya sólo pertenece al pasado y que por lo tanto, las evidencias materiales producidas por las formas de adaptación de estos grupos así como los espacios geográficos en que quedaron concentrados los remanentes de su actividad son elementos clave, y por ende ya no sólo de interés para los arqueólogos, en la recuperación de datos que permitan emprender una reconstrucción paleoecológica del área de extensión del antiguo Delta. En este sentido, por medio del análisis de dos depósitos pertenecientes a diferentes concheros arqueológicos, este estudio busca evaluar las condiciones que antepone entender las estrategias de vida de los grupos humanos partiendo de las evidencias dejadas por su interacción con la ecología deltaica. Además, obteniendo valores de composición de isótopos estables de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) en muestras de

moluscos y otolitos procedentes de los mismos depósitos, se buscará evaluar la utilización conjunta de estos dos materiales arqueológicos como trazadores naturales de las condiciones paleoambientales que existieron en el pasado en el entorno acuático del Delta.

Frente a lo anterior, sin embargo, es importante mencionar que a pesar de que para algunas disciplinas como la paleontología es común considerar el fenómeno de promediado en el tiempo que puede afectar la resolución temporal de la información paleobiológica contenida en los conjuntos biológicos estudiados, dicha condicionante no ha sido considerada como norma al trabajar con los depósitos culturales tipo concheros ubicados sobre la franja costera del Golfo correspondiente a Baja California.

En resumen, tanto la actual alteración antropogénica del espacio geográfico como la dinámica natural consistente en los procesos de remoción y sedimentación que afectan en mayor o menor escala a los depósitos tipo conchero, de no ser considerados, pueden poner en duda la fidelidad de las interpretaciones que busquen entender el vínculo existente entre la ecología y los grupos humanos que habitaron el Delta del Río Colorado durante la prehistoria.

Antecedentes

Debido a que la mayoría de los organismos que precipitan carbonato de calcio para construir su exoesqueleto u otras estructuras lo hacen en equilibrio con la composición isotópica del agua circundante (δ_w), y debido a que ésta última es dependiente de la temperatura, la proporción de isótopos ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) contenida en el carbonato biogénico (aragonita/calcita) contiene información sobre las condiciones ambientales bajo las cuales un organismo creció (Wefer y Berger, 1991).

Con base en lo anterior, en la arqueología, el análisis geoquímico de los isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) se ha utilizado como una vía indirecta de conocimiento del vínculo existente entre el comportamiento humano y la ecología. Shackleton (1973) propuso el primer enfoque del uso de los isótopos de oxígeno en arqueología después de observar que el aprovechamiento diferencial de recursos naturales podía quedar reflejado en la estratigrafía de un depósito arqueológico. En el curso de una investigación dirigida a determinar la estacionalidad de la ocupación humana en un sitio arqueológico, este autor propuso los criterios básicos del método para hacer inferencias sobre estacionalidad utilizando los valores de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) en moluscos.

Los primeros resultados de investigación de Killingley y Berger (1976) con el mejillón más abundante de la zona intermareal rocosa de la costa oeste de norteamérica (*Mytilus californianus*), sugirieron que este molusco registraba la variación estacional de la temperatura superficial del océano por medio de los valores de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) a lo largo de sus anillos de crecimiento. Analizando los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de este mejillón encontrados en concheros arqueológicos de Baja California y por medio de la comparación con los valores isotópicos de especímenes, Killingley (1981) planteó el argumento de que la temperatura oceánica en el área del sitio había sido más baja durante el momento de la ocupación humana, lo que a su vez concordaba con la abundancia de taxones de moluscos procedentes de aguas frías.

Un aspecto importante del trabajo de Killingley y Berger (1976) fue encontrar que el mejillón estudiado no crecía de manera uniforme durante las estaciones de verano e invierno y que además, la precipitación de la cantidad de carbonato (CaCO_3) disminuía conforme aumentaba la talla. Esta situación resaltó el aspecto metodológico de utilizar especímenes modernos al comparar los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de las muestras antiguas, reforzando así las inferencias paleoambientales obtenidas.

El trabajo de Kenneth & Voorhies (1996) se ubicó en un asentamiento (el sitio Tlacuachero) inmerso en el estuario Acapetahua en la costa sur de Chiapas, en el Pacífico mexicano. En esta localidad, la comparación de los resultados de la composición de isótopos de oxígeno de muestras modernas y arqueológicas del bivalvo *Polymesoda radiata*, en conjunto con el análisis de otros materiales culturales, sugirieron que los grupos humanos del Arcaico Tardío (3000 a 1800 a.C.) recolectaban estos moluscos durante todo el año, aunque su extracción era mayor durante la temporada seca. Ese patrón, sin embargo fue sustituido por una recolección de moluscos exclusivamente en los meses más húmedos hacia el final de dicho periodo. La hipótesis de trabajo de los autores es que el inicio de la actividad agrícola, específicamente la preparación de los campos de cultivo de maíz en los meses secos en el área, es un componente importante en la explicación del cambio.

En el contexto del Alto Golfo de California (AGC), el trabajo con especímenes fósiles del bivalvo endémico *Mulinia coloradoensis* sugirió por primera vez valores de $\delta^{18}\text{O}$ empobrecidos en ^{18}O de hasta -6‰ los cuales correspondían al carbonato precipitado durante los periodos de mayor

flujo del Río Colorado y eran consistentes con el entorno estuarino en que se desarrollaron estos organismos antes del represamiento de las aguas de este Río (Rodríguez et al., 2001, 2001b).

La obtención de valores de $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato de un bivalvo moderno del AGC (*Chione cortezi*), aunado al uso de técnicas de esclerocronología, llevaron a Schöne et al. (2003) a demostrar que valores ligeros de $\delta^{18}\text{O}$ (~ -3 y -5 ‰) también ocurrieron en presencia de los flujos limitados que ha tenido el Río Colorado cada vez que las condiciones de exceso de agua en la represas localizadas río arriba se han resuelto liberando descargas de agua dulce hacia el Golfo. Una observación hecha por los mismo autores fue que durante esos flujos limitados de agua dulce los anillos de crecimiento individuales formados en el molusco fueron los de menor acreción lo que implica en términos generales que las condiciones ambientales existentes en el Delta durante el flujo del Río Colorado, no son las óptimas para el crecimiento del organismo.

El primer trabajo que reportó valores de $\delta^{18}\text{O}$ de carbonatos de especies recuperadas de los concheros arqueológicos del Alto Golfo fue el de Téllez-Duarte et al. (2008). En este trabajo los autores reportaron que un espécimen del bivalvo *Protothaca grata* colectado en la superficie de un conchero ubicado al sur del Delta en la costa de Baja California, presentaba valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre -3.44 ‰ y -3.99 ‰. Este dato corroboraba de forma indirecta que, en el pasado, la zona costera, cuyos recursos fueron aprovechados por los ocupantes del sitio arqueológico, estuvo influenciada por las descargas de agua dulce provenientes del Río Colorado.

Desde la propuesta por Shackleton (1973) sobre el uso de los isótopos de oxígeno en muestras de carbonato biogénicos para fines arqueológicos, la visión que se ha tenido desde otras ramas de la ciencia es considerar que los depósitos arqueológicos pueden proveer información en forma de series de tiempo de los cambios ocurridos en los ecosistemas marinos (Erlandson y Rick, 2010). Algunos autores han sugerido que la información arqueológica debe integrarse en bases de datos cuya consulta sirva para clarificar la magnitud de los cambios ecológicos que han ocurrido en un intervalo de tiempo mayor que el que ofrece la sola observación actual, sobre todo en el caso de aquellos ecosistemas que fueron alterados antes de que se implementara la investigación biológica (Jackson et al., 2001).

OBJETIVO GENERAL

Por medio de un análisis ecológico (riqueza, diversidad, equitatividad) y el análisis de la composición isotópica de oxígeno de moluscos y otolitos recuperados en dos depósitos arqueológicos del noreste de Baja California, se buscará evaluar las estrategias de apropiación y las condiciones medioambientales en que se dio la explotación de los recursos marino-costeros por grupos humanos prehistóricos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Describir las características ecológicas (riqueza, diversidad, equitatividad y talla) del conjunto de moluscos y peces (otolitos) recuperados en los depósitos arqueológicos.
- 2) Discriminar la presencia de modos de procesamiento especie-específicos en los moluscos por medio de un análisis tafonómico macroscópico.
- 3) Describir los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos de la última banda de crecimiento de muestras compuestas de moluscos y otolitos del mismo nivel estratigráfico.
- 4) Contrastar los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos de las primeras etapas del desarrollo de peces (núcleo de los otolitos) con los de la última banda de crecimiento para evaluar si hubo un cambio de hábitat (del estuarino al oceánico). Su inclusión en el análisis arqueológico tiene como objetivo integrar información relativa a las características de los recursos ecológicos (en específico, los peces) que estuvieron disponibles para los grupos prehistóricos.
- 5) Evaluar la correspondencia de las condiciones paleoambientales derivadas de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de moluscos y otolitos recuperados en la misma posición estratigráfica, y discutir los resultados en términos de la estación anual en que fueron capturados moluscos y peces ya que éstos representan la actividad de subsistencia más importante entre los grupos humanos prehistóricos que frecuentaron la costa del Golfo de California.

HIPÓTESIS

La costa noroeste del Golfo de California presenta evidencias de haber sido frecuentada por grupos humanos que basaron su subsistencia en la captura de una diversidad de moluscos y peces. La hipótesis de este trabajo consiste en proponer que la estación anual de esta actividad de subsistencia puede ser determinada utilizando un análisis ecológico de los desechos de consumo y un análisis de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) del carbonato contenido en las conchas de los moluscos y en los otolitos de los peces capturados.

III.- ÁREA DE ESTUDIO

Contexto cultural

El espacio geográfico que comprende la cuenca baja del Río Colorado y sus zonas desérticas adyacentes, encierra un pasado cultural cuyo estudio ha estado limitado por las dificultades que ha impuesto el entorno a la investigación arqueológica (Schaefer, 1994). Las posibilidades de encontrar restos de los asentamientos pertenecientes al periodo Paleoindígena (que transcurre a partir del 10,000 a.C.) en las zonas adyacentes a los márgenes del Río Colorado son realísticamente reducidas debido a que muchas de las evidencias probablemente están enterradas bajo sedimentos fluviales.

El pasado cultural de mayor significancia para el área de estudio de este trabajo corresponde a la historia que se ha escrito sobre los grupos humanos que a partir de ~700 d.C. habitaron en la cuenca baja del Río Colorado. El estado del conocimiento de estos grupos tiene su origen en los datos etnohistóricos que describieron los aspectos más generales de sus formas de vida y la etnografía realizada entre los grupos yumanos que aún se asentaban en los márgenes del Río en la porción correspondiente a los Estados Unidos durante la primera mitad del siglo XX. Una parte importante de la información disponible fue recopilada desde los años 30's del siglo XX por medio de excavaciones en áreas de dispersión de restos arqueológicos entre la zona desértica del Desierto del Colorado y la extensión geográfica de la cuenca del antiguo Lago Cahuilla (Schaefer, 1994).

El peso que ha tenido la información etnográfica recopilada a principios del siglo XX continúa vigente en el modelo que supone que en el pasado los yumanos asentados en el Río Colorado mantuvieron una tradición de adaptación al régimen climático árido y seco del Desierto del Colorado por medio de una práctica agrícola dependiente de las temporadas de inundación natural provocadas por el Río (Castetter y Bell, 1951). Sin embargo, una parte importante de las discusiones sobre el desarrollo cultural de estos grupos se ha dado en torno a la influencia que se le adjudica a los ciclos de inundación y recesión que en el pasado mantuvo el Lago Cahuilla. Se ha supuesto que estos ciclos ocurrieron por lo menos tres o cuatro veces como producto de la desviación natural del flujo del Río Colorado entre el 1200 d.C. y el 1700 d.C. (Laylander, 2006), aunque otros autores manejan un intervalo de tiempo anterior (entre el 700

d.C. y el 1500 d.C.) (Li et al., 2008) (Figura 1). Sin embargo, no es posible descartar que la inundación y recesión del Lago Cahuilla haya ocurrido en más ocasiones dentro del intervalo propuesto así como en otros momentos previos a 1200 d.C. Laylander (2006) considera que las transformaciones medioambientales del entorno geográfico provocadas por la aparición y desaparición del lago en un ciclo con frecuencia de 200 años pudieron convertirse en un estímulo para las comunidades yumanas asentadas en los márgenes del Río Colorado y en el Delta provocando consecuencias regionales sobre el tipo de asentamientos y formas de adaptación a los cambios en la disponibilidad de los recursos naturales. La interacción que se pudo desencadenar entre grupos lingüísticamente diferenciados y el alcance de la dispersión de la cultura material es quizá uno de los temas de mayor interés en la investigación arqueológica ligada a este fenómeno lacustre.

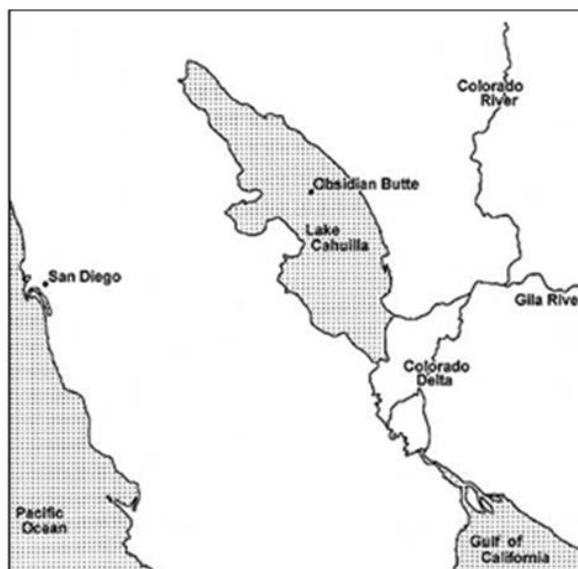


Figura 1. Línea de curso de Río Colorado previa a su desembocadura en el Golfo de California. Se muestra la extensión alcanzada por el antiguo Lago Cahuilla (Tomado de Laylander, 2006).

En comparación con lo anterior, el conocimiento arqueológico que se tiene de los yumanos asentados tanto en la zona deltaica como hacia el sur de ésta, dentro del territorio mexicano, es relativamente reciente. Los cambios ocurridos en el paisaje a partir del represamiento de las aguas del Río Colorado aunados a la ausencia de una larga tradición etnográfica en el área, han repercutido en el estado del conocimiento específico de los grupos kiliwa (una variante lingüística de los yumanos) que se asentaron en la zona sur del Delta. El paradigma de marginalidad que ha rodeado a estos grupos ya ha sido cuestionado con base en las

evidencias arqueológicas disponibles hasta el momento (Porcayo, 2010). Sin embargo, el vínculo entre los kiliwa y el antiguo estuario estacional formado por el Río Colorado, no ha sido un tema explorado. Dado que las tierras habitadas por los kiliwa no sufrían la inundación estacional que experimentaban los yumanos del norte (cucapá), tampoco gozaban de las ventajas de contar con suelo fértiles. Derivado de éstas condiciones, la práctica agrícola ha sido excluida como una posible forma de subsistencia de este grupo. Más recientemente, por otros rasgos lingüísticos y culturales que se conoce de los kiliwa, se les ha definido como los más divergentes dentro del grupo yumano (Wilken-Robertson y Laylander, 2010).

Los concheros arqueológicos que recientemente se han estudiado en la zona costera del Golfo de California permiten suponer que para los kiliwa y sus antepasados, la explotación de los recursos marino-costeros significó una parte considerable de su subsistencia, aunque no excluye el papel que tuvo la adquisición de otros recursos como animales y vegetales que quizá hayan sido recolectados en la zona montañosa, como el piñón, la bellota y el agave. Lo que se convierte en una pregunta de investigación es la manera en que se dio tal abastecimiento, ya sea por la vía de la movilidad grupal o bien, por la interacción con grupos ubicados en las sierra ubicadas al oeste de su zona de asentamiento. Se ha planteado que la regularidad del contacto entre grupos de la zona deltaica (específicamente los cucapá) y grupos de la zona montañosa, pudo basarse en la presencia de vínculos más amplios entre los yumanos que ocuparon el Delta (Wilken-Robertson y Laylander, 2010). Sin embargo, llegar a sustentar esto para el caso de los kiliwa requiere de evidencia arqueológicas que permitan caracterizar los detalles de tal interacción.

Con este trabajo se busca explorar el alcance explicativo de dos depósitos arqueológicos partiendo de un enfoque ambiental que considera a la dinámica del entorno estuarino como el espacio de adaptación de los kiliwa.

Características oceanográficas

Cuando se dio inicio a la inundación de la primera presa establecida en el cauce del Río Colorado (febrero de 1935) habían transcurrido sólo 60 años desde que John Wesley Powell publicara el reconocimiento geográfico de este espacio como uno de los cañones más profundos en el mundo (El Gran Cañón). Ni en ese entonces ni ahora se ha reconocido la

importancia histórica y ecológica del área, por lo cual ninguno de estos factores ha tenido peso en el manejo que se le ha dado a este Río. Hoy (2011), es ampliamente aceptado que la afectación principal al Río y el Delta se desencadenó a partir la inundación de las presas Hoover y Glen Canyon, las cuales reemplazaron el flujo natural por un control antropogénico de las aguas del Río Colorado (Lavín y Sánchez, 1999). En el presente las aguas del Río Colorado no fluyen hacia el Golfo de California a excepción de los años que presentan mucha lluvia y en los que se realiza una liberación controlada de descargas de agua dulce por el exceso existente en las presas construidas río arriba.

La parte más somera (≤ 30 m) del actual Delta del Río Colorado se conoce como el Alto Golfo de California (AGC) (Figura 2). Este espacio geográfico presenta las principales consecuencias de alteración ecológica desde el represamiento de las aguas del Río. En 1994, esta zona fue decretada Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado ($31^{\circ} 45' 06''$ a $31^{\circ} 11' 14''$ N y $114^{\circ} 33' 12''$ a $114^{\circ} 52' 43''$ W).

En la actualidad, el AGC es una zona árida y caliente por la influencia que ejercen los desiertos que la rodean (Álvarez-Borrego et al., 1975). A partir de la eliminación de la entrada estacional de agua dulce, el área experimentó un incremento en la temperatura, salinidad y densidad de sus aguas superficiales, así como una pérdida del abastecimiento de sedimentos que mantenían la construcción del Delta (Carriquiry y Sánchez, 1999). Hoy, esta zona se comporta como un estuario inverso (ó estuario negativo ó antiestuario), en el que el gradiente de salinidad va en incremento desde el océano hacia la cabeza a lo largo de todo el año, con valores de salinidad de entre 35 y 40 ups (Lavín et al., 1998). El umbral de la temperatura del área corresponde a un máximo de $\sim 32^{\circ}\text{C}$ (agosto) y un mínimo de $\sim 8^{\circ}\text{C}$ (diciembre). Este umbral se comporta como un gradiente que aumenta y decrece en dirección al noroeste presentando dicha inversión en los meses de marzo y septiembre, respectivamente (Álvarez-Borrego et al., 1975). En el AGC caen en promedio 68 mm de precipitación anual predominantemente durante la temporada de monzones que ocurre a finales del verano. En contraste, la evaporación puede llegar hasta los 0.9 m/año en el extremo norte (Lavín y Organista, 1988). En la actual condición de ausencia de flujo del Río Colorado, las mareas son el principal agente de formación de corrientes y de erosión de la plataforma somera del Delta. El régimen de marea en el AGC es semidiurno con una amplitud promedio de 6 m pero la amplitud del nivel de marea puede duplicarse en la desembocadura del Río durante mareas vivas. Lavín y Sánchez (1999) mencionan que la formación de masas de agua en el AGC se da

a lo largo de todo el año pero ocurre un momento entre diciembre y febrero en el que coincide que las aguas de mayor salinidad (las que fueron formadas en agosto) se enfrían y alcanzan la densidad suficiente para hundirse y ser expulsadas del AGC formando corrientes de gravedad. Estas corrientes, al ser más frías, más saladas y más densas, se desplazan por debajo de las aguas superficiales que, con dirección opuesta, provienen de la región oceánica del Golfo de California. Técnicamente, este es el fenómeno que hace que el sistema del AGC se considere como un estuario inverso.



Figura 2. Área de estudio en el Alto Golfo de California y ubicación de los concheros arqueológicos analizados en este estudio.

Entre marzo y abril de 1993, el Río Colorado presentó descargas controladas de agua dulce hacia el Golfo de California como resultado de la liberación de agua de las presas río arriba, lo que permitió reconstruir las características físicas prevalecientes en el Delta en condiciones de flujo (Lavín y Sánchez, 1999). Las investigaciones oceanográficas llevadas a cabo durante ese periodo se convierten en la fuente de datos que describen de forma más cercana las condiciones que debieron prevalecer en el Delta durante el tiempo que abarcan los asentamientos prehistóricos en el área.

Durante este evento, la boca del Río volvió a su condición estuarina, esto es, presentó menor salinidad que el entorno oceánico que la rodea lo que sugirió que la capa superficial del agua fue afectada por la presencia del agua dulce. Por su parte, la temperatura observada en los meses de marzo y abril de 1993 no varió con respecto a la observada en esa misma época del año en ausencia de flujos de agua dulce del Río Colorado. Siendo así, las aguas más dulces provenientes de la boca del río presentaron mayor temperatura que las aguas oceánicas lo que sugiere que la influencia de la evaporación sobre la temperatura de la capa superficial del agua en el AGC no fue minimizada por la presencia de flujos de agua dulce del Río Colorado. Con base en modelos de circulación, otra observación hecha por Lavín y Sánchez (1999) fue que los aportes de agua dulce tuvieron una influencia de manera pronunciada hacia la costa de Baja California, alcanzando una distancia de ~70km desde la boca del río hacia el sur, formando una franja de 10-20 km de ancho que llegó a San Felipe, B.C. Esto no se observó a la misma latitud en la costa continental de Sonora (Lavín y Sánchez, 1999). Este patrón de circulación se debe a las diferencias en la batimetría de ambas costas, ya que mientras la peninsular se caracteriza por ser somera y de pendiente suave, la ubicada del lado continental es más profunda y presenta una pendiente pronunciada a poca distancia de la costa (Lavín y Sánchez, 1999).

En lo que se refiere a las características ecológicas del Alto Golfo de California, a pesar de la alta productividad que caracteriza la región en el presente (Millán-Núñez et al., 1999; Hernández-Ayón, et al., 1993), en su condición actual la biota se ha visto seriamente afectada. Se estima que anterior al represamiento de las aguas del Río, éste vertía de 6 a 18×10^9 m³ de agua por año hacia el Golfo de California, una condición que proveyó de nutrientes a una densa población de organismos (Kowalewski et al., 2000). Mientras algunas especies de la flora y fauna han sido declaradas como biológicamente amenazadas frente a los cambios ecológicos, se supone que otras también deben de estar en riesgo por la pérdida de un hábitat que en el pasado fue propicio para su desarrollo (Glenn et al., 1996; Carriquiry y Sánchez, 1999; Ávila-Serrano, 2005; Cintra-Buenrostro et al., 2005; Rowell, et al., 2008a y 2008b).

Debido a que actualmente el ecosistema del Delta se encuentra severamente alterado, éste trabajo busca evaluar si los concheros arqueológicos existentes en el área conservan aún rasgos de la influencia que tuvo el estuario sobre las comunidades humanas de la prehistoria tardía. Se parte de que la información ecológica y ambiental ($\delta^{18}\text{O}$) contenida en los concheros

arqueológicos se puede usar para en documentar la presencia del antiguo estuario durante las actividades de subsistencia desempeñadas por estos grupos.

IV.- MARCO CONCEPTUAL

Concheros y el concepto de promediado en el tiempo

En la franja costera del Alto Golfo que comprende la península de Baja California, los sitios arqueológicos más comunes son los denominados como tipo concheros. En ellos es común la presencia de materiales diversos como cerámicos, líticos y restos de flora y fauna terrestre, entre otros. Sin embargo, el componente mayoritario de estos sitios es la acumulación de moluscos que evidencia la colecta y consumo humano de dichos recursos. En Arqueología, establecer los componentes culturales que forman parte de un conchero no ha sido una tarea fácil cuando en su acepción original un conchero se refiere a un basurero (“shell-midden”) ó montículo (“shell-mound”) sin hacer alusión a la complejidad social de sus creadores ni a las diferencias en el tamaño (en términos de la altura y del área) de estas concentraciones. Lamentablemente muchas veces la forma de evadir esta problemática de definición ha sido designar como conchero a todo sitio que contenga conchas.

Aquí consideramos que tomar un compromiso serio en relación a los concheros arqueológicos radica en entenderlos tanto en su contexto cultural como en su contexto deposicional. Desde la primera perspectiva, este trabajo entiende que los moluscos son sólo el medio que hace posible recuperar otro tipo de información que podrá proveer de detalles para la interpretación cultural de los creadores de un conchero. Así, para extraer información relacionada con aspectos como la intensidad de uso de los recursos costeros, las prácticas de consumo, o el impacto que evidencia la formación de un conchero sobre posibles cambios en el entorno ecológico, es necesario limitar el concepto de conchero a una designación preliminar que anteceda la búsqueda de las características distintivas del sitio arqueológico.

El otro acercamiento sugerido para los concheros es el de su contexto deposicional. En paleobiología es cada vez más necesario considerar que el registro fósil pueda ser el resultado de un promediado espacial y temporal provocado por diversos procesos tafonómicos, en lugar del reflejo fiel de un espacio y un tiempo específicos¹. Sin pasar por alto la diferencia de

¹ Behrensmeyer et. al.(2000) definen el concepto de fósil como todo material biológicamente generado y sin vida que estudian los paleontólogos como parte del registro de la vida en el pasado. Según estos autores, dos aspectos que caracterizan la composición del registro fósil y que creemos que tienen aplicación a la hora de evaluar el registro arqueológico, son: (1) su fidelidad, que se define como qué tan preciso o cercano, es el registro respecto a

intereses entre la Paleobiología y la Arqueología, en este trabajo hemos consideramos que el promediado en el tiempo es un rasgo implícito en alguno depósitos de formación antropogénica, y que por lo tanto la calidad del registro puede influir en la interpretación que realizan los arqueólogos.

A pesar de su importancia, el efecto de los procesos tafonómicos ha sido omitido en el análisis cultural de los concheros. En este trabajo he considerado pertinente reducir el peso de la tradicional infalibilidad que envuelve al concepto de estratigrafía relativa en lo que a los concheros arqueológicos se refiere.

Teoría del costo-beneficio

Hace ya algún tiempo Binford (1980) propuso que el análisis de las sociedades cazadoras-recolectoras partiera de considerarlas como portadoras de una serie de estrategias de organización de la subsistencia. En este trabajo se retoma su concepto del sistema recolector y se hace hincapié en que los grupos humanos objeto del presente estudio subsistieron mediante la planeación de estrategias enfocadas en la intercepción de sus recursos de subsistencia bajo un esquema estacional.

Estudios actualísticos del comportamiento humano en comunidades recolectoras de moluscos han documentado que lograr la maximización de un recurso implica un alto grado de especialización usando estrategias enfocadas a reducir la inversión de tiempo por cada unidad de beneficio capturada (Bird et al., 2002; 2004).

Las estrategias de organización de la subsistencia que se considera que están representadas en el registro arqueológico de los depósitos analizados en este estudio son dos: (1) un modo de procesamiento especie-específico que puede ser reconocido mediante un análisis tafonómico, y, (2) una aparente selectividad en los organismos recolectados, la cual fue evaluada por un análisis ecológico. Sin pretender que las variables estudiadas sean exhaustivas ó concluyentes, cuestionaremos los resultados obtenidos en términos de la teoría de costo y beneficio en la explotación y transporte de los recursos como parte del comportamiento adoptado por los grupos cazadores-recolectores.

la información original, y (2) su resolución, que se define como el intervalo espacial o temporal más fino al que puede ser asignados los materiales en estudio.

Isótopos de oxígeno como trazadores paleoambientales

Los isótopos son formas del mismo elemento que siendo químicamente iguales presentan masas diferentes como producto del número de protones que contienen. En su etimología la palabra isótopo significa “el mismo lugar” en referencia a que las formas de un mismo elemento ocupan el mismo lugar en la tabla periódica de elementos. Los isótopos estables son aquellos que no sufren descomposición radiactiva.

Los dos isótopos más abundantes del oxígeno (^{18}O y ^{16}O) han funcionado como trazadores paleoclimáticos a partir de que Epstein et al. (1953) demostraran, utilizando organismos vivos, que el cambio en la proporción de isótopos entre el carbonato biogénico (calcita) y el agua oceánica era dependiente de la temperatura y que dicha dependencia podía ser calibrada de manera empírica (Figura 3). Hoy se conoce que la diferencia entre la composición isotópica de la calcita y el agua es consecuencia de un proceso conocido como fraccionamiento o discriminación isotópica.

Un trabajo posterior que extendió el uso de los isótopos de oxígeno contenidos en las formas mineralógicas del carbonato de calcio fue el de Grossman y Ku (1986), quienes determinaron que el fraccionamiento entre la aragonita biogénica y el agua oceánica resultaba en una ecuación con un intercepto diferente al de la ecuación para la calcita de Epstein et al. (1953). Sin embargo, la pendiente era igual. Esta diferencia es causada por el nivel de fraccionamiento durante la formación de la aragonita la cual resulta 0.6 ‰ más enriquecida que la calcita (Grossman y Ku, 1986).

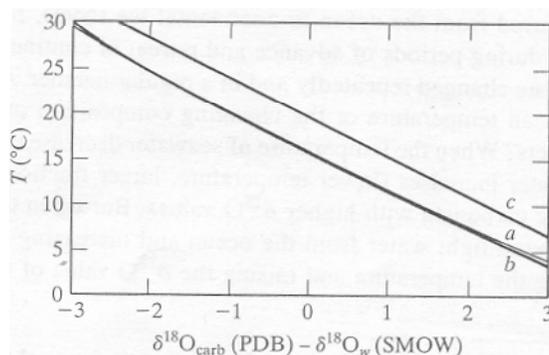


Figura 3. Comparación del fraccionamiento (a) entre la calcita y el agua oceánica en la ecuación de Epstein et. al. (1953) y (c) entre la aragonita y el agua oceánica en la ecuación de Grossman y Ku (1986). El inciso (b) corresponde con el fraccionamiento entre calcita de origen inorgánico y el agua del océano (O’Neil et al. 1969). Se observa que en el intervalo de temperatura actual de los océanos (0 °C a 30 °C) los valores de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) (V-PDB) varían entre +3 ‰ y -3 ‰ (Tomado de Sharp, 2007).

Por acuerdo común internacional, la proporción de isótopos ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, en el caso del oxígeno) no es reportada de manera directa con respecto al contenido de la muestra, sino como una razón de razones con respecto a estándares universales. Las diferencias isotópicas entre una muestra y el estándar universal se reporta como valores de δ en unidades de partes por mil (‰). El estándar para el carbonato de calcio es el V-PDB que corresponde con un valor de $\delta^{18}\text{O}=0\text{‰}$. Por su parte, la muestra estándar universal para reportar los valores de composición de isótopos de oxígeno en el agua (δ_w) es el SMOW que corresponde con un valor $\delta^{18}\text{O}=0\text{‰}$. Existe una necesidad de corregir la escala por un valor de 0.2 ‰ cuando se trabaja con sólo uno de los estándares (ya sea el del agua o el del carbonato) debido a la diferencia de fraccionamiento que existe entre el carbonato biogénico y el agua oceánica (Sharp ,2007).

La ecuación empírica de paleotemperatura para la aragonita de Grossman y Ku (1986) es la siguiente:

$$T (\text{°C}) = 20.6 - 4.34 (\delta^{18}\text{O}_{\text{ar}} - \delta_w)$$

donde T es la temperatura expresada en °C; $\delta^{18}\text{O}_{\text{ar}}$ es el valor de isótopos de oxígeno de la aragonita expresada en valores por mil (‰) en la escala estándar internacional V-PDB y δ_w es el valor (‰) de composición isotópica del agua oceánica referida en la escala estándar internacional SMOW.

Los valores de δ de una muestra no son valores absolutos sino valores comparativo 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.

Una condición que puede poner en riesgo la confiabilidad en los valores de δ es el grado de alteración o diagénesis de la muestra, ya que un material de carbonato de calcio que ha estado expuesto a altas temperaturas por su exposición al fuego o al efecto de meteorización atmosférica, tiene posibilidades de haber sufrido alteraciones en su proporción original de isótopos de oxígeno, en su arreglo mineralógico ó haber sido modificado en su química elemental (Andrus y Crowe, 2002).

Por otra parte es necesario hacer unos comentarios sobre el comportamiento de la variable representada en la ecuación de paleotemperatura por la composición isotópica del agua (δ_w). Debido a que el ciclo del agua favorece constantemente el desplazamiento diferencial de los isótopos pesados (^{18}O) y ligeros (^{16}O) de un reservorio a otro, procesos como la evaporación, la precipitación y el deshielo producen diferencias en el valor $\delta^{18}\text{O}$ del agua que son registradas directamente durante el crecimiento de un organismo. En condiciones exclusivamente oceánicas, es de suponer que la salinidad y la composición isotópica del agua (δ_w) cambian en proporciones tan bajas en el lapso de vida de un organismo, que las diferencias en el valor $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato son adjudicadas a una variación en la temperatura del océano donde valores bajos de $\delta^{18}\text{O}$ (un empobrecimiento en ^{18}O en la muestra) indica aguas más cálidas, y valores más altos (un enriquecimiento en ^{18}O en la muestra) indica aguas más frías. Un escenario diferente ocurre en presencia de condiciones de mezcla de aguas oceánicas y dulces. Debido a que las aguas de los ríos acumulan isótopos ligeros (^{16}O) provenientes del deshielo en las montañas y la precipitación, su desembocadura en el océano provoca condiciones de enriquecimiento en el isótopo ligero y cambios consiguientes en la composición isotópica del agua (δ_w), que se hace más ligera. En un escenario estuarino clásico, en el cual hay aportes de agua dulce hacia el mar, las señales isotópicas permiten identificar la proporción de mezcla entre las aguas dulces y las aguas oceánicas (Dodd y Stanton, 1990, Dettman et al., 2004). Por otra parte, altas tasas de evaporación como las que se presentan en el Delta del AGC provocan un desplazamiento de los isótopos ligeros y una permanencia – enriquecimiento- en el isótopo pesado (^{18}O) en las aguas superficiales lo cual modifica la composición isotópica del agua (δ_w) haciéndola más pesada.

Se ha argumentado que el modelo de fraccionamiento entre la aragonita y el agua oceánica propuesto en la ecuación de Grossman y Ku (1986) no es el apropiado para analizar otras estructuras como los otolitos (Campana, 1999). Las ecuaciones para derivar la temperatura a partir de los valores de composición de isótopos de oxígeno ($T_{\delta^{18}\text{O}}$) en otolitos se han basado en diferentes especies de peces (Kalish, 1991; Weidmar y Miller, 2000; Thorrold et al., 2007). En este trabajo se ha seguido la propuesta de Campana (1999), que consiste en utilizar la ecuación de Kim y O'Neil (1997) para la calcita realizando un ajuste por la diferencia de fraccionamiento entre ésta y la aragonita. La ecuación descrita por Campana (1999) es la siguiente:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{oto}} - \delta_w = 3.71 - 0.206 T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

donde $\delta^{18}\text{O}_{\text{oto}}$ es el valor de isótopos de oxígeno de la aragonita contenida en el otolito y expresada en valores por mil (‰) en la escala estándar internacional V-PDB; δ_w es el valor (‰) de composición isotópica del agua oceánica referida en la escala estándar internacional SMOW y T es la temperatura expresada en °C.

Moluscos como trazadores paleoambientales

Las bandas de crecimiento en los moluscos se forman como producto de la deposición de carbonato de calcio (aragonita, calcita o vaterita) y una matriz orgánica (conquiolina) bajo distintos patrones temporales. En nivel microscópico es posible trabajar con patrones semidiurnos, diurnos, quincenales, mensuales, anuales ó los creados por efecto del estrés bajo eventos ambientales inusuales. Todos estos patrones de crecimiento coinciden en que son producto de la interacción entre las condiciones ambientales y la fisiología propia del organismo (Lutz y Rhoads, 1980). Entre los moluscos, los bivalvos han sido los más utilizados en el análisis de bandas de crecimiento, ya que es más fácil de obtener una sección transversal que en un gasterópodo, favoreciéndose así el estudio de su ontogenia. Otra de las razones es que los bivalvos tienen la facultad de registrar la periodicidad creada por las mareas como consecuencia de los efectos fisiológicos de la respiración aeróbica (durante la marea alta) y anaeróbica (durante la marea baja). Esta idea corresponde con la hipótesis Lutz-Rhoads que expresa lo siguiente: en condiciones de marea alta y en presencia de aguas bien oxigenadas, el metabolismo aeróbico en los moluscos está asociado a una actividad de bombeo bajo la cual ocurre la deposición del carbonato de calcio y el material orgánico. Cuando inicia la marea baja, el organismo, expuesto a condiciones anaeróbicas, cierra sus valvas creando un microambiente dentro del cual se eleva la segregación de ácido butanodioico. Aunque el efecto es neutralizado por la disolución de carbonato de calcio de la misma concha, la proporción de materia orgánica-carbonato de calcio en la interface entre el manto y la concha tiende a elevarse. Cuando vuelven las condiciones de marea alta y la concentración de oxígeno es suficiente para que el molusco vuelva a abrir sus valvas, el metabolismo aeróbico es restaurado. El evento que estructuralmente representa un incremento en la talla del bivalvo es el recubrimiento con carbonato de calcio de la base orgánica residual producida durante el estado anaeróbico previo (Lutz y Rhoads, 1980).

Además de estar sujetos a factores extrínsecos como las mareas, los moluscos presentan un umbral óptimo de crecimiento que es controlado principalmente por la temperatura. En términos del análisis paleoecológico, este aspecto es importante debido a que la composición de isótopos de oxígeno del agua (δ_w) sólo es registrada por una estructura de carbonato que se encuentra en crecimiento, lo que implica que es necesario conocer aspectos de la fisiología de las especies utilizadas en el análisis para evitar hacer inferencias basadas únicamente en sus condiciones de tolerancia (Goodwin et al., 2001) (Figura 4). Como no debe esperarse poder obtener un registro definitivo de la variación anual de temperaturas con base en los valores de composición de isótopos de oxígeno de una sola especie, se ha propuesto trabajar las reconstrucciones paleoambientales considerando diferentes taxones dentro de un mismo estudio (Schöne et al., 2006).

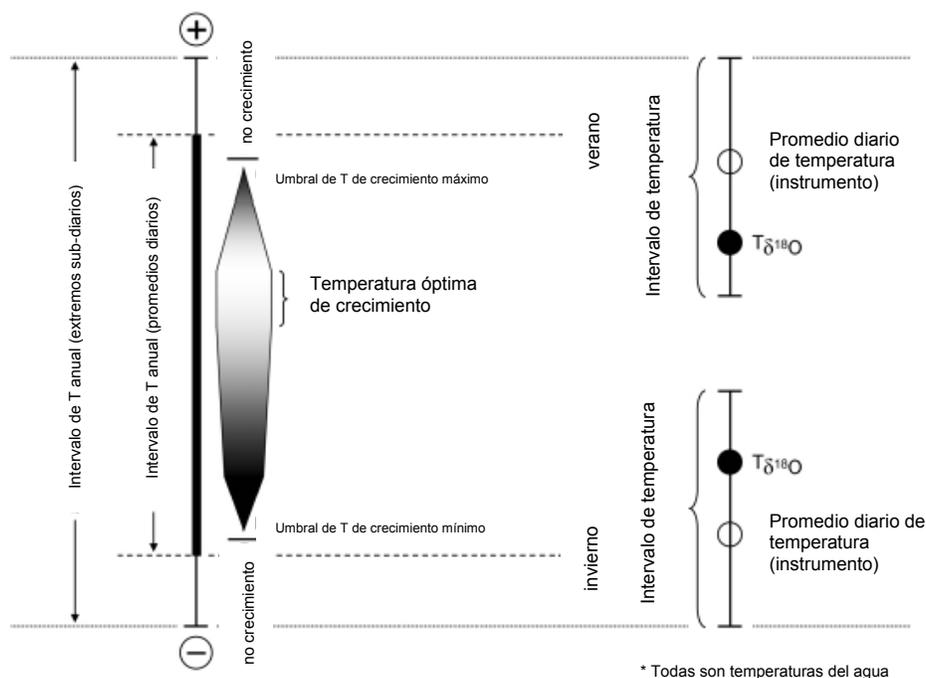


Figura 4. Modelo del registro ambiental de temperatura tal como ocurre en esqueletos biogénicos como las conchas de los moluscos. Hacia los límites del umbral de temperatura tolerado por cada especie, la acreción cesa dando por resultado que en las condiciones más cálidas de verano, la temperatura isotópicamente derivada ($T_{\delta^{18}O}$) se halle subestimada mientras que en las condiciones más frías de invierno la $T_{\delta^{18}O}$ se encuentre sobreestimada (en ambos casos sin alcanzar el registro del promedio diario de temperatura medido por un instrumento) (Modificado de Schöne et al., 2006).

Otolitos como trazadores paleoambientales

Los peces óseos presentan tres pares de estructuras óseas mineralizadas (*lapillus*, *sagitta*, y *asteriscus*) conocidos comúnmente como otolitos (literalmente “piedras del oído”), que se localizan en el cerebro y cuyas funciones están ligadas al movimiento, orientación y audición en los peces (Popper et al., 2005) (Figura 5). Por ser las sagittae (plural) el par más grande de otolitos, con un rango que va de milímetros a centímetros (Pannella, 1980), las posibilidades de su recuperación en las excavaciones arqueológicas siempre son comparativamente mayores que para los otros pares.

La forma y el tamaño de los otolitos son específicos a cada especie, aunque en términos generales, poseen una forma elíptica, comprimida y su eje mayor en el sentido antero-posterior. Cada otolito es una imagen especular del otro lo que permite fácilmente diferenciar uno derecho de uno izquierdo. No existe una escala directa que permita determinar la talla corporal de los peces a partir del tamaño relativo de sus otolitos sin considerar su asignación taxonómica. Al parecer el tamaño del otolito depende menos de aspectos relacionados con la talla corporal y más de las necesidades específicas de reacción locomotora y de audición de las especies (Popper et al., 2005). Lo anterior implica que sólo es posible derivar una relación entre la talla de un pez y las dimensiones de su otolito de forma independiente para cada especie.

Los otolitos están formados de carbonato de calcio en la forma mineralógica de aragonita. Esta es precipitada como producto del proceso de biomineralización que ocurre en equilibrio con el ambiente (Kalish, 1991; Thorrold et al., 1997). Debido a que la acreción concéntrica en estas estructuras ocurre en forma de bandas de crecimiento que adoptan diferente tonalidad (opaca/hialina) según si el pez está creciendo o no, y por extensión de acuerdo con una estación anual (verano/invierno), los otolitos se utilizan en estudios de ecología pesquera para conocer características de las comunidades ictiológicas tales como la edad, crecimiento, migración, diferenciación de stocks, etcétera (Campana, 1999, VanderKooy y Guindon-Tisdell, 2009). Además, debido a que las bandas no sufren disolución ni cambios en el tiempo de vida del pez, aquellos que han nacido en aguas con características físico-químicas diferentes a las que habitan previo a su muerte, tienen impresas huellas químicas que confirman el haber realizado dicha transición entre hábitats en un momento de su vida (Campana, 1999).

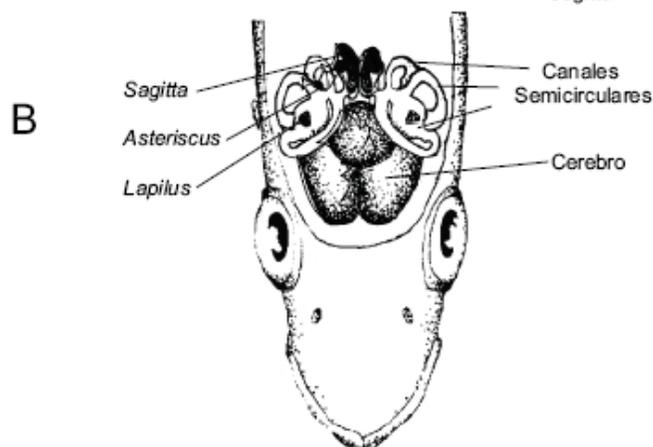


Figura 5. Ubicación de los tres pares de otolitos en un pez teleosteo. (Tomado de Volpedo, 2001)

Los otolitos hallados en excavaciones arqueológicas proveen de información indirecta sobre las actividades humanas y el entorno marino del que se supone que provino la fauna ictiológica encontrada en un sitio. La lectura directa de la tonalidad en la última acreción registrada en el otolito previo a la muerte del pez ha sido sugerida como una técnica para determinar la estación anual (otoño/invierno) de ocupación de un sitio arqueológico. Sin embargo, algunos investigadores han llamado la atención a la necesidad de validar la forma en que se producen las bandas de crecimiento en especímenes modernos de la especie en estudio, previo a hacer inferencias a partir de muestras arqueológicas (Andrews et al., 2003). Otro enfoque dentro de la arqueología ha consistido en usar los otolitos en conjunto con el análisis de la composición isotópica ($\delta^{18}\text{O}$) de las bandas de crecimiento, lo que ha permitido incrementar la fidelidad de las interpretaciones sobre estacionalidad y uso de los recursos ictiológicos entre grupos humanos prehistóricos (Hufthammer et al., 2010). Finalmente, al igual que se ha demostrado con los moluscos, la integración de otolitos arqueológicos en estudios de paleoambiente ha permitido demostrar el grado de alteración ecológica de un área contrastando la composición isotópica ($\delta^{18}\text{O}$) de especímenes antiguos con ejemplares actuales de la misma especie (Rowell et al., 2005; Rowell et al., 2008b).

V.- MÉTODOS

SITIOS ARQUEOLÓGICOS

En esta investigación se analizaron dos concheros arqueológicos ubicados a una distancia de ~80 km de la boca del Río Colorado y ~10 km al sur del poblado de San Felipe en el municipio de Mexicali, Baja California (Figura 2). Estos sitios fueron denominados como ASU14-178 y ASU14-179, por el Proyecto Registro y Rescate de Sitios Arqueológicos de Baja California-Fase Municipio de Mexicali (PRRSABC-FFM), a cargo del Arq'lgo. Antonio Porcayo Michelini del Centro INAH-Baja California. El objetivo de dicho proyecto ha sido, desde 2006, indagar sincrónica y diacrónicamente la secuencia cultural de ocupación de los antiguos pobladores del área.

TRABAJO DE CAMPO

Sitio ASU14-179

Este conchero se asienta sobre una serie de dunas costeras localizadas a 10 km al sur del poblado de San Felipe. Las coordenadas UTM del sitio son 715975 E y 3425865 E. Con dimensiones de 325 m por 135 m, el área de dispersión de los materiales arqueológicos en el sitio es de 58,000 m². Además del componente arqueológico, el sitio se asienta sobre una estructura de cantiles pertenecientes al Pleistoceno, razón por la cual la localidad posee también una importancia geológica (Dr. Miguel Téllez-Duarte, comunicación personal, 2008). En este sitio, la vegetación endémica había otorgado estabilidad a las dunas permitiendo la conservación en buen estado de diversos materiales culturales que se exponían en superficie. Sin embargo, en el año 2008 algunas áreas del conchero fueron alteradas por el uso de maquinaria pesada para nivelar el terreno con el fin de vender lotes de vivienda.

Este conchero fue excavado en diciembre de 2009 con el apoyo de estudiantes de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), quienes bajo la dirección de los arqueólogos Antonio Porcayo Michelini (Centro INAH-BC) y Juan Martín Rojas (Museo Nacional de Antropología), realizaron parte de sus prácticas profesionales en el sitio. La ubicación de las unidades de excavación correspondió en principio a la necesidad de sondear el terreno en

busca de áreas del conchero arqueológico que no hubieran sido alteradas durante la nivelación.

Las unidades tuvieron una dimensión inicial de 2 m por 2 m y se excavaron en niveles arbitrarios de 10 y 20 cm según el criterio de quien excavó. En adelante nos referimos a estos niveles arbitrarios como niveles de excavación. En campo, a todos los elementos recuperados (culturales y biológicos) se les asignó una nomenclatura de acuerdo a la profundidad y capa de su procedencia en la estratigrafía de cada depósito. Así por ejemplo, las muestras encontradas a una profundidad de 40 cm y dentro de la Capa II, fueron designadas como procedentes de N.4 C.II. Cada unidad se posicionó por medio de un GPS utilizando el sistema WGS84 y fue registrada con un nombre compuesto por el lote correspondiente en los planes de estructuración del predio y un número continuo dado por el proyecto arqueológico (Tabla 1). Al cerrar la excavación de cada unidad se elaboró un registro gráfico de (1) la extensión de las capas estratigráficas identificadas en las cuatro paredes y (2) su coloración con base en la Tabla Münsell. En adelante nos referiremos como unidad al área de trabajo arqueológico y como depósito al contexto sedimentario cuyos atributos culturales analizamos en este trabajo con base en su posición estratigráfica (Stein, 1987).

Con seis unidades ubicadas en diferentes áreas del terreno arenoso se intentó determinar la estratigrafía original y el grado de alteración del sitio ya que dados los antecedentes era de esperar que algunos depósitos presentaran escenarios descontextualizados.

En la excavación de las unidades se utilizaron cribas para separar la matriz sedimentaria (arena) extraída y se recolectó la totalidad de los materiales culturales (fragmentos de lítica y cerámica, principalmente) y biológicos (restos óseos de fauna, otolitos y restos botánicos) que fueron retenidos en la luz de malla utilizada según el caso (1/8 y 1/16 pulgadas) (Tabla 1 y Figura 6 B).

La unidad B18BP1 (Bloque 18B- Pozo 1) fue a nuestro criterio la que tuvo mayor confiabilidad respecto a la estratigrafía original del depósito y por lo tanto, fue la utilizada en esta investigación para llevar a cabo el análisis de riqueza, diversidad y tallas de las especies de moluscos y otolitos en el sitio. A continuación se describe el proceso de excavación de dicha unidad. En los siguientes párrafos se toma como fuente el informe de las excavaciones elaborado por Porcayo y Rojas (2010).

Tabla 1. Unidades de excavación en el sitio ASU14-179 con datos de su ubicación, la profundidad máxima alcanzada y la luz de malla utilizada para cernir el sedimento.

Unidad de excavación	Ubicación UTM	Profundidad máxima (cm)	Luz de malla utilizada en criba (pulgadas)
B18BP1	E 0716093, N 3425726	160	1/16
B18BP2	E 0716057, N 3425796	80	1/8
B19C1	E 0715984, N 3425777	120	1/16
B17P1	E 0716023, N 3425706	60	1/8
B18P1	E 0716061, N 3425679	150	1/16
B20P1	E 0715979, N 3425826	150	1/16

Unidad B18BP1

El espacio del conchero donde se ubicó la unidad B18BP1 fue elegido por la presencia en superficie de una concentración de valvas de la especie *Cardita affinis* en un contexto quemado (Figura 6 A). Considerando las actividades de nivelación que previamente habían tenido lugar en el terreno, ésta concentración de un solo taxón de molusco contenida por una lente de carbón, nos sugirieron la presencia de un contexto de actividad a partir del cual poder explorar la estratigrafía original del depósito.

Con el fin de poseer el mayor control horizontal posible sobre los cambios estratigráficos en el depósito, la unidad fue manipulada durante la excavación conforme a cuatro cuadrantes de 1 m por 1 m (Figura 7). El datum de la unidad de excavación se localizó en las coordenadas UTM E 0716093 y N 3425726 (Tabla 1).

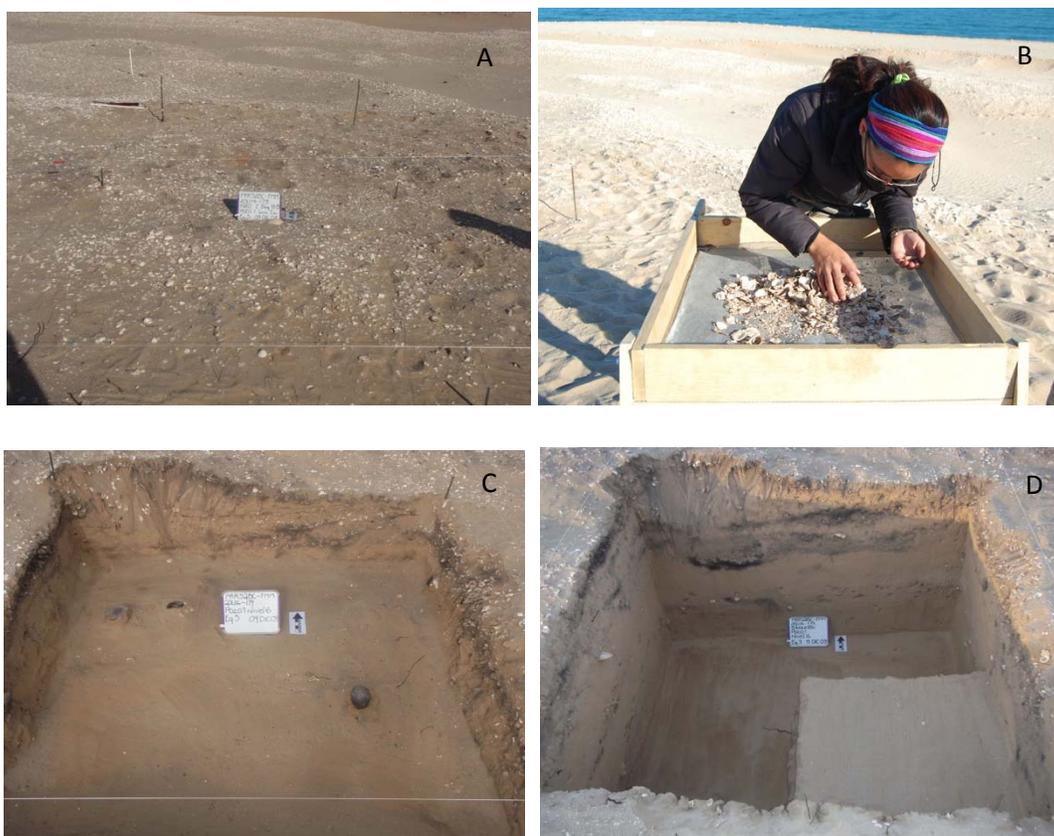


Figura 6. Unidad B18BP1. (A) Superficie de la unidad de excavación; (B) Actividad en el cernidor de 1/16"; (C) Nivel 6 de excavación, perfil norte; (D) Nivel 14 de excavación, perfil norte antes de colapsarse.

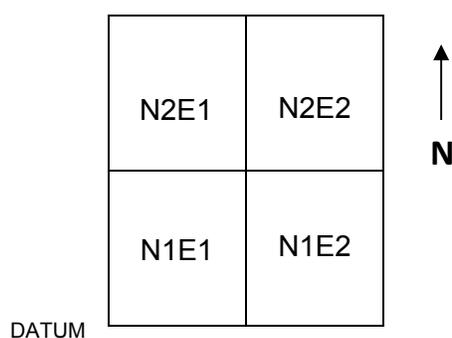


Figura 7. Nomenclatura de los cuadrantes delimitados al interior de la unidad B18BP1 para incrementar el control horizontal de la estratigrafía.

El contexto quemado que fue percibido en superficie estuvo contenido en una capa de arena fina de coloración ocre (10 YR 7/3 Very Pale Brown) y se extendió hasta los 40 cm de profundidad (N.4) en donde fue recuperada una piedra quemada con huellas de uso. En el

sedimento contenido entre superficie y hasta los 60 cm (N.6) se observaron diversas lenticulas de carbón, algunas de los cuales se aprecian en la estratigrafía registrada en los perfiles (Figura 6 C y Figura 8). Es importante mencionar que a pesar de la abundancia de estas lenticulas, en pocos de los casos el carbón fue colectado debido a que su consistencia era en general deleznable entre los granos de arena que componían el sedimento. Es así que, en esta unidad no se encontraron trozos sólidos de carbón que pudieran considerarse coetáneos con el estrato.

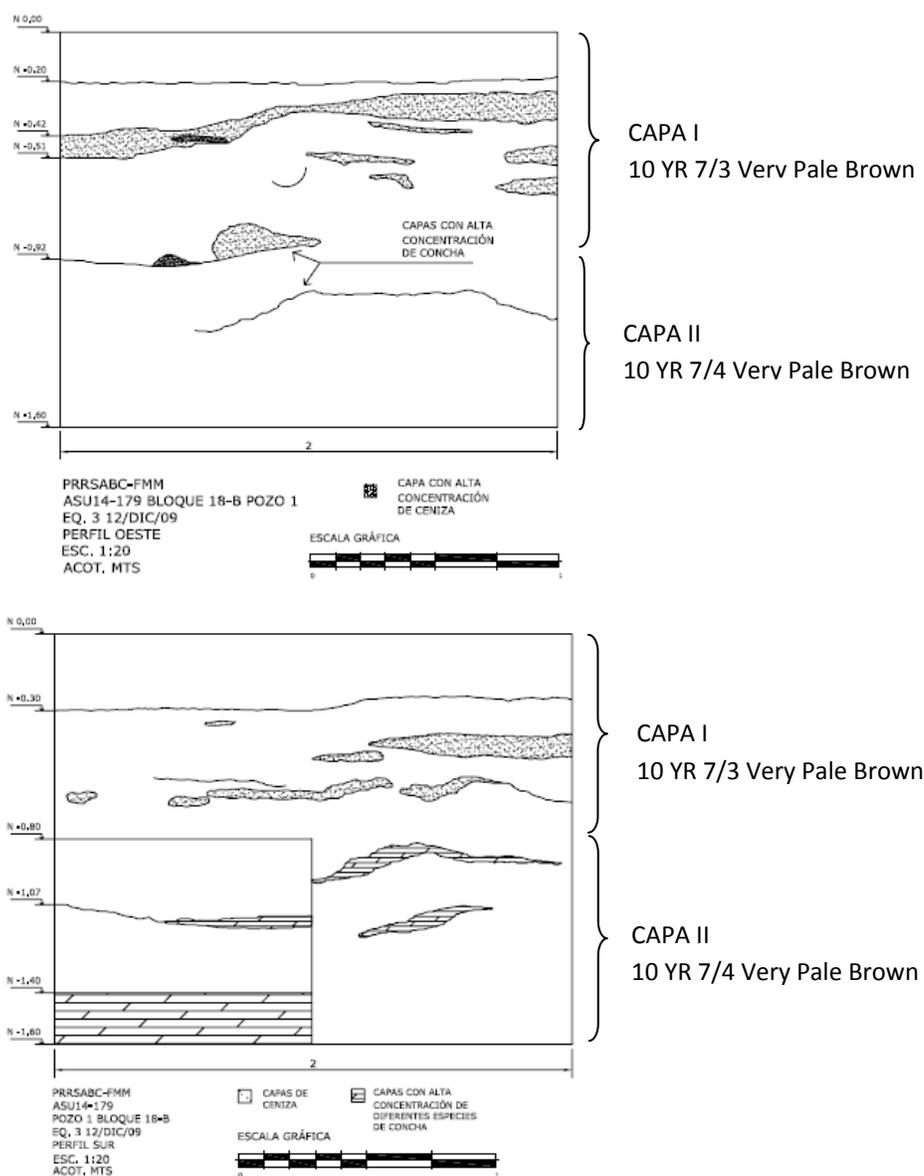


Figura 8. Estratigrafía del perfil oeste (arriba) y del perfil sur (abajo) de la unidad B18BP1 y coloración de las capas según la Tabla Münsell (Tomado de Porcayo y Rojas, 2010).

A una profundidad de 80 cm (N.8) en los cuadrantes N1E1 y N2E1, se identificó una concentración de columelas de *Muricanthus nigrinus* asociada a la presencia de carbón y sólo algunas de ellas quemadas. Este nivel de excavación coincidió con el fin de la Capa I (10 YR 7/3 Very Pale Brown) y el inicio de la Capa II. Esta última fue identificada en campo como un sedimento arenoso de coloración ocre (10 YR 7/4 Very Pale Brown) y de consistencia compacta y húmeda. Además de haber sido una capa uniforme desde N. 8, fue caracterizada como una matriz sedimentaria que contuvo pocas conchas (excepto en los cuadrantes donde se localizó *M. nigrinus*) y pocos restos óseos de fauna.

Desde el N.8 y hasta el final de la excavación a 1.60 m de profundidad (N.16), sólo se recuperaron materiales culturales en el cuadrante N2E2 y se detectó un incremento en la concentración de los bivalvos *Glycymeris maculata* y *Dosinia sp.* con un pico de abundancia máxima ubicado entre los 100 y los 120 cm de profundidad (N.10-12) en la esquina noroeste de N1E1. Las lentículas de carbón fueron sólo esporádicas hacia el final del depósito.

El registro de la estratigrafía sólo pudo hacerse sobre los perfiles oeste y sur (Figura 8) debido a que: (1) los fuertes vientos colapsaron la pared norte cuando la unidad había alcanzado una profundidad de 140 cm (Figura 6 D) y, (2) porque el cuadrante este fue descartado de la excavación para ser utilizado como escalón de acceso a la unidad a partir de N.8.

Fechados

Para los fechados de este depósito sólo se contó con muestras de moluscos (Tabla 2). Utilizando la técnica de datación basada en la proporción de ^{14}C se obtuvo la edad en años radiocarbónicos de especímenes del bivalvo *Glycymeris sp.* recuperados en diferentes niveles de la estratigrafía. Para la corrección por la diferencia regional respecto al reservorio marino global, se utilizó un factor (ΔR) con valor de 634 ± 55^2 . La calibración se hizo utilizando la curva de calibración marine09.14c en el programa CALIB 3.0 (Stuiver y Reimen, 1993).

² El valor corresponde al derivado por Goodfriend y Flessa (1997) tal como aparece en la base de datos global de valores de corrección (ΔR) disponible en <http://www.calib.qub.ac.uk/marine>.

Tabla 2. Fechados obtenidos en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179 (ΔR = factor de corrección por la diferencia regional respecto al reservorio marino global) (Datos tomados de Porcayo y Rojas, 2010)

# Muestra	Nivel/Capa	Material	Edad ¹⁴ C (años AP)	Calibración 2 σ	ΔR
INAH-2916	Superficie	<i>Glycymeris sp.</i>	2299 \pm 74	556-948 AD	634 \pm 55
INAH-2917	N.5 CI	<i>Glycymeris sp.</i>	2390 \pm 74	435-832 AD	634 \pm 55
INAH-2918	N.6-8 CI	<i>Glycymeris sp.</i>	2430 \pm 74	401-787 AD	634 \pm 55
INAH-2919	N.10-12 CII	<i>Glycymeris sp.</i>	2581 \pm 74	239-653 AD	634 \pm 55

Sitio ASU14-178

Cala 2

El sitio ASU14-178 se localiza a 2 km al sur del ASU14-179. Fue registrado por el PRRSABC-FMM en el año 2006 y en ese entonces se le definió como un campamento de dimensiones de 80 m por 80 m y con abundante material arqueológico en superficie (Porcayo, 2007). En 2008, los trabajos de dicho proyecto se concentraron en la excavación de un pozo y una cala (Porcayo, 2008) y más tarde, además de continuar trabajando en la Cala 1, se excavó una segunda cala (Porcayo, 2009). Esta última, denominada como Cala 2, ubicó en las coordenadas UTM: 717890 E y 3424566 N, y tuvo una dimensión de 2.5 m por 1 m. Utilizando niveles arbitrarios de diez centímetros, en la Cala 2 se registraron 13 niveles contenidos en cuatro capas estratigráficas identificadas en campo (C.I a C.IV).

Debido a que el trabajo arqueológico en este sitio fue hecho previo al planteamiento de los objetivos de esta tesis, sólo hemos utilizado la información concerniente a la Cala 2 para elaborar el análisis de riqueza y diversidad de las especies de moluscos en el sitio. Es importante mencionar que en el análisis no se contó con especímenes de otolitos de este conchero. El PRRSABC-FMM nos otorgó acceso al informe técnico de las excavaciones y proporcionó las muestras para el análisis geoquímico ($\delta^{18}O$) de especímenes de moluscos extraídos de diferentes partes de la estratigrafía de la Cala 2 (Figura 9).



Figura 9. Estratigrafía final de la Cala 2 del sitio ASU14-178 (Tomada de Porcayo, 2009).

Fechados

En este sitio se cuenta con fechados de radiocarbono tanto de moluscos (*Glycymeris gigantea*) como de carbón. Para fines comparativos con respecto al sitio ASU14-179 y debido a que los fechamientos por carbón sólo alcanzaron los 80 cm de profundidad, en este estudio se han considerado los resultados obtenidos únicamente del fechado de moluscos (Tabla 3).

El material utilizado para los fechamientos fue *Glycymeris gigantea*, un bivalvo que habita por lo común en la zona intermareal y que, dada su abundancia, pudo ser recuperado de distintos niveles de la estratigrafía del depósito. La corrección de la edad por la diferencia regional respecto al reservorio marino global se hizo utilizando el mismo factor (ΔR) que en el sitio ASU14-179.

Tabla 3. Fechados obtenidos en la Cala 2 del sitio ASU14-178 (ΔR = factor de corrección por la diferencia regional respecto al reservorio marino global) (Datos tomados de Porcayo, 2009).

# Muestra	Nivel/Capa	Material	Edad ¹⁴ C (años AP)	Calibración 2 σ	ΔR
INAH-2733A	N. 1, 2	<i>G. gigantea</i>	841 \pm 73	1842-1955 AD	634 \pm 55
INAH-2735A	N.4 CI	<i>G. gigantea</i>	900 \pm 73	1804-1955 AD	634 \pm 55
INAH-2736A	N.5 CI	<i>G. gigantea</i>	975 \pm 74	1801-1953 AD	634 \pm 55
INAH-2738Á	N.7 CII	<i>G. gigantea</i>	915 \pm 73	1803-1955 AD	634 \pm 55
INAH-2739Á	N.8 CII	<i>G. gigantea</i>	1229 \pm 73	1528-1900 AD	634 \pm 55
INAH-2740Á	N.9 CIII	<i>G. gigantea</i>	1329 \pm 74	1452-1763 AD	634 \pm 55
INAH-2741Á	N.10 CIII	<i>G. gigantea</i>	984 \pm 73	1801-1953 AD	634 \pm 55
INAH-2742Á	N.11 CIII	<i>G. gigantea</i>	1109 \pm 73	1689-1951 AD	634 \pm 55
INAH-2743Á	N.12 CIII	<i>G. gigantea</i>	1414 \pm 73	1410-1676 AD	634 \pm 55
INAH-2744	N.13 CIV	<i>G. gigantea</i>	1498 \pm 74	1321-1621 AD	634 \pm 55

Promediado en el tiempo

Se utilizó la desviación estándar de la edad radiocarbónica de los moluscos fechados en cada uno de los sitios, para considerar la dispersión entre la edad máxima y la edad mínima presentes en el depósito. La diferencia entre la edad radiocarbónica máxima y la mínima ha sido sugerida en la literatura como una medida del tiempo representado por una 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).

Análisis tafonómico

La identificación de elementos arqueológicos puede en ocasiones verse influenciada por la presencia de rasgos de erosión, exfoliación, fracturas u otras alteraciones físicas ó antropogénicas en los especímenes. Por esta razón, las muestras de moluscos arqueológicos se estudiaron considerando que el estado en que se encontraron los materiales es resultado de la interacción de diferentes factores como son: (1) las características de su fuente de proveniencia (de aquí nuestro interés por identificar el procesamiento antropogénico como atributo cultural), (2) la susceptibilidad diferencial de los organismos hacia la modificación y la historia de los procesos tafonómicos a los que han estado sujetos (de aquí la importancia de

discriminar niveles dentro de la fragmentación) y (3) la cantidad de tiempo que han estado expuestos a dichas condiciones (Kidwell y Bosence, 1991).

El nivel macroscópico al que fue realizado el análisis tafonómico de las muestras del sitio ASU14-179 requirió de la discriminación de los especímenes de moluscos con base en su estado de integridad física, para lo cual desarrollamos las siguientes definiciones:

En los bivalvos, una **valva completa** fue un espécimen poseedor de umbo y se definió con un estado de integridad alto ya que permitió obtener su talla antero-posterior.

Una **valva semicompleta** fue un espécimen incompleto representado solo por la presencia del umbo y un estado de integridad medio. Este espécimen ha perdido la propiedad observacional de su talla antero-posterior sin embargo, aún es posible obtener su peso para los fines del análisis ecológico que se plantea en este estudio.

Un **fragmento de valva** fue también un espécimen incompleto pero del cual sólo se pudo derivar su filiación taxonómica y su peso con fines del análisis ecológico que se plantea en este estudio. Su estado de integridad fue bajo.

En los gasterópodos, los **especímenes completos** fueron aquellos que conservaron total integridad y de los cuales pudo obtenerse su talla ápice-base de columela. A diferencia de lo que ocurre en la mayoría de los bivalvos en los que el consumo del molusco no implica necesariamente la ruptura de la concha, en los gasterópodos arqueológicos, la ausencia total de fragmentación es más la excepción que la regla. La presencia de especímenes de gasterópodos completos supuso dos posibles interpretaciones: (1) una evidencia directa del modo de procesamiento de ciertas especies ó (2) la presencia de especies cuya entrada en el depósito no es de origen antropogénico.

Los especímenes incompletos de gasterópodos se dividieron en tres tipos **semicompletos de los cuales no pudo obtenerse la talla pero sí su peso para los fines del análisis ecológico que se plantea en este estudio**. Su estado de integridad fue considerado como medio. Los tipos semicompletos fueron:

- (1) un ápice unido a una base de columela, en cuyo caso estuvo ausente el cuerpo.
- (2) un ápice aislado,

(3) y una base de columela aislada.

Con base en las descripciones anteriores, para obtener la cantidad total de especímenes semicompletos de un mismo taxón y de una misma muestra, sólo se sumaron los pertenecientes al tipo 1 con los del tipo 2 ó bien, los del tipo 1 con los del tipo 3, ya que de esta forma se aseguró contabilizar individuos independientes. Como parte del método, se descartó la sumatoria conjunta de los especímenes semicompletos tipo 2 + tipo 3 porque existía la posibilidad de que se tratara de fragmentos pertenecientes al mismo individuo..

Finalmente, todos los especímenes incompletos que no entraron en ninguna de las clasificaciones anteriores se consideraron **fragmentos de gasterópodos** de los cuales sólo fue posible derivar su filiación taxonómica y el peso para los fines del análisis ecológico. Se definieron con un estado de integridad bajo.

La clasificación con base en el estado de integridad de los especímenes permitió abordar el tema del procesamiento especie-específico según la clase de molusco. Cuantificando la abundancia de los ápices (tipo 2) de formar independiente a las bases de columelas (tipo 3) se comparó la representatividad en cada una de estas partes en las especies de gasterópodos. Los resultados se discuten en el marco de los estudios arqueozoológicos que han utilizado de manera indiferente sólo uno de estos elementos para derivar el número de individuos de gasterópodos presentes en una muestra.

Por su parte, en los bivalvos, se obtuvo la razón de valvas derechas e izquierdas. Aunque este procedimiento ha fungido como indicador del efecto que tienen los procesos de transporte en los depósitos naturales de moluscos (Ávila-Serrano y Téllez-Duarte, 2000), en este estudio se consideró como una aproximación a la estrategia de colecta implementada sobre algunas de las especies presentes en los concheros.

Análisis ecológico

El sitio ASU14-179 se analizó con base en las muestras de moluscos y otolitos de la unidad B18BP1 por ser, a nuestro criterio, la de mayor confiabilidad estratigráfica. Este análisis se realizó en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, en la ciudad de Ensenada.

Por su parte, el análisis ecológico del sitio ASU14-178 se hizo con los datos reportados en el “Análisis Malacológico de los Restos de Moluscos del sitio ASU14-178” elaborado por la pasante de Arqueología Fátima A. Camacho Araiza (Porcayo, 2008).

En los moluscos se analizaron los pelecípodos y los gasterópodos por haber sido las clases más abundantes en ambos sitios. La identificación taxonómica se hizo con base en la morfología tomando como fuentes bibliográficas a Keen (1971), Abbott (1974) y Keen y Coan (1974). En los otolitos la identificación taxonómica utilizó la morfología como principal atributo pero también la distribución geográfica de los posibles taxones cuando la primera no fue suficiente. Algunos de los otolitos fueron identificados por la bióloga Andrea Guía (Centro INAH-Baja California) con base en la colección de peces del laboratorio de arqueozoología del Instituto Cotsen de la Universidad de California Los Ángeles (UCLA).

Las muestras de moluscos y otolitos se analizaron de manera independiente de acuerdo con su procedencia en la estratigrafía de cada depósito. De las muestras pertenecientes a cada nivel de excavación, se obtuvo el número de especímenes identificados (NISP) y se derivó el mínimo número de individuos (MNI), dos conceptos que son definidos en este trabajo de la siguiente manera:

NISP. Es el número de especímenes identificados. En este análisis, un espécimen es cualquier elemento que pueda ser catalogado como perteneciente a un taxón sin atender a su estado de integridad, es decir, puede referirse tanto a un elemento completo como a un fragmento. Ésta es una unidad observacional (*sensu* Lyman, 1994) que tiende más a la descripción que a la interpretación de una muestra.

MNI. Es el mínimo número de individuos. Se trata de una unidad analítica que se obtiene al contabilizar por separado los elementos pares en los materiales en los que esto es posible (derechos/izquierdos en bivalvos y otolitos, en nuestras muestras) o bien, eligiendo un elemento diagnóstico (ápice/columela en los gasterópodos, en nuestras muestras). 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 y de otolitos corresponden a organismos de la misma talla, edad y sexo.

A pesar de lo anterior, se utilizó este concepto de análisis atendiendo a dos ventajas que le han sido reconocidas: (1) le otorga dinámica al registro arqueológico (Lyman, 1994) y (2) permite hacer inferencias con base en unidades de organismos completos e independientes (Grayson, 1973).

Los índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Equitatividad se obtuvieron de manera independiente para las muestras de moluscos y de otolitos. Debido a las características de excavación de cada uno de los depósitos, previo al análisis ecológico se hizo un contraste estadístico con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis entre los cuadrantes correspondientes a un mismo nivel de excavación en B18BP1 y entre los niveles de 10 cm correspondientes a una misma capa en la Cala 2. Esto permitió utilizar un cuadrante por nivel y un nivel por capa, respectivamente, como representativos de los cambios a lo largo de la estratigrafía.

El índice de Riqueza corresponde al número de taxones presentes en las muestras (Dodd y Stanton, 1990), y fue calculado para cada nivel estratigráfico en cada uno de los depósitos.

Con el objeto de evaluar la diversidad de moluscos y peces capturados por los grupos prehistóricos, se realizaron dos aproximaciones a la distribución de los taxones en cada uno de los depósitos: una cualitativa y otra cuantitativa.

El análisis cualitativo consideró que, por su variación en el tiempo, la diversidad de las especies en los depósitos arqueológicos puede reflejar cambios en la relación entre los grupos prehistóricos y las comunidades ecológicas. Atendiendo a que los concheros arqueológicos se forman por una colecta selectiva, estos cambios pueden hacer referencia a situaciones provocadas por: (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.

Para el cálculo de la diversidad se calculó el índice de Shannon (H') para cada nivel de excavación en cada uno de los concheros. Este índice está basado 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 de la división de n_i que es el número de individuos de la especie i sobre N, que es el número de individuos de todas las especies.

Por su parte, la equitatividad describe qué tan uniforme es un sistema basándose en un modelo hipotético en el que todos los taxones tienen las mismas posibilidades de abundancia. Un valor alto indica uniformidad y un valor bajo indica, de manera indirecta, que existe dominancia por parte de una(s) especie(s).

Los cambios cuantitativos se analizaron a lo largo de la estratigrafía de manera especie-específica (autoecología) utilizando histogramas basados en el MNI de cada taxón. Sólo en el caso de los moluscos que presentaron un alto índice de fragmentación, se utilizó el peso total de sus elementos como una estimación de su representatividad en el depósito (Boucot, 1981).

Para los moluscos, se midió la talla antero-posterior (bivalvos) ó ápice-columela (gasterópodos), de los especímenes completos en las especies dominantes. Estas tallas se obtuvieron con una precisión de 5 mm y se presentaron en términos del valor mínimo, máximo y la moda de cada taxón.

Atendiendo a las características particulares de crecimiento y hábitat de cada especie, en algunos peces se ha podido determinar una relación entre la talla corporal promedio, la edad y la longitud de sus otolitos sagitales (Román-Rodríguez y Hammann, 1997). Sin embargo, dado que no contamos con este tipo de relación para todos los taxones identificados, en este análisis se obtuvo la longitud antero-posterior de los otolitos (LO) asignados a cada taxón como una aproximación a la variación que deberíamos ver en caso de que se presentaran diferentes tallas del mismo pez en el depósito. Con dicho proceder se hizo notoria la existencia de variantes en la longitud del otolito (LO) - y por extensión, en la talla de los peces de cada especie, pero no se determinó el tamaño específico de los peces.

Debido a que el número de muestras de otolitos fue comparativamente menor que el de los moluscos, algunas especies de peces presentaron un valor constante de LO que creemos que pudo estar influenciado por el tamaño de muestra. En los casos en que sí hubo variación en

tamaños, éstos se graficaron presentando el valor mínimo, máximo y la media con una precisión de un milímetro.

Análisis isotópico

Procesamiento de las muestras

Para el análisis de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ en los moluscos, se procesaron pares de muestras de carbonato obtenidos del área del borde ventral de doce valvas de *Protothaca grata* y dos de *Chione pulicaria* (Figura 10). Los especímenes procedieron de los sitios: ASU14-179 (sólo *P. grata*) y ASU14-178 (*P. grata* y *C. pulicaria*) y fueron elegidos tomando como base la talla y el buen estado de conservación tanto del borde ventral como de la capa del periostraco. Los especímenes seleccionados tuvieron un promedio de 27 mm de talla antero-posterior (mínimo=21 mm / máximo =31 mm). Se considera la talla porque ésta afecta de manera directa la resolución de los valores de $\delta^{18}\text{O}$, ya que en las etapas sucesivas al estadio juvenil, los organismos adultos de una especie tienden a precipitar menor cantidad de carbonato por unidad de tiempo generando bandas de crecimiento menos anchas (Goodwin et al., 2003). Por otra parte, el estado físico de las valvas fue importante porque la presencia de abrasión o fracturas en su superficie las hacía más susceptibles a romperse a su paso por la cortadora (observación personal).

El género *Protothaca* ha sido utilizado de manera confiable para medir composiciones isotópicas de especímenes colectados en concheros arqueológicos ubicados en el Alto Golfo de California (*P. grata*) (Téllez-Duarte et al., 2008) y en la costa del Pacífico en el estado de California, EUA (*P. staminea*) (Koerper y Killingley, 1998). Entre las características del género se ha mencionado que, en condiciones favorables de temperatura es capaz de mostrar un espectro amplio en sus características de crecimiento ocupando diferentes biotipos (*P. euglypta*) (Selin, 2009). Además, su crecimiento es óptimo en entorno protegidos de las corrientes y el oleaje (*P. staminea*) (Berta, 1976) así como en lugares con velocidades de corrientes moderadas que les permite enterrarse preferencialmente bajo sedimentos de grano

fino (*P. euglypta*) (Selin, 2009). Por otra parte, *P. thaca* (12° a 45° S) posee una fuerte tolerancia ante incrementos rápidos de temperatura que han llevado a sugerir su uso como trazador de eventos pasados de El Niño (Lazareth et al., 2006).



Figura 10. Especímenes de *Protothaca grata* (izquierda) y *Chione pulicaria* (derecha).

La especie *P. grata* del Alto Golfo de California corresponde a un bivalvo pequeño de escultura radial que por lo general habita enterrado en las planicies arenosas y lodosas, y que tiende a formar bancos de alta abundancia que lo convierten en una presa fácil de coleccionar por el hombre. Su longitud antero-posterior promedio es de 40 mm con una altura de 34 mm, y su distribución es desde la zona intermareal hasta los 45 m de profundidad (Keen, 1971).

Por su parte, *C. pulicaria* no ha sido utilizada en estudios de composición de isótopos de oxígeno en el área. Tampoco hay reportes del uso de esta especie en la bibliografía arqueológica. En este trabajo, *C. pulicaria* fue elegida por su abundancia en el sitio ASU14-178 y se usó para comparar la variabilidad en los valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre dos especies que se supone que proceden del mismo hábitat.

Para el análisis de la composición isotópica de los otolitos se procesaron cinco ejemplares de otolitos de *Totoaba macdonaldi*, tres de *Cynoscion parvipinnis* y tres de *Micropogonias megalops*. Estos especímenes pertenecientes a la familia de los Sciaenidos provinieron únicamente del depósito B18BP1 (Figura 11).

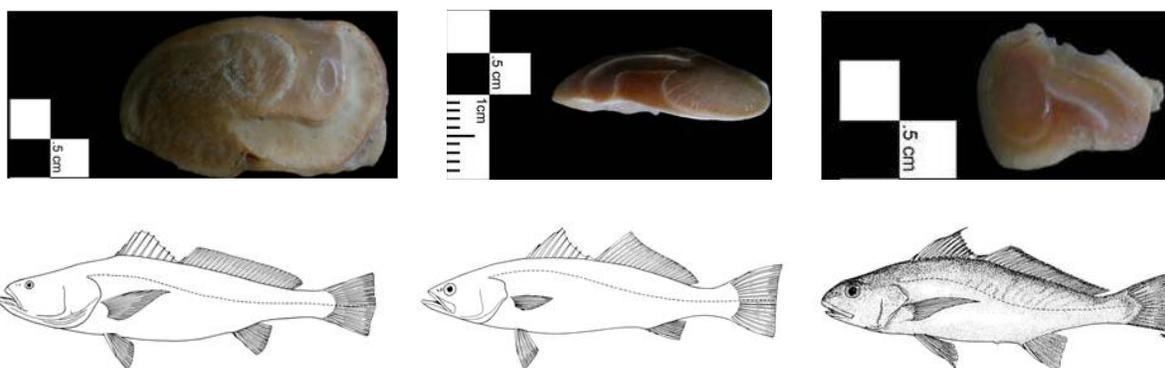


Figura 11. Otolitos (arriba) e individuos (abajo) de las especies *Totoaba macdonaldi* (izquierda), *Cynoscion parvipinnis* (centro) y *Micropogonias megalops* (derecha). Fotografías de los otolitos: Isidro Madueño González. Ilustraciones: Chao (1995).

A la fecha, el único estudio que ha planteado las condiciones que antepone el trabajar con otolitos antiguos de una de estas especies fue el de Rowell et al. (2008a), quienes validaron que la composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) en el carbonato del área natal (el núcleo) de otolitos antiguos de *T. macdonaldi* estuvo influenciada, más que por la temperatura (como sucede en las comunidades actuales), por una composición isotópica del agua (δ_w) consistente con aportes de agua dulce, lo que comprueba que en el pasado la especie dependió de un hábitat estuarino como zona de crianza.

Las valvas y otolitos se cortaron transversalmente con una cortadora Buehler® ISOMET® Low Speed Saw sobre una línea imaginaria que va del margen dorsal al ventral, iniciando en el umbo en las valvas y pasando por el núcleo en los otolitos.

De esta manera se obtuvieron secciones delgadas de los otolitos. Cada una de las secciones fue pulida sólo en caso necesario para resaltar las líneas de crecimiento utilizando pulidor Buehler® Alpha micropolish Alumnina #2 y una lija #600. Las secciones obtenidas fueron de un grosor de $\sim 400 \mu\text{m}$.

En el caso de los moluscos, una vez que las valvas fueron partidas por la mitad con la primera cortadora, un lado de cada valva fue pulido y montado sobre un portaobjetos. Las secciones delgadas de las valvas se obtuvieron con una cortadora Ingram-Ward® Thin Section Saw/Grinder. Las secciones tuvieron un grosor de $\sim 600 \mu\text{m}$.

Para remover las posibles impurezas presentes sobre las muestras, las secciones delgadas de valvas y otolitos fueron rociadas primero con alcohol convencional y luego con agua destilada un día previo a tomar las muestras de carbonato.

En los moluscos, se perforó la capa prismática sobre la última banda de crecimiento de cada valva y se ubicó una segunda muestra en dirección al umbo pero aún dentro de la última banda de crecimiento. El objetivo de la segunda perforación fue reconocer la tendencia en los valores de $\delta^{18}\text{O}$ antes de que ocurriera la captura del organismo (*i.e.*, ¿estaban más ó menos enriquecidos en el isótopo pesado?) (Culleton et al., 2009). Debido a que no se conoce el patrón de crecimiento que tiene la especie *P. grata* en el AGC, para determinar cuál es el tiempo representado por la distancia entre ambas muestras de carbonato, hemos propuesto utilizar el patrón de crecimiento de otro bivalvo de fondos arenosos (*C. fluctifraga*) que ha sido estudiando con base en técnicas de esclerocronología en las condiciones actuales del Delta (Goodwin et al., 2003). Según los autores, la especie *C. fluctifraga* presenta incrementos diarios de hasta 350 μm en el primer año de vida. En contraste, en el tercer año de vida los incrementos diarios son de un máximo de 150 μm .

Por su parte, en los otolitos se obtuvieron dos muestras de carbonato de cada sección delgada: una colectada en el margen posterior de dicha sección y otra colectada en el núcleo (carbonato precipitado en los primeros 2 meses de vida). Las perforaciones se hicieron con un microtaladro New Wave Research® de alta resolución.

En este estudio no se muestreó un intervalo específico de tiempo sobre la última banda de crecimiento, ya que en términos general sólo nos interesó obtener el último registro ambiental plasmado por el organismo previo a su captura. La longitud del área perforada fue de $\sim 800 \mu\text{m}$ en lo bivalvos y de $\sim 580 \times 480 \mu\text{m}$ en los otolitos, obteniendo $\sim 83 \mu\text{g}$ y $\sim 59 \mu\text{g}$ de carbonato, respectivamente. Todo el proceso anterior se hizo en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y el Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE). El carbonato de cada muestra se depositó en viales independientes que se enviaron al Laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad de Arizona. En el laboratorio se sometió a las muestras a una reacción al vacío con 100% ácido fosfórico deshidratado a 70 °C por un lapso de tiempo de aproximadamente 2 horas. El análisis se hizo en un espectrómetro de masas Finnigan MAT 252 equipado con un dispositivo automático de muestreo de carbonatos Kiel-III. La razón isotópica de cada muestra fue calibrada en mediciones repetidas de NBS-19 y

NBS-18, obteniendo una precisión de $\pm 0.1\%$. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ se reportan con referencia al estándar V-PDB.

Manejo de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados

Después de describir de forma independiente los valores isotópicos observados en los moluscos y los otolitos, se elaboró un histograma con todos los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en ambos materiales por cada depósito. El objetivo fue describir la variabilidad y la consistencia de los valores isotópicos dentro de cada depósito.

Para evaluar el uso de los valores isotópicos como marcadores estacionales de la captura de los moluscos y peces representados en los depósitos arqueológicos, se procedió de la siguiente manera.

No existe un registro de la temperatura superficial del mar (TSM) para el AGC en el momento histórico de nuestro interés como tampoco se conoce el valor de composición de isótopos de oxígeno del agua (δ_w) en las condiciones originales de flujo del Río Colorado. Frente a este escenario, el procedimiento previo al trabajo con los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados, consistió en construir una tabla de valores predichos de $\delta^{18}\text{O}$ para los moluscos y otra para los otolitos considerando un intervalo de temperatura de los 15 °C a los 30 °C y diferentes valores de δ_w .

Este intervalo de temperatura es el adecuado porque ha sido reportado en la literatura como el óptimo para el crecimiento del molusco *C. fluctifraga* (15-30 °C; Schöne et al., 2006.) y para el pez *T. macdonaldi* (16-27 °C; Rowell et al., 2008a), en condiciones actuales del AGC.

Por su parte, al considerar diferentes valores de δ_w , este modelo evitó basarse únicamente en las condiciones que presenta actualmente el AGC (salinidad de ~38 ups y un valor de δ_w de 0.6‰) no generando estimaciones de valores de $\delta^{18}\text{O}$ más positivos de los que supondría la presencia de flujos estacionales de agua dulce en el Delta del Río Colorado ni sobreestimando las temperaturas reales.

La elección del valor de δ_w en el extremo positivo y negativo del modelo se basó en la relación positiva que guarda el δ_w con la salinidad. Dicha relación ha sido puesta en evidencia en el AGC comparando muestras de agua en condiciones de flujo y de no-flujo del Río Colorado (Dettman et al., 2004) (Figura 12). En este último estudio, las condiciones de flujo corresponden

a muestras de agua colectadas durante, o poco después, de la liberación de descargas controladas de agua dulce (ocurridas a principios de 1993 y 1998). Los valores de δ_w obtenidos en dichas condiciones actuales de flujo siempre fueron entre 0 ‰ y -5 ‰ (SMOW) (Dettman et al., 2004).

Debido a que actualmente la variación en el valor de δ_w en el AGC es adjudicada a los procesos de mezcla oceánica más que a la precipitación y las descargas de agua dulce (Bernal y Carriquiry, 2001), se eligió un valor de $\delta_w = 0.6$ ‰ como el máximo positivo dentro del modelo. Este valor ha sido reportado como promedio en las condiciones actuales de no-flujo del Río Colorado (Dettman et. al., 2004) razón por la cual a pesar de utilizarlo en el modelo, consideramos que es probablemente excesivo para representar las condiciones de máxima evaporación ocurridas en verano en condiciones de flujo.

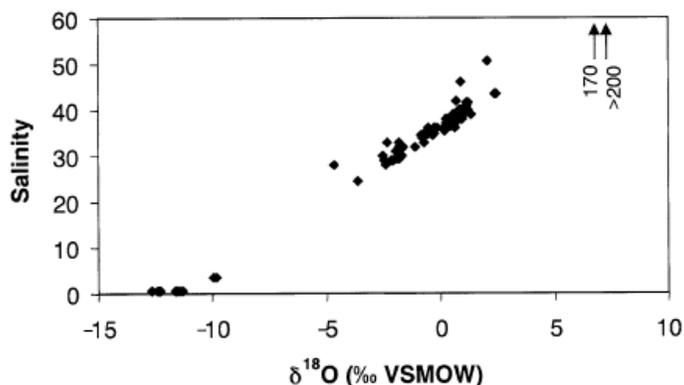


Figura 12. Relación de la salinidad vs. δ_w (SMOW) obtenida a partir de muestras colectadas en el AGC. Las muestras con valores de $\delta_w < -10$ ‰ fueron colectadas directamente en el Río Colorado mientras que aquellas con salinidad > 42 ups corresponden a muestras tomadas en pozas de la zona intermareal. Los valores de δ_w entre -5 ‰ y 0 ‰ (SMOW) corresponden a muestras obtenidas durante eventos actuales de flujos controlados del Río Colorado. Nótese que en el intervalo que va de 0 ‰ a -4 ‰ (SMOW), la salinidad fluctúa entre ~35 y ~25, respectivamente (Tomado de Dettman et. al., 2004).

Por su parte, el valor de δ_w máximo negativo considerado dentro del modelo para representar las condiciones de influencia del flujo del Río Colorado en el Delta fue de -5 ‰. Este valor que fue retomado de la literatura, resulta sin embargo sólo un referente de las condiciones originales del Delta debido a que en el trabajo de Dettman et al. (2004) los valores de δ_w fueron medidos en el área inmediata a la desembocadura del Río Colorado y por lo tanto no

consideran el efecto de disminución de la mezcla de las masas de agua oceánica y dulce en los ~70 km que separan a la desembocadura del río de los concheros arqueológicos analizados en este estudio (para una discusión de este aspecto ver Rodríguez et. al., 2001). Por lo anterior, es probable que en condiciones de flujo del Río Colorado, el valor de δ_w más negativo en el área de San Felipe fuera menor a -5 ‰.

En resumen, debido a que todos los valores isotópicos observados en este estudio provienen de muestras ubicadas en el tiempo en que el Río Colorado aún fluía hacia el Delta, el modelo aquí propuesto es necesariamente diferente al procedimiento que en otros autores ha consistido en asumir una sola composición del agua (δ_w) de 0.6 ‰ (Goodwin et. al., 2001; Dettman et. al., 2004; Rowell et. al., 2005).

Una limitante de este modelo sin embargo, es que supone un crecimiento constante de las estructuras de carbonato y por lo tanto no considera los periodos de bajo o nulo crecimiento que ocurren cuando el ambiente traspasa las temperaturas óptimas para el crecimiento de los organismos. A este respecto los otolitos presentan la ventaja de ser una estructura que se encuentra siempre en constante crecimiento aún cuando la matriz orgánica deje de depositarse en algunas condiciones. A pesar de ello, consideramos que las bases del modelo sugerido son probablemente las adecuadas para nuestro objetivo ya que se enfocan en predecir el intervalo de valores de $\delta^{18}\text{O}$ para un umbral en el que la estructura de carbonato (ya sea el molusco o el otolito) está registrando la temperatura y la composición de isótopos de oxígeno del agua (δ_w).

Una vez establecidos los límites de temperatura y de valores de δ_w para el modelo predictivo, la estimación de valores predichos de $\delta^{18}\text{O}$ para los moluscos se obtuvo utilizando la ecuación empírica de paleotemperatura para la aragonita de Grossman y Ku (1986) y despejando la variable $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{mol}} = [(T-20.6)-(4.34*(\delta_w-0.2))] / -4.34$$

donde $\delta^{18}\text{O}_{\text{mol}}$ es el valor predicho de isótopos de oxígeno de la aragonita del molusco expresada en por mil (‰) en la escala estándar internacional V-PDB; T es la temperatura a la que se considera que se precipitó el carbonato expresada en °C (en este estudio entre 15 y 30°C) y δ_w es el valor (‰) de composición isotópica del agua en que se precipitó el carbonato referida en la escala estándar internacional SMOW. Los valores de composición isotópica del

agua (δ_w) expresados en la escala SMOW en la ecuación original fueron corregidos por -0.2‰ para la escala V-PDB (Sharp, 2006).

En el caso de los otolitos, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos se obtuvieron utilizando la ecuación de Campana (1999) despejando la variable $\delta^{18}\text{O}$ del carbonato:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{oto}} = \delta_w + 3.71 - 0.206 T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

donde $\delta^{18}\text{O}_{\text{oto}}$ es el valor predicho de isótopos de oxígeno de la aragonita del otolito expresada en por mil (‰) en la escala estándar internacional V-PDB; T es la temperatura a la que se considera que se precipitó el carbonato expresada en $^\circ\text{C}$ (en este estudio entre 15 y 30 $^\circ\text{C}$) y δ_w es el valor (‰) de composición isotópica del agua en que se precipitó el carbonato referida en la escala estándar internacional SMOW. A este valor se le hizo el ajuste de 0.2 ‰ para corregir los valores de composición isotópica del agua (δ_w) de la escala SMOW a la escala V-PDB (Sharp, 2006).

De esta forma, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en los moluscos y en los otolitos, se compararon de forma independiente con los generados por el modelo predictivo para cada estructura. De esta manera, utilizando el modelo predictivo que contempla el rango de condiciones de temperatura y salinidad que hubo en el Delta previo a la construcción de las presas, se pudieron caracterizar las condiciones ambientales que creemos que pueden estar representadas en las muestras de cada depósito arqueológico analizado en este estudio.

Parte del análisis específico de los peces consistió en comparar los valores isotópicos obtenidos en el área del núcleo de los otolitos para someter la hipótesis nula de que el hábitat de crianza de las tres especies presentaba valores isotópicos iguales. El otro análisis aplicado en específico a los peces consistió en inferir el cambio de un hábitat estuarino a uno oceánico como ha sido reportado para cuando menos una de las especies ictiológicas aquí estudiadas (*T. macdonaldi*) (Rowell et al., 2008). Para ello, se contrastó el valor de $\delta^{18}\text{O}$ obtenido en el núcleo con el del margen del otolito de cada espécimen para demostrar si los datos podían soportar la hipótesis de que las tres especies de peces vivieron sus primeros 2 meses de vida en la misma región de su captura, En ambos contrastes se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para el análisis estadístico en general, se utilizaron los programas Minitab 15.1 y PAST (Hammer et al., 2001)

VI.- RESULTADOS

ASU14-179 Unidad B18BP1

Promediado en el tiempo

La superposición de los valores de desviación estándar entre muestras adyacentes sugiere la posibilidad de que el arreglo estratigráfico de los moluscos sea en parte el producto de un promediado mínimo de 430 años obtenido de la diferencia entre el fechado del molusco más antiguo y el más reciente (Figura 13).

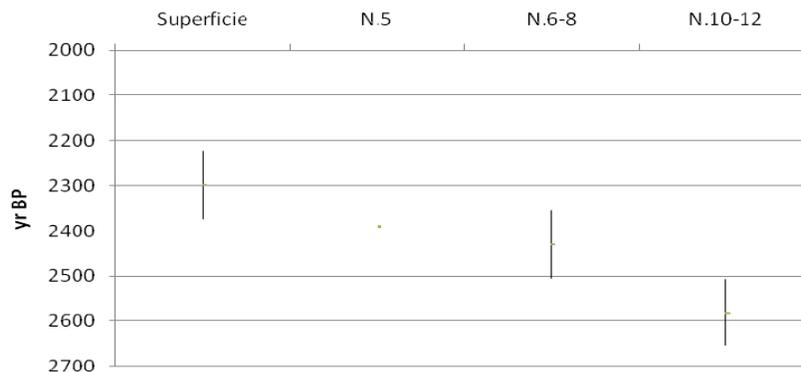


Figura 13. Dispersión, con base en la desviación estándar, de las edades radiocarbónicas de moluscos fechados en el depósito B18BP1.

Moluscos

Riqueza taxonómica

En esta unidad los pelecípodos representaron el 76% de los especímenes identificados y los gasterópodos el 24% restante (Anexo Tabla I).

En la Tabla 4 se enlistan las diez especies dominantes ($\geq 1\%$) con base en el MNI cuyas abundancias se encuentran entre el 29% (la más abundante en todo el depósito) y el 1% del total de los moluscos.

En cuanto a bivalvos, la riqueza taxonómica del depósito se agrupó en 18 géneros y estuvo dominada por el género *Ostrea* (*O. angelica*, *O. palmula*, *O. corteziensis*), el cual representó

más del 60% de todos los pelecípodos identificados en el depósito. El resto de los bivalvos con una abundancia $\geq 1\%$ fueron *Cardita affinis* (21%), *Protothaca grata* (8.6%) y *Glycymeris maculata* (5%).

Tabla 4. Abundancia relativa de las especies dominantes ($\geq 1\%$) con base en el MNI en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.

Especie	Clase	Abundancia relativa (%)
<i>Ostrea angelica</i>	Pelecípodo	29
<i>Cardita affinis</i>	Pelecípodo	16
<i>Ostrea palmula</i>	Pelecípodo	15
<i>Anachis sanfelipensis</i>	Gasterópodo	9
<i>Protothaca grata</i>	Pelecípodo	7
<i>Acanthina angelica</i>	Gasterópodo	5
<i>Crucibulum spinosum</i>	Gasterópodo	5
<i>Glycymeris maculata</i>	Pelecípodo	4
<i>Ostrea corteziensis</i>	Pelecípodo	2
<i>Muricanthus nigritus</i>	Gasterópodo	1

Por su parte, los gasterópodos se distribuyeron en 17 géneros. La riqueza taxonómica en los gasterópodos estuvo dominada por la especie *Anachis sanfelipensis* (37%), seguida de *Acanthina angelica* (22%) y *Crucibulum spinosum* (20%). Como se discutirá más adelante, tanto *Crucibulum sp.* como *A. sanfelipensis* representaron un entrada no intencional en el depósito arqueológico.

Diversidad y equitatividad

El contraste estadístico entre los cuadrantes pertenecientes a un mismo nivel de excavación indicó que no hubo diferencias significativas en la distribución de los moluscos en N.5 (Kruskal-Wallis $H=0.28$, $gl=2$, $P=0.708$), N.10-12 (Kruskal-Wallis $H=0.71$, $gl=2$, $P=0.612$) y N.12-14 (Kruskal-Wallis $H=0.24$, $gl=1$, $P=0.623$), razón por la cual en el análisis ecológico sólo se utilizó un cuadrante representativo de estos niveles (ver Anexo Tabla II).

El índice de diversidad de especies a lo largo de la estratigrafía del depósito disminuyó desde los estratos más profundos hasta la superficie (Tabla 5). Este cambio en la diversidad se explica también como producto de la interrelación que hubo entre un aumento en la riqueza (S)

de especies en dirección a la superficie y una disminución en sentido opuesto en la abundancia de cada especie (equitatividad) (Figura 14).

Tabla 5. Índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Equitatividad en los moluscos de la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.

Nivel de excavación	Riqueza (S)	Diversidad (H')	Equitatividad
Superficie	42	1.91	0.51
N.4	34	1.85	0.52
N.5	31	2.05	0.59
N.6-8	28	2.4	0.74
N.8-10	28	2.58	0.77
N.10-12	26	2.14	0.65
N.12-14	17	2.44	0.86
N.14-16	17	2.46	0.87

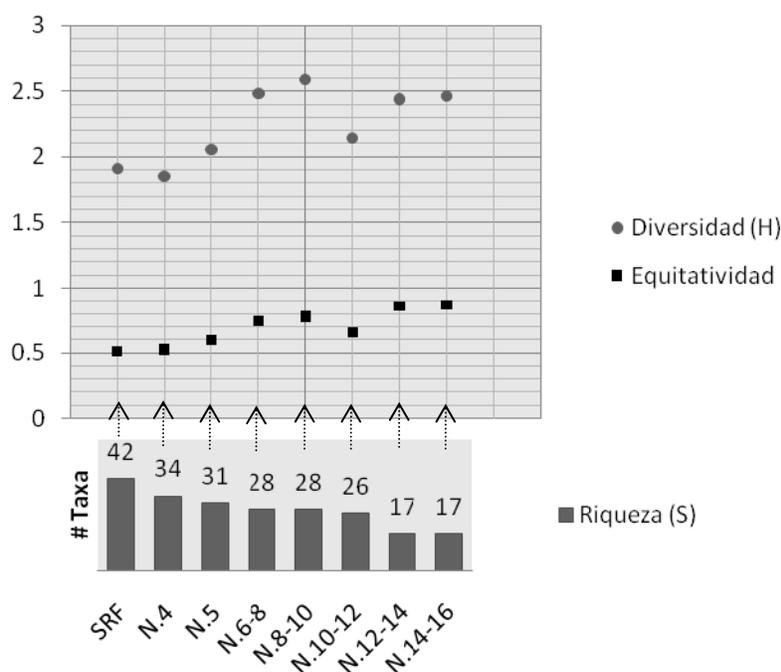


Figura 14. Variación en los índices de Diversidad de Shannon-Weaver (H'); de Equitatividad y de Riqueza (S), en los moluscos a lo largo de la estratigrafía del depósito B18BP1 del sitio ASU14-179.

En los histogramas de frecuencia elaborados con base en el MNI, ó el peso en gramos de cada taxón (Figuras 15 y 16), se observó que en los primeros cuarenta centímetros de la formación del depósito (N.12-14 y N.14-16), los bivalvos más abundantes fueron *Dosinia sp.* y *M. capax*.

En los siguientes veinte centímetros del depósito continuó predominando *Dosinia sp* y ocurre un incremento en el número de individuos de *G. maculata* y del peso en gramos de *M. nigrinus*. Este último en general se identificó en columelas, ápices o fragmentos del cuerpo, ya que sólo el 0.02% del total fueron especímenes completos. La mayor representación de este taxón ocurrió entre los 60 y 80 cm de profundidad del depósito. Finalmente, desde N.5 se observó un incremento en la riqueza hasta un valor máximo de 42 especies identificadas en la superficie del conchero.

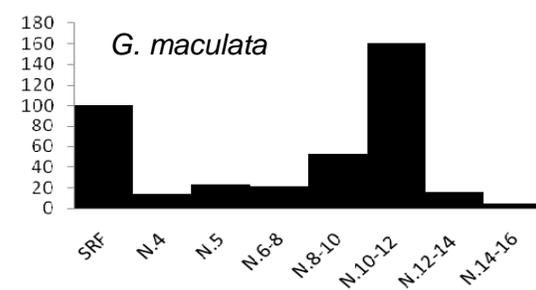
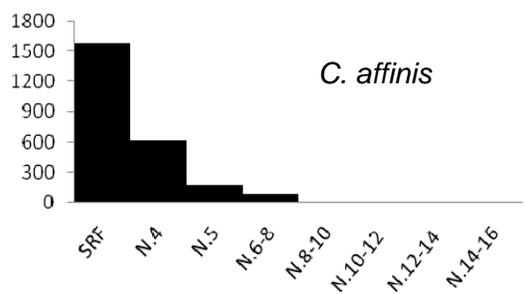
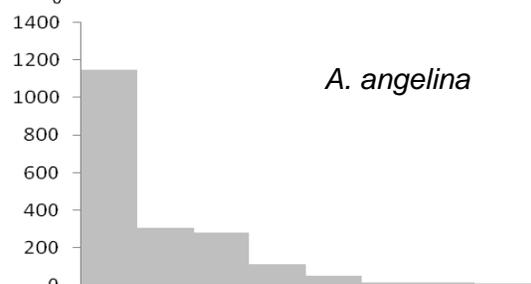
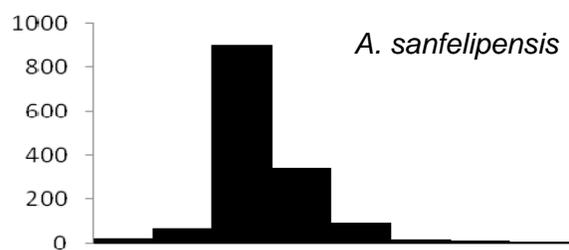
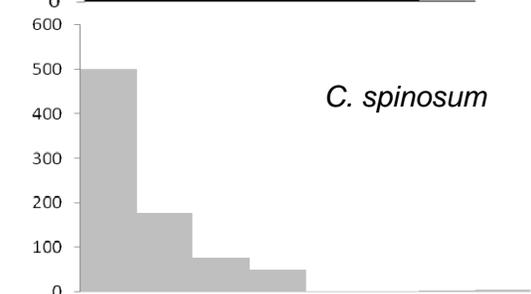
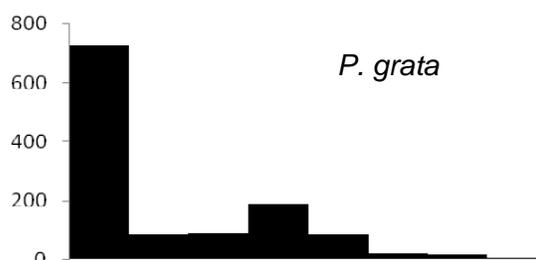
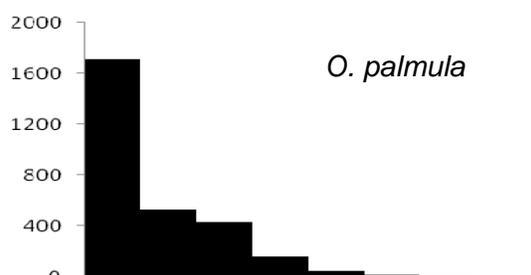
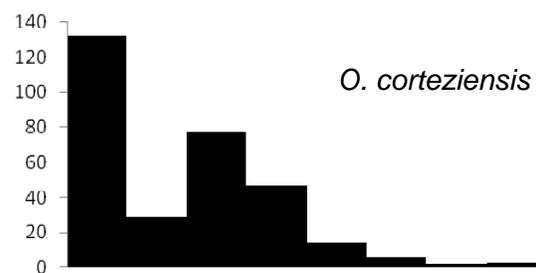
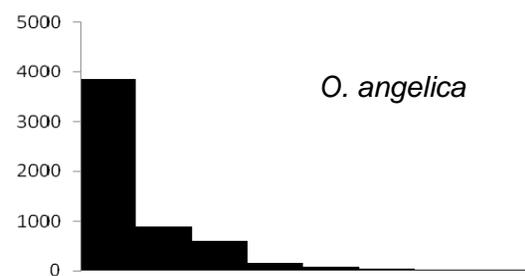


Figura 15 Histogramas de frecuencia de las diez especies dominantes ($\geq 1\%$) según la estratigrafía. Los histogramas se elaboraron con base en el MNI (en negro) y el peso total de especímenes en gramos (en gris).

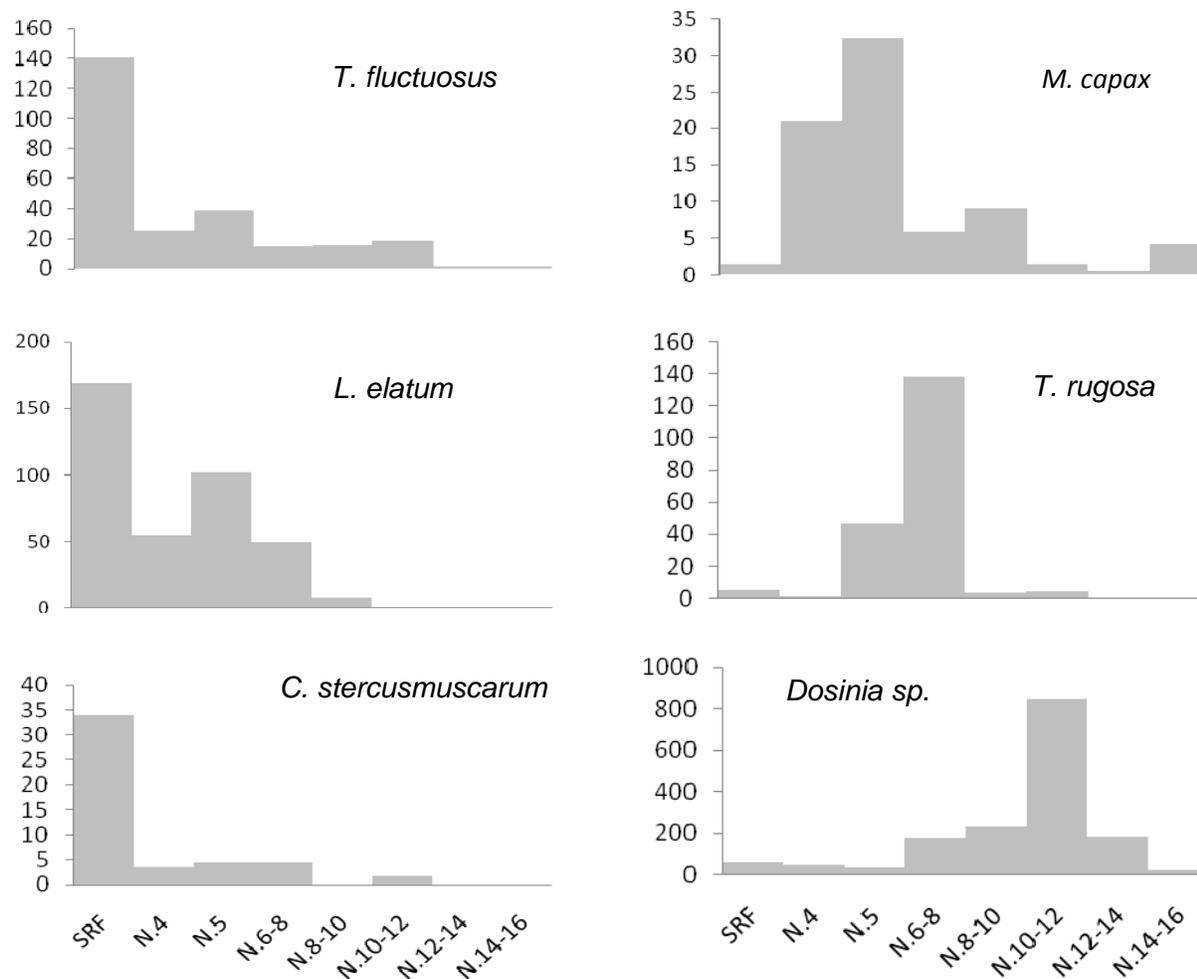


Figura 16 Histogramas de frecuencia de algunas de las especies no dominantes ($< 1\%$) según la estratigrafía. Los histogramas se elaboraron con base en el peso total de especímenes en gramos.

Análisis tafonómico

La razón de valvas derechas e izquierdas en la unidad B18BP1 varió en términos del promedio, desde un valor mínimo de 0.39 en *Dosinia sp.* hasta un máximo de 0.88 en *C. affinis* (Tabla 6)

La especie *Ostrea angelica* presentó el valor mínimo absoluto (0.05) en los niveles N.8-10 y N.10-12, así como el promedio más bajo asignado a una sola especie (0.13) (Anexo Tabla III).

Tabla 6. Promedio de la razón de valvas derechas e izquierdas a lo largo de la estratigrafía en las principales especies de bivalvos de la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.

	<i>Cardita affinis</i>	<i>Dosinia sp.</i>	<i>Glycymeris maculata</i>	<i>Modiolus capax</i>	<i>Ostrea sp.</i>	<i>Protothaca grata</i>
Razón valvas der/izq						
Promedio	0.88	0.39	0.83	0.53	0.52	0.86

La Tabla I de los Anexos presenta el porcentaje de conchas completas que se identificó para cada especie. Los bivalvos *Glycymeris maculata* y *Cardita affinis* tuvieron la mayor representatividad de valvas completas (93% y 75%, respectivamente), lo que indica que su modo de procesamiento generalmente no implicó la ruptura de la concha al retirar el animal del interior.

La situación que se enfrentó con los gasterópodos de menor talla (*Anachis sanfelipensis*) y los que tuvieron una representación menor al 1% del total (como *Diodora alta*, *Nassarius sp.*, *Collisela sp.* y *Crepidula sp.*) fue que sólo fueron identificados como especímenes completos debido a que al examinar las muestras, las posibilidades de identificar sus elementos estructurales de forma aislada fueron muy bajas (a costa del tiempo invertido). Aunque zonas rocosas como la que hace frente al conchero arqueológico es el hábitat de vida de algunos de estos organismos, hasta el momento su presencia en el depósito no puede sugerirse como una evidencia de que los grupos humanos aprovecharon directamente estos recursos del entorno ecológico ya que las conchas no presentan modificaciones y su abundancia es baja (a excepción de *A. sanfelipensis*) lo que permite descartarlos como parte del consumo humano. La explicación más viable de la entrada de algunas de estas especies en el depósito es que por sus características de organismos carroñeros (Figura 17) hayan llegado adheridos a otros moluscos.

Otro resultando del análisis tafonómico fue que al contabilizar a los especímenes incompletos de gasterópodos utilizando dos elementos diferentes del exoesqueleto (ápices vs. columelas)

se obtuvo una diferencia total de mil individuos (Tabla 7). Entre las especies responsables de esta diferencias estuvo el gasterópodo *Crucibulum sp.* La razón fue que se utilizó al ápice o septum interior como los únicos elemento al contabilizar al género ya que *Crucibulum sp.* carece de columela y por su fragilidad, de no haberse procedido así se habría evadido la alta presencia de fragmentos de este gasterópodo.



Figura 17. Imagen que captura el momento en que dos individuos del género *Anachis sp.* aprovechan los restos de un pez que había quedado expuesto en la zona intermareal de San Felipe, B.C.

Dado que para los gasterópodos *A. angelica* y *M. nigrinus* hubo una baja presencia de organismos completos (7% y 2%, respectivamente) (Tabla I en Anexos) el conteo de sus columelas elevó su representación en comparación con el número de individuos obtenidos contando los ápices. Entre las especies no dominantes, otros casos similares fueron *O. incrassata*, *P. bifasciatus* y *Solenosteira cf. macrospira*. Únicamente los gasterópodos *T. rugosa* y *T. fluctuosus* presentaron un predominio de ápices en sus muestras en comparación con las columelas y los organismos completos.

Tabla 7. Número de ápices y de columelas con que se identificó a los especímenes incompletos de gasterópodos en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. El guión (-) indica que las especies fueron identificadas únicamente por sus especímenes completos y la barra (/) indica que las especies no presentan columela.

Gasterópodos	Ápices	Columelas
<i>Acanthina angelica</i>	1114	1208
<i>Anachis sanfelipensis</i>	-	-
<i>Anachis sp.</i>	-	-
<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	5	3
<i>Collisela atrata</i>	-	/
<i>Collisela stanfordiana</i>	-	/
<i>Crepidula excavata</i>	-	/
<i>Crepidula sp.</i>	-	/
<i>Crucibulum lignarium</i>	1	/
<i>Crucibulum spinosum</i>	1095	/
<i>Diodora alta</i>	-	/
<i>Muricanthus nigrinus</i>	185	281
<i>Nassarius moestus</i>	-	-
<i>Nassarius onchodes</i>	-	-
<i>Nassarius sp.</i>	-	-
<i>Nerita funiculata</i>	1	0
<i>Oliva incrassata</i>	80	93
<i>Olivella cf. dama</i>	2	1
<i>Olivella cf. zanoeta</i>	-	-
<i>Polinices bifasciatus</i>	38	44
<i>Solenosteira cf. capitanea</i>	0	0
<i>Solenosteira cf. macrospira</i>	10	19
<i>Tegula corteziana</i>	1	0
<i>Tegula rugosa</i>	71	1
<i>Turbo fluctuosus</i>	56	3
<i>Turritela anactor</i>	0	0
TOTAL	2659	1653

Análisis de tallas

El análisis de tallas consideró a las dos especies de bivalvos dominantes (*G. maculata* y *C. affinis*) que tuvieron una alta representatividad de especímenes completos y a *P. grata* que, a pesar de su alta fragmentación, ofreció un tamaño de muestra aceptable (n= 359) (Figura 18).

En los estratos con mayor abundancia de *P. grata* el intervalo de tallas fue amplio (de 10-45 mm en N. 6-8 y de 20-50 mm en superficie) . Hubo una moda de 30 mm en ambos casos. Sin embargo, lo más llamativo sobre la presencia de esta especie fue que sus conjuntos ubicados en los últimos 80 cm de la formación del depósito fueron marcadamente diferentes a los estratigráficamente previos en los que no se presentaron tallas por debajo de los 30 mm.

En cuanto a *G. maculata*, su mayor abundancia en el depósito estuvo asociada a la moda más alta de talla para la especie (50 mm en N.10-12). Se observó que en el resto del depósito la presencia esporádica de esta especie estuvo acompañada de tallas variables pero siempre por debajo de la talla alcanzada en el estrato de su máxima explotación..Por su parte, a *C. affinis* se le identificó en un intervalo muy amplio de tallas con el predominio de especímenes entre 30 y 40 mm.

En cuanto a los gasterópodos, se hizo un análisis de dos especies dominantes (*M. nigrinus* y *A. angelica*), aunque la representatividad de los especímenes completos en ambos casos fue baja. Como una aproximación a la talla de los individuos de *M. nigrinus* se obtuvo el tamaño del canal sifonal de las columelas identificadas en las muestras (n=80) (Figura 19). El resultado fue que los estratos con mayor abundancia de *M. nigrinus* se caracterizaron por la moda más alta en la talla del canal sifonal lo que puede ser indicativo de una explotación enfocada a los moluscos más grandes. Por otra parte, el análisis de tallas del gasterópodo *A. angelica* se hizo con base en una muestra pequeña (77 individuos completos) ya que este molusco presentó una alta fragmentación en el depósito (Figura 20). La falta de consistencia en la variedad de tallas recolectas a lo largo del depósito sólo permitió definir una moda de 25 mm en los estratos con mayor abundancia.

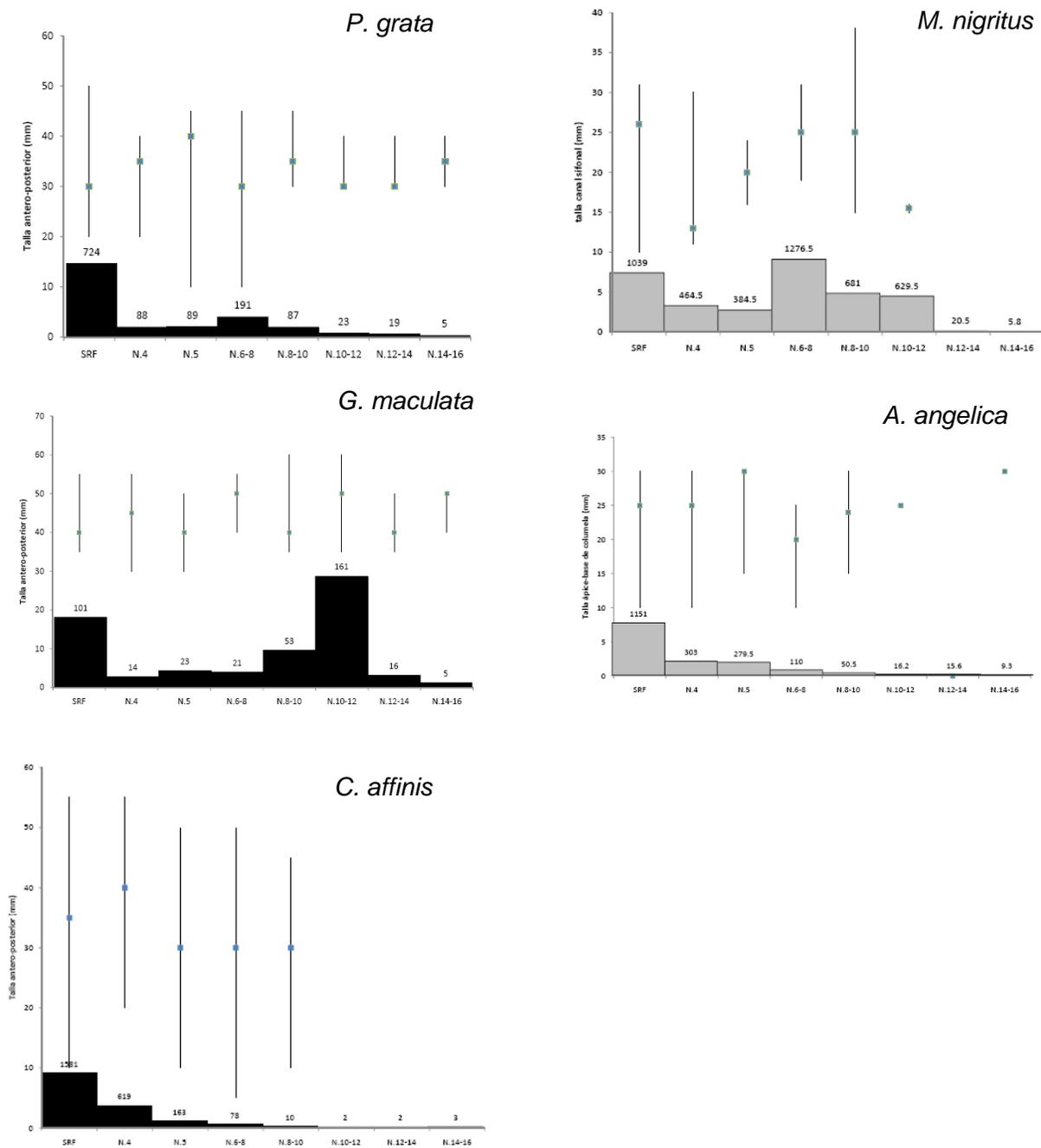


Figura 18. Valores mínimos, máximos y de moda en la talla de bivalvos (talla antero-posterior) y gasterópodos (talla ápice-base de columela) identificados en la unidad B18BP1. En el eje de las "x" se muestra como referencia el histograma de frecuencia de cada especie ya visto en las Figuras 15 y 16.



Figura 19. *Muricanthus nigritus*. B18BP1 N.5 N2E2. Este tipo de especímenes fueron contabilizados como gasterópodos incompletos tomando en cuenta únicamente la presencia de la base de la columela. Se señala la ubicación del canal sifonal utilizado como estimación de la variabilidad en la talla de los individuos de esta especie.



Figura 20. *Acanthina angelica*, B18BP1 Superficie. Modo de procesamiento al que era sometido el gasterópodo para extraer la carne. Se propone que de este era el primer paso en el procesamiento y del cual se derivaron los especímenes más numerosos de esta especie: sus ápices (n=1282) y las bases de sus columelas (n=1376).

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

El intervalo de valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenido en el carbonato de los moluscos procedentes de diferentes niveles del depósito arqueológico fue de -3.05 ‰ a 0.7 ‰ (VPDB), con un promedio de $-0.87 \text{ ‰} \pm 1.3 \text{ ‰}$ entre todas las muestras (Tabla 8).

Tabla 8. Valores de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) del carbonato de bivalvos *Protothaca grata* de la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. Los resultados corresponden al carbonato del extremo del borde ventral (0 μm) y a una segunda muestra ubicada a $\sim 370 \mu\text{m}$ en dirección al umbo. Se excluyeron del análisis los valores de los niveles N.6-8, N.10-12 y N.14-16 por motivos de error en el espectrómetro de masas.

Nivel de excavación	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB (‰) (0 μm)	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB (‰) ($\sim 370 \mu\text{m}$)	Especie
Superficie	0.70	0.17	<i>P. grata</i>
N.4	-0.10	-0.92	<i>P. grata</i>
N.5	-2.58	-2.43	<i>P. grata</i>
N.6-8	-0.58	-	<i>P. grata</i>
N.10-12	-3.05	-	<i>P. grata</i>
N.12-14	0.49	-1.96	<i>P. grata</i>
N.14-16	0.53	-	<i>P. grata</i>

Atendiendo a la variabilidad de los datos arrojados por el análisis geoquímico, se observa que los valores positivos oscilaron entre 0.17 y 0.7 ‰. Los valores isotópicos positivos sólo ocurrieron en las dos muestras del espécimen más superficial del depósito así como en las muestras obtenidas en el borde ventral de los especímenes de N.12-14 (0.49 ‰) y N. 14-16 (0.53 ‰). Como se observa en la Figura 21 los valores restantes fueron negativos y se ubicaron en los niveles centrales del conchero, por debajo de los 50 cm y hasta los 120 cm de profundidad.

En la Figura 21 se presentan también los valores obtenidos en la segunda muestra de carbonato tomada en cada valva a partir del borde ventral y en dirección al umbo. Considerando el patrón de crecimiento promedio reportado para la especie *C. fluctifraga* (Goodwin et al., 2003) y suponiendo que por la talla de los especímenes de *P. grata* utilizados en este estudio (mínimo de 21 mm y máxima de 30 mm de longitud umbo-borde ventral, en el

depósito B18BP1) corresponden a individuos menores a los 3 años de vida, el tiempo representado por la distancia entre el par de muestras tomado de cada valva (mínimo de $\sim 300 \mu\text{m}$ y máximo de $\sim 900 \mu\text{m}$) fue de ~ 1 a 3 días.

El intervalo de las diferencias de los valores isotópicos obtenidos entre cada par de muestras fue de 0.15 ‰ (N.5) a 0.82 ‰ (N.4), sin embargo existió una diferencia máxima de 2.45 ‰ entre el par de muestras de N.12-14. Sin considerar este último caso, creemos que las diferencias en los valores isotópicos pueden ser explicadas en términos de la variación natural de la temperatura en el Delta donde una variación de $1 \text{ }^\circ\text{C} = 0.22 \text{ ‰}$. Sin embargo, la diferencia en N.12-14 resulta más desconcertante porque las muestras fueron obtenidas con una distancia de sólo $480 \mu\text{m}$ entre una y otra. Consideramos que es más probable que la diferencia esté representando cambios en las condiciones de salinidad (y por lo tanto en la composición isotópica del agua) en el Delta que una variación repentina de $11 \text{ }^\circ\text{C}$ en el entorno entre la formación del carbonato de un momento y otro. Nuestra hipótesis sugiere que el valor más negativo (-2 ‰) registra condiciones de mezcla de agua dulce por el flujo del Río Colorado. La turbidez provocada por el incremento de partículas de sedimento en el agua durante los eventos de máximo flujo del Río pudo causar que el molusco detuviera su crecimiento y se mantuviera en vida bajo condiciones anaeróbicas como lo sugieren Lutz y Rhoads (1980) que ocurre durante la marea baja. Cuando la turbidez cesó y volvieron a predominar las condiciones oceánicas, el molusco pudo reanudar su crecimiento y registró valores isotópicos más pesados (0.5 ‰). Existen ejemplos en la literatura (Schöne et. al., 2003) que demuestran que moluscos actuales del AGC presentaron el menor ritmo de crecimiento durante las máximas descargas de agua dulce que han ocurrido de forma controlada en el AGC y que así como el valor isotópico del carbonato es llevado hacia valores más negativos por el incremento en el isótopo ligero en la composición del agua (δ_w) durante dichos eventos, la reanudación hacia valores isotópicos más positivo que son los que predominan en las actuales condiciones de no-flujo, puede ocurrir de forma rápida.

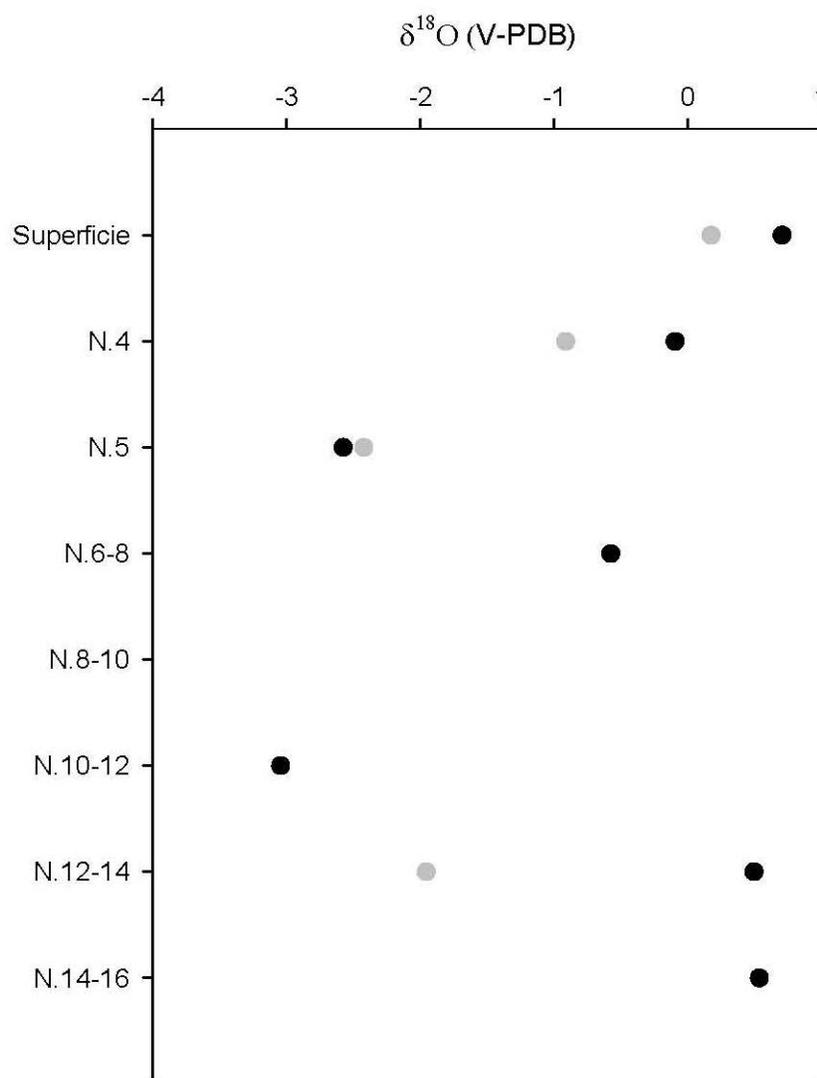


Figura 21. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ en especímenes de *P. grata* colectados a lo largo de la estratigrafía (eje Y) del conchero B18BP1 del sitio ASU14-179. En gris se representan los valores obtenidos en la segunda muestra de carbonato ubicada a una distancia de $\sim 370\ \mu\text{m}$ en dirección al umbo. No se obtuvo un valor isotópico con moluscos en el nivel N.8-10.

Otolitos

Riqueza taxonómica

Los otolitos recuperados en la excavación del conchero ASU14-179 presentaron en general un buen estado de conservación ya que el 91.6% de las muestras consistió en especímenes completos. Se analizó un total de 320 especímenes que fueron asignados a seis familias

taxonómicas (Batrachoididae, Haemulidae, Scaridae, Sciaenidae, Serranidae y Carangidae), un género (*Cynoscion*) y cinco especies (*Micropogonias megalops*, *Cynoscion parvipinnis*, *Cynoscion othonopterus*, *Menticirrhus nasus* y *Totoaba macdonaldi*) (Tabla 9). Sólo cuatro especímenes no pudieron ser identificados taxonómicamente. En términos del MNI, la familia Sciaenidae representó más del 60% de los individuos en las muestras y dentro de ésta, la especie *M. megalops* fue la especie más capturada (Figura 22).

Tabla 9. Distribución taxonómica de los otolitos sagitales en seis familias en la unidad B18BP1. Los valores representan el NISP. Los niveles de excavación que se utilizaron para el análisis de diversidad se muestran en negritas.

	<i>Batrachoididae</i>	<i>Haemulidae</i>	<i>Scaridae</i>	<i>Sciaenidae</i>	<i>Serranidae</i>	<i>Carangidae</i>	n.id	NISP TOTAL
Superficie	3	2	3	48	1	0	2	59
N.4 N1E1/E2	3	3	0	20	1	0	1	28
N.5 N1E1	0	1	1	37	0	1	0	40
N.5 N2E1	4	5	1	22	9	2	0	43
N.5 N2E2	3	6	1	33	8	1	1	53
N.6-8	7	2	1	58	8	4	0	80
N.8	0	0	2	0	0	0	0	2
N.8-10	0	0	0	2	0	0	0	2
N.10-12	0	0	0	3	0	0	0	3
N.10-12 N1E1	0	1	0	2	0	0	0	3
N.10-12 N2E1	0	1	0	1	1	0	0	3
N.10-12 N2E2	0	1	0	0	0	0	0	1
N.12-14 N2E2	0	0	1	2	0	0	0	3
TOTAL	20	22	10	228	28	8	4	320

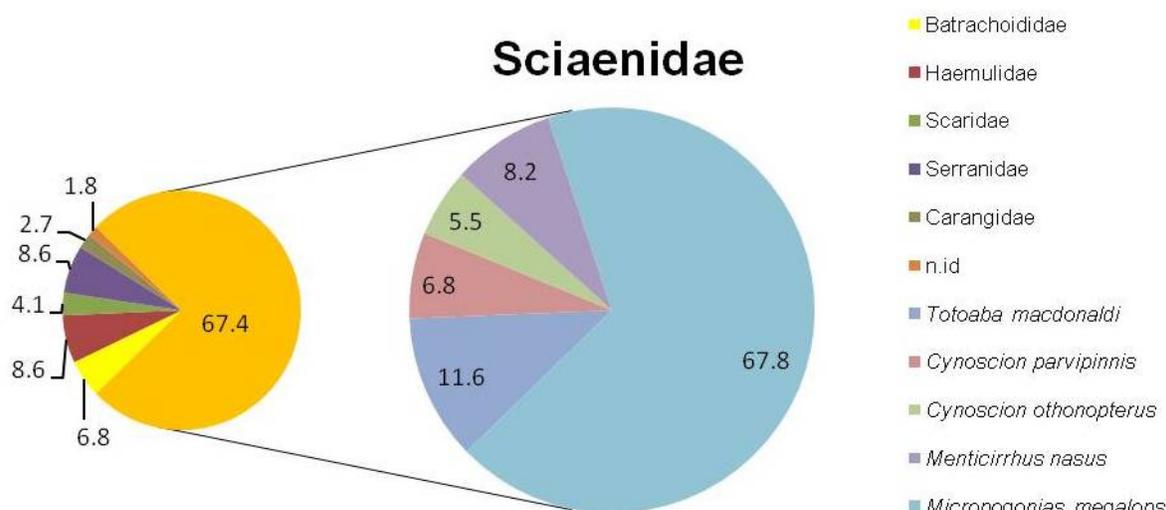


Figura 22. Izquierda: Asignación porcentual de las muestras de otolitos sagitales a seis familias taxonómicas. Derecha: distribución de las especies dentro de la familia dominante en las muestras. En ambas gráficas los valores representan la abundancia relativa (%) con base en el MNI.

Tabla 10. Distribución de las especies ictiológicas dentro de la familia dominante Sciaenidae en la unidad B18BP1. Los valores representan el NISP. Los niveles de excavación que se utilizaron para el análisis de diversidad se muestran en negritas.

	<i>Microgogonias megalops</i>	<i>Totoaba macdonaldi</i>	<i>Cynoscion parvipinnis</i>	<i>Cynoscion othonopterus</i>	<i>Menticirrhus nasus</i>	NISP TOTAL
Superficie	31	4	6	4	3	48
N.4 N1E1/E2	15	1	1	3	0	20
N.5 N1E1	30	2	0	3	2	37
N.5 N2E1	15	3	1	0	2	21
N.5 N2E2	24	5	0	2	1	32
N.6-8	50	2	1	0	4	57
N.8	0	0	0	0	0	0
N.8-10	1	1	0	0	0	2
N.10-12	1	0	2	0	0	3
N.10-12 N1E1	0	2	0	0	0	2
N.10-12 N2E1	0	0	0	0	1	1
N.10-12 N2E2	0	0	0	0	0	0
N.12-14 N2E2	1	0	0	0	1	2
TOTAL	168	20	11	12	14	225

Diversidad y equitatividad

Un contraste estadístico aplicado a la unidad B18BP1 determinó que no existieron diferencias significativas en la distribución de los otolitos en N.5 (Kruskal-Wallis $H=3.8$, $gl=2$, $P=0.15$) y N.10-12 (Kruskal-Wallis $H=1.54$, $gl=3$, $P=0.672$), razón por la cual se pudo realizar el análisis ecológico de este depósito utilizando sólo un cuadrante por cada nivel de excavación. Por lo tanto, al igual que se hizo en los moluscos, en el análisis ecológico de los otolitos se utilizó sólo un cuadrante de N.5 y uno de N.10-12 como representativos de dichas profundidades en el depósito. Una vez elegida una muestra por cada nivel de excavación, se obtuvo un panorama del comportamiento general cuantitativo de los otolitos recuperados en los distintos niveles del depósito (Figura 23).

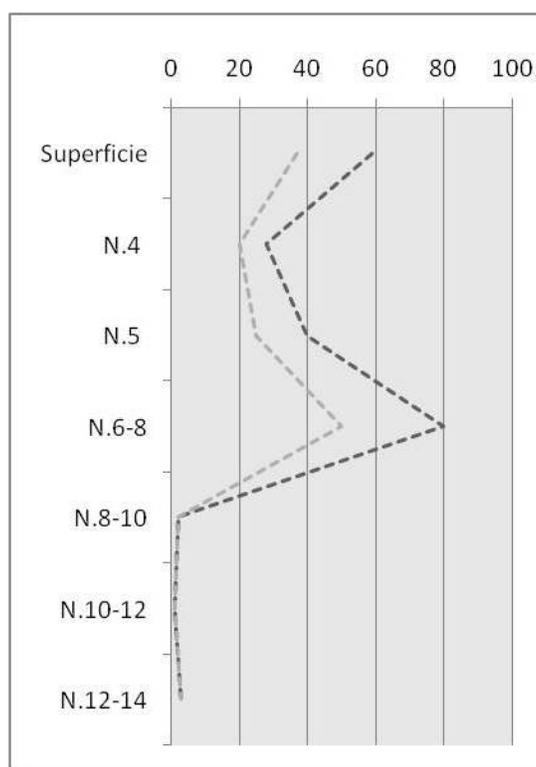


Figura 23. Distribución estratigráfica del número de especímenes (NISP, línea negra) y del número mínimo de individuos (MNI, línea gris) derivados de los otolitos sagitales recuperados en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.

El índice de diversidad (H') aumentó desde el nivel 12-14 (1.1) hasta la superficie del depósito (1.9) y tuvo un valor mínimo en N.8-10 (0.7) y ausencia de éste en N.10-12 (Tabla 11). El último nivel de excavación alcanzado en B18BP1 (N.14-16) no presentó otolitos por lo que no se incluyó en el análisis. La equitatividad presentó valores altos en N.12-14 y N.8-10 debido a que

sólo se presentaron dos y tres taxones, respectivamente, con igual número de individuos (Figura 24). Los datos en conjunto demuestran que el máximo en el número de otolitos observado a partir de N.6-8 fue producto de la abundancia con que inició a capturarse la especie *M. megalops* a partir del momento representado por dicho nivel (Figura 23).

Tabla 11. Índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Equitatividad en los peces identificados por sus otolitos en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.

Nivel	Riqueza (S)	Diversidad (H')	Equitatividad
Superficie	10	1.9	0.8
N.4	8	1.8	0.8
N.5	7	1.3	0.7
N.6-8	9	1.5	0.7
N.8-10	2	0.7	1.0
N.10-12	1	0.0	0.0
N.12-14	3	1.1	1.0

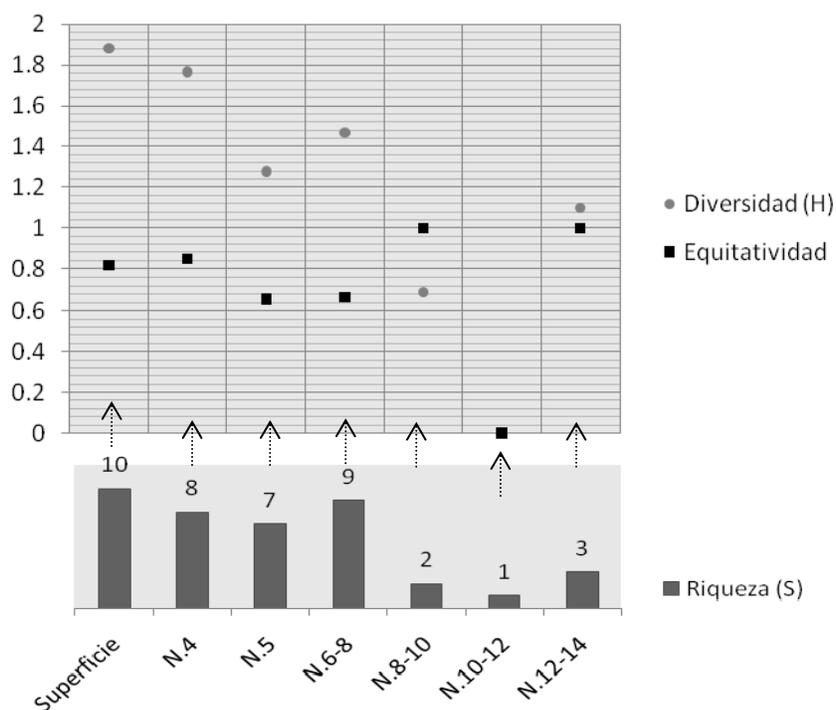


Figura 24. Variación en los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H'); de Equitatividad y de Riqueza (S), en los peces identificados por sus otolitos a lo largo de la estratigrafía del depósito B18BP1 del sitio ASU14-179.

Lo anterior se sustenta en el análisis de los histogramas de frecuencia donde se observó que las familias ictiológicas se concentraron principalmente en los niveles a partir de N.6-8 a excepción de las familias Haemulidae, Scaridae y Sciaenidae que tuvieron representación en N.10-12 la primera, en N.12-14 la segunda y en ambos la última (Figura 25). Entre los sciáenidos, sólo las especies *M. nasus* y *M. megalops* estuvieron presentes en los estratos inferiores del conchero. Resaltó además, que *M. megalops* y *T. macdonaldi* fueron las únicas especies presentes en N.8-10.

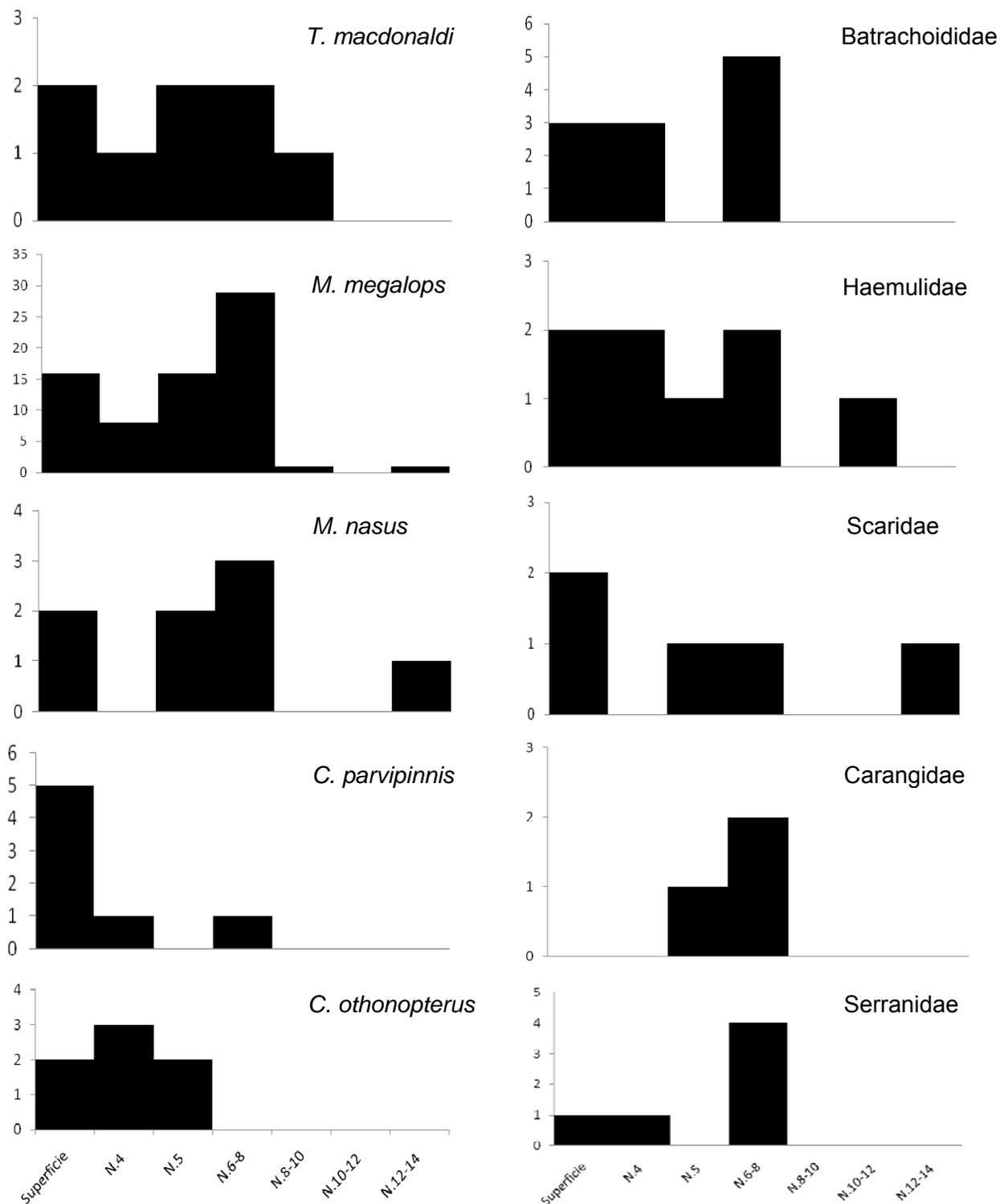


Figura 25. Histogramas de frecuencia de los otolitos asignados a cinco especies de sciánidos (izquierda) y otras cinco familias ictiológicas (derecha). Los histogramas se elaboraron con base en el MNI.

Análisis de tallas

El análisis general de la longitud del otolito (LO) en cada taxón indicó que la especie *T. macdonaldi* presentó la mayor variabilidad de tamaños de otolito a lo largo del depósito con una media general de 12.45 mm, seguido de *C. parvipinnis* (media general=12.7 mm) y *M. megalops* (media general=8.7 mm) (Figura 26).

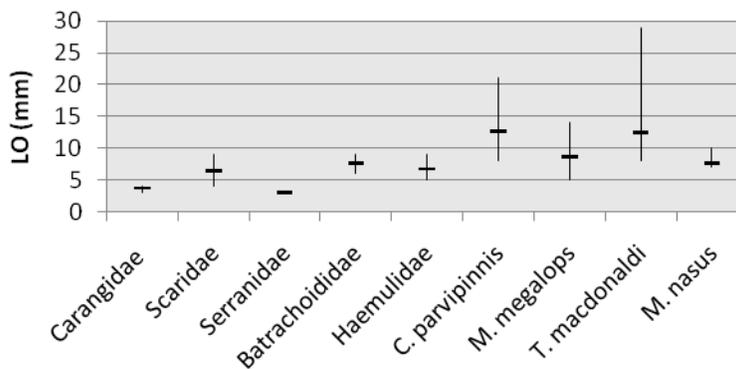


Figura 26. Comportamiento general de la longitud del otolito (LO) en cada taxón en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179.

El análisis especie-específico del valor de LO en cada uno de los niveles de excavación del depósito indicó que *T. macdonaldi* concentró la mayor variabilidad de tamaños de sus otolitos (Figura 27). El valor más alto ocurrió en N.5 y representó la media más alta del tamaño de otolito asignada a esta especie (19.5 mm). En los niveles previos y posteriores a N.5, la longitud de los otolitos de esta especie se mantuvo en ~10 mm. En la especie *M. megalops*, la mayor variabilidad de tamaños ocurrió en N.6-8 que coincidió con la media más alta de esta especie (11 mm). Aunque se mantuvo cierta variabilidad de tamaños, la media de sus otolitos disminuyó en los estratos superiores. En *C. parvipinnis* se observó una disminución de la variabilidad y de la media del tamaño del otolito desde el estrato inferior del conchero (media=17 mm) hasta la superficie (media=12.5 mm), con el menor tamaño en N.5 (media=8 mm). Los otolitos asignados a la familia Haemulidae fueron identificados con el género *Anisotremus* sp. en espera de que un análisis más detallado pueda confirmar esta asignación para todos los especímenes. Lo que se observó en términos del tamaño del otolito fue que en N.5 presentó tallas entre los 5 mm y los 9 mm. El sciáenido *M. nasus* sólo presentó variedad de tamaños en el estrato superficial del conchero. La familia Serranidae y el género *Porichthys* (asignado tentativamente a los especímenes de la familia Batrachoididae), presentaron la

mayor constancia de tamaño en sus otolitos a lo largo del depósito. La familia Scaridae presentó la mayor variedad de tamaños en N.5 con una media de 7.7 mm. Por último, el género *Caranx sp.* asignado a los especímenes de la familia Carangidae presentó el otolito de mayor longitud en N.5. Es importante mencionar la posibilidad de que los otolitos que fueron asignados a una misma familia correspondieran con diferentes géneros o especies. En otros casos es posible también que la resolución aplicada en este estudio no haya sido la necesaria para notar las diferencias en la LO.de algunos peces. Sin embargo, mantenemos que el acercamiento a la variación de talla con base en la LO ha sido útil en el caso de los taxones con mayor representación en el depósito.

Finalmente, la especie *C. othonopterus*, a pesar de su frecuencia, no fue analizada en términos del tamaño de su otolito debido a que su representación en el depósito consistió principalmente de fragmentos.

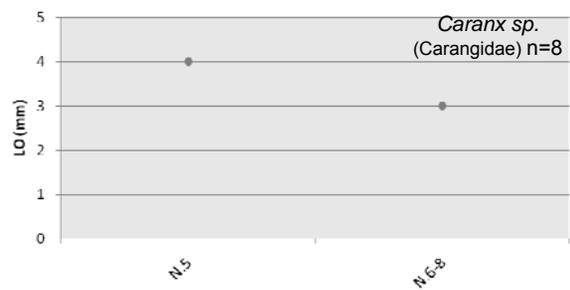
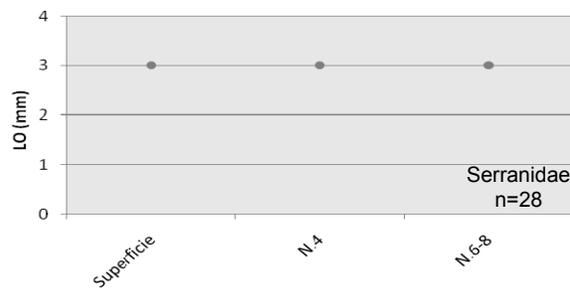
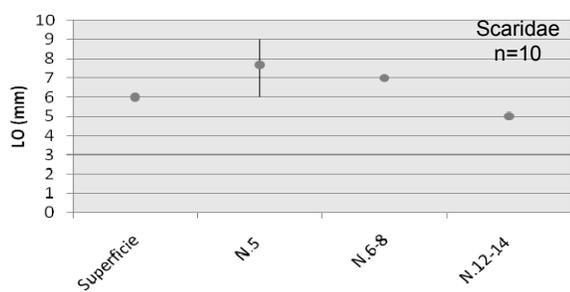
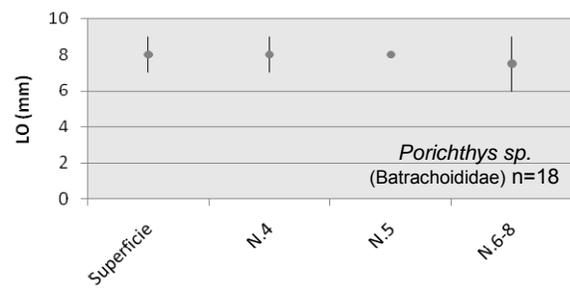
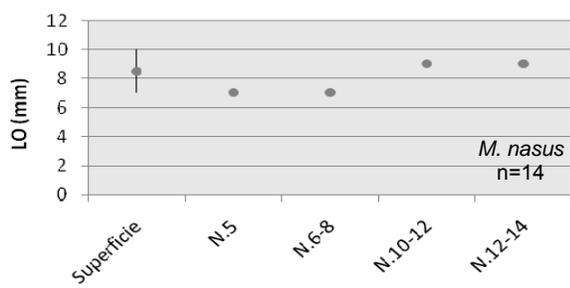
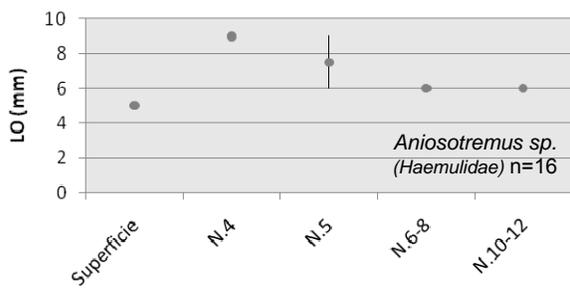
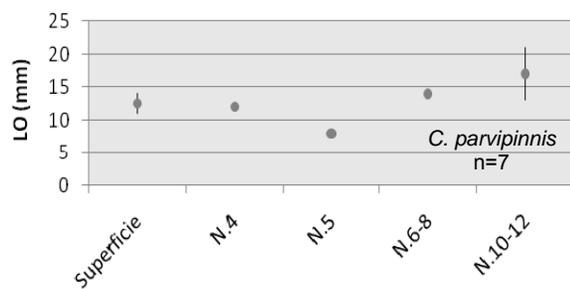
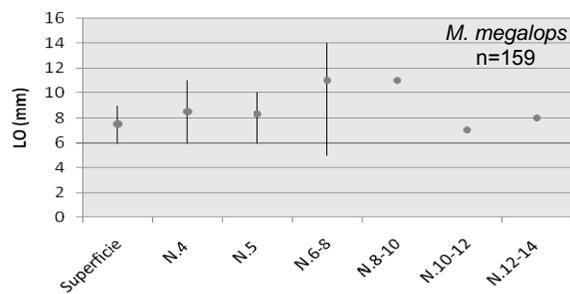
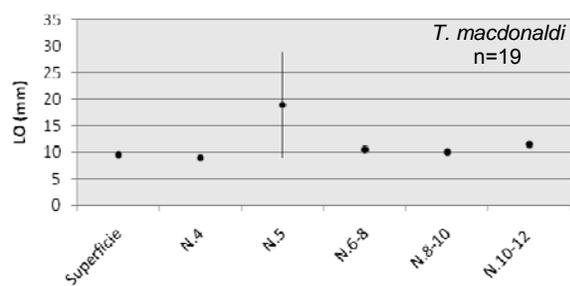


Figura 27. Valores de la longitud antero-posterior del otolito (LO) de diferentes taxones identificados en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. En los casos con más de un valor se presentan el mínimo, el máximo y la media de LO.

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

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos tanto del margen como del núcleo de los otolitos presentaron un intervalo de -4.55‰ a 0.58‰ (VPDB), con un promedio general de todos los valores en las tres especies de $-1.3\text{‰} \pm 1.2\text{‰}$.

En la muestra del margen (la que representa el último crecimiento del pez registrado en su otolito) el promedio general de valores isotópicos entre las tres especies fue de $-1.1\text{‰} \pm 1.6\text{‰}$. Dicho valor es 0.23‰ más negativo que el promedio obtenido en la muestra del borde ventral en los moluscos del depósito B18BP1. En el promedio por especie, *C. parvipinnis* ($-2.8\text{‰} \pm 0.8\text{‰}$) fue la que tuvo los valores más negativos en comparación con las especies *M. megalops* ($-0.3\text{‰} \pm 0.4\text{‰}$) y *T. macdonaldi* ($-0.3\text{‰} \pm 0.8\text{‰}$) que fueron similares en su valor isotópico promedio. (Tabla 12 y Figura 28).

Tabla 12. Valores de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) del carbonato de otolitos de tres especies de peces en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. Los resultados corresponden al carbonato obtenido en el margen y en el núcleo de un mismo otolito y fueron tomados a partir de una sección transversal de éstos.

	<i>Totoaba macdonaldi</i>		<i>Cynoscion parvipinnis</i>		<i>Micropogonias megalops</i>	
	Márgen	Núcleo	Márgen	Núcleo	Márgen	Núcleo
Nivel de excavación	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB(‰)	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB(‰)	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB(‰)	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB(‰)	$\delta^{18}\text{O}$ V-PDB(‰)
Superficie	-0.52	-2.15	-1.68	-2.41	-	-
N.4	-	-	-	-	-	-
N.5	0.58	-2.76	-	-	-0.27	-0.11
N.6-8	0.44	-	-2.31	-1.85	0.17	-1.38
N.8-10	-0.89	-1.19	-	-	-	-
N.10-12	-	-	-4.55	-0.97	-	-
N.12-14	-	-	-	-	-0.72	-1
N.14-16	-	-	-	-	-	-

Ya que no se hizo ningún fechado utilizando los otolitos, en el análisis de la distribución de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ se supuso la misma temporalidad adjudicada al depósito con base en los fechados de moluscos. Se observó que en la mayoría de los casos los valores isotópicos en los otolitos se mantuvieron entre -0.7 y 0.6 ‰ y que las especies *T. macdolandii* y *M. megalops* tuvieron los valores isotópicos más cercanos entre sí y con respecto a los valores isotópicos obtenidos con los moluscos en un mismo nivel del depósito. Por su parte, *C. parvipinnis* coincidió en su valor máximo negativo en N.10-12 con el máximo negativo en los moluscos.

La divergencia máxima obtenida entre moluscos y otolitos de un mismo nivel ocurrió en N. 5 con una diferencia de 3.16 ‰ entre un otolito de *T. macdonaldi* y el molusco *P. grata*. Adjudicar esta diferencia sólo a la temperatura implicarían 14 °C (donde 4.7 °C = 1 ‰) de variación en la temperatura de formación del carbonato de ambas muestras, lo que resulta un argumento difícil de sustentar con base en los datos con que se dispone en este estudio. Por el contrario, con base en el modelo predictivo desarrollado en este estudio y que contempla los cambios en la temperatura y la composición isotópica del agua en el Delta en condiciones de flujo del Río Colorado, en otro apartado intentaremos demostrar que el resto de las diferencias inter-taxón obtenidas pueden ser explicadas como producto del comportamiento específico de las especies en cuestión. Es importante considerar además, que los distintos peces utilizados en este estudio pueden presentar diferencias en el hábitat preferencial de crecimiento aún dentro del AGC.

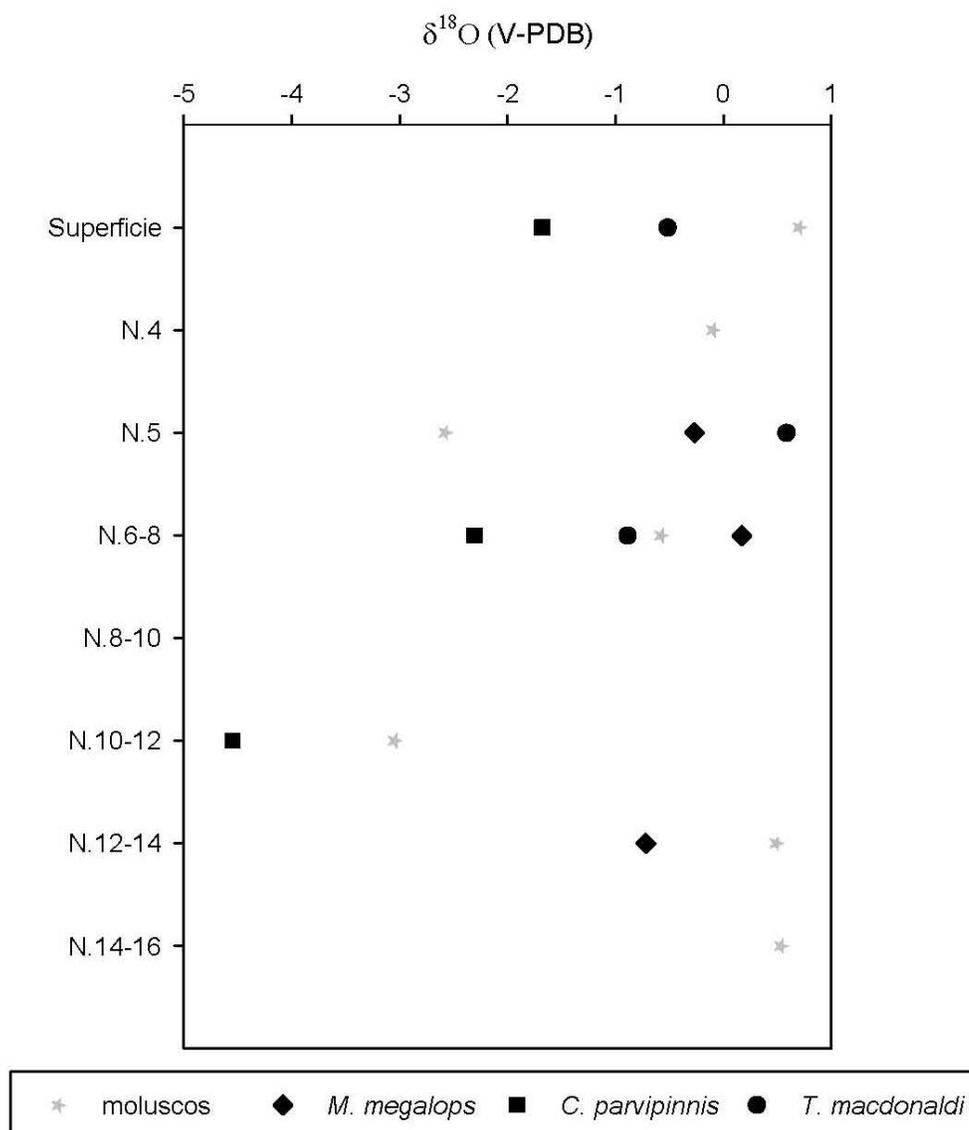


Figura 28. Valores individuales de $\delta^{18}\text{O}$ de los márgenes de los otolitos de tres especies de peces obtenidos a lo largo de la estratigrafía (eje Y) del conchero B18BP1 del sitio ASU14-179. Se presentan como referencia los valores individuales obtenidos en el borde ventral de moluscos correspondientes al mismo nivel dentro del depósito.

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en los núcleos de los otolitos de las tres especies variaron de -2.7 a -0.1 ‰. En la comparación del intervalo de valores isotópicos obtenidos en el núcleo de cada especie se encontró que *M. megalops* tuvo los valores más positivos a pesar de que el contraste estadístico no mostró diferencias significativas entre los valores isotópicos que

reflejan el hábitat de crianza de las tres especies ($H=1.57$, $gl=2$, $P=0.45$). Este resultado sugiere que existe una variación alta en el hábitat de crianza de las tres especies (Figura 29).

El cambio de hábitat, inferido por la diferencia entre los valores isotópicos del núcleo y los del margen de los otolitos, sólo mostró diferencias significativas entre el hábitat de crianza y el hábitat de captura del pez *T. macdonaldi* ($H=4.08$, $gl=1$, $P=0.043$). En esta especie los valores isotópicos del hábitat de crianza resultaron significativamente más negativos que los del hábitat de captura. Retomando lo publicado en otros estudios, este resultado es consistente con los datos que sugieren que en el pasado, la especie *T. macdonaldi* dependió en su primer año de vida de la zona estuarina antiguamente formada por el flujo del Río Colorado hacia el AGC (Rowell et. al., 2008). Además no encontramos diferencias significativas entre los valores isotópicos que reflejan el hábitat de crianza de los individuos presentes en nuestras muestras con los valores reportados para la sección natal de cuatro otolitos que Rowell et. al. (2008) reportan haber sido encontrados en un conchero en el área de San Felipe, Baja California y a los que se les ha adjudicado una antigüedad de ~1000 años (AP).

En el comportamiento entre especies, se observó que *T. macdonaldi* y *C. parvipinnis* tuvieron en común el mismo valor isotópico promedio en sus primeros dos meses de vida pero fueron también las especies con mayor discrepancia en los valores del hábitat de captura. Además, los valores isotópicos del margen de los otolitos de *C. parvipinnis* resultaron en promedio más negativos que los obtenidos en el núcleo lo que sugiere que este pez creció a temperaturas más altas o bajo la influencia de una composición isotópica diferente a la experimentada por las otras especies. Debido a que incluso actualmente existe poca información sobre la distribución de esta especie en el AGC, sólo es plausible proponer aquí que, si en el pasado la distribución de *C. parvipinnis* se restringió al entorno del Delta, entonces los valores más negativos indicarían la presencia de un flujo intenso del Río hacia el Golfo de California durante el crecimiento previo a la captura de estos individuos. En cambio, si en el pasado la especie tuvo una distribución fuera del Golfo, es posible que una migración hacia aguas más cálidas pueda explicar que los individuos presenten una proporción más alta del isótopo ligero en el crecimiento registrado previo a su captura.

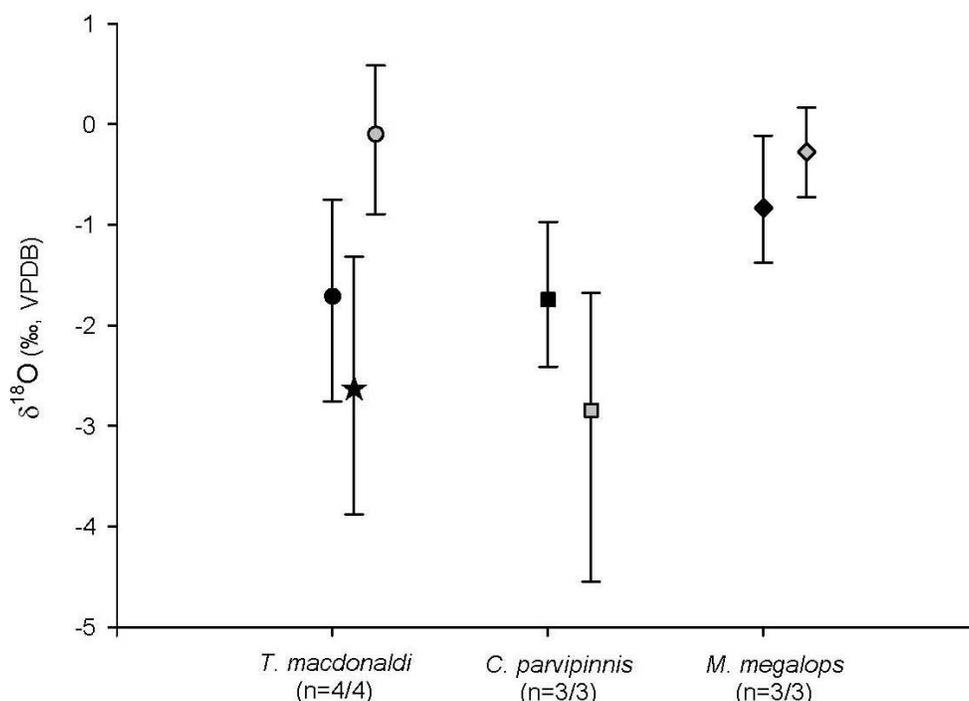


Figura 29. Comparación de los valores (máximo, mínimo y promedio) de $\delta^{18}\text{O}$ del hábitat de crianza (negro/n=4) y del hábitat de captura (gris/n=4) de tres especies ictiológicas en la unidad B18BP1 del sitio ASU14-179. Los valores individuales de *T. macdonaldi* indicaron diferencias significativas ($H=4.08$, $gl=1$, $P=0.043$) entre el hábitat de crianza y el hábitat de captura de esta especie. Se presentan como referencia los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en la sección natal de 4 otolitos a los que Rowell et al. (2008) adjudican una antigüedad de ~1000 años (AP) y una proveniencia de un conchero ubicado en San Felipe, Baja California. No existen diferencias significativas entre los valores isotópicos del hábitat de crianza de nuestras muestras y las reportadas por Rowell et. al. (2008).

Aplicación del modelo predictivo de valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{mol}}$ y $\delta^{18}\text{O}_{\text{oto}}$

Un histograma de los valores isotópicos obtenidos en todas las muestras de moluscos y otolitos del depósito B18BP1 mostró que la distribución presenta dos modas, una en -0.5‰ y otra en -2‰ (Figura 30). Además, los únicos intervalos representados por una sola observación fueron -4.5‰ y -3‰ ambos obtenidos en el mismo nivel (N.10-12) con base en el carbonato de un otolito y de un molusco, respectivamente.

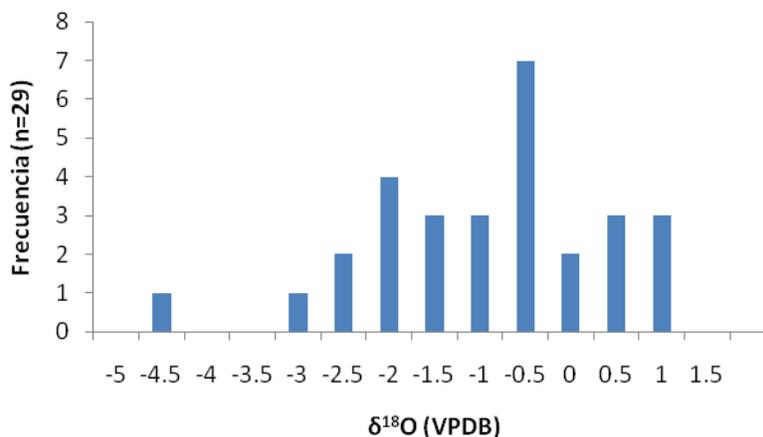


Figura 30. Histograma de valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en todas las muestras de carbonato (moluscos y otolitos) del depósito B18BP1.

El modelo aplicado para tratar de tomar en cuenta los cambios impuestos en el ambiente por el flujo del Río Colorado partió del análisis independiente de los valores isotópicos obtenidos en los moluscos ($n=11$) por un lado, y de los otolitos ($n=20$) por el otro, dando como resultado los gráficos que se presentan en las Figuras 31 (moluscos) y 32 (otolitos). Con base en ellos se realizan las siguientes inferencias.

Más del 60% de los valores isotópicos observados en el carbonato de los moluscos (tanto del margen como a una distancia variable de éste) se ubicaron entre las líneas de valores predichos de -1 a 0.7 ‰ en el modelo predictivo. Al hacer la discriminación de escenarios posibles tomando en cuenta la influencia del flujo del Río Colorado, se hicieron dos consideraciones: (1) que los valores de composición isotópica del agua (δ_w), en el pasado debieron haber sido más negativos que el promedio actual de todos los océanos (0 ‰) y (2) que la formación del carbonato debió ocurrir a temperaturas mayores a los 15 °C. La distribución obtenida para el 60% de los valores isotópicos observados en los moluscos supone que el carbonato pudo haberse formado bajo condiciones de un valor mínimo de $\delta_w = \sim -0.6$ ‰ (SMOW) y un temperatura máxima de ~ 23 °C (a un $\delta_w=0$ ‰). Nuestra hipótesis es que, en el pasado, un valor isotópico del agua como el que proponemos para explicar los resultados del 60% de nuestras muestras de moluscos, pudo predominar en el Delta sólo en las estaciones anuales en que no se presentaba la influencia del Río Colorado.

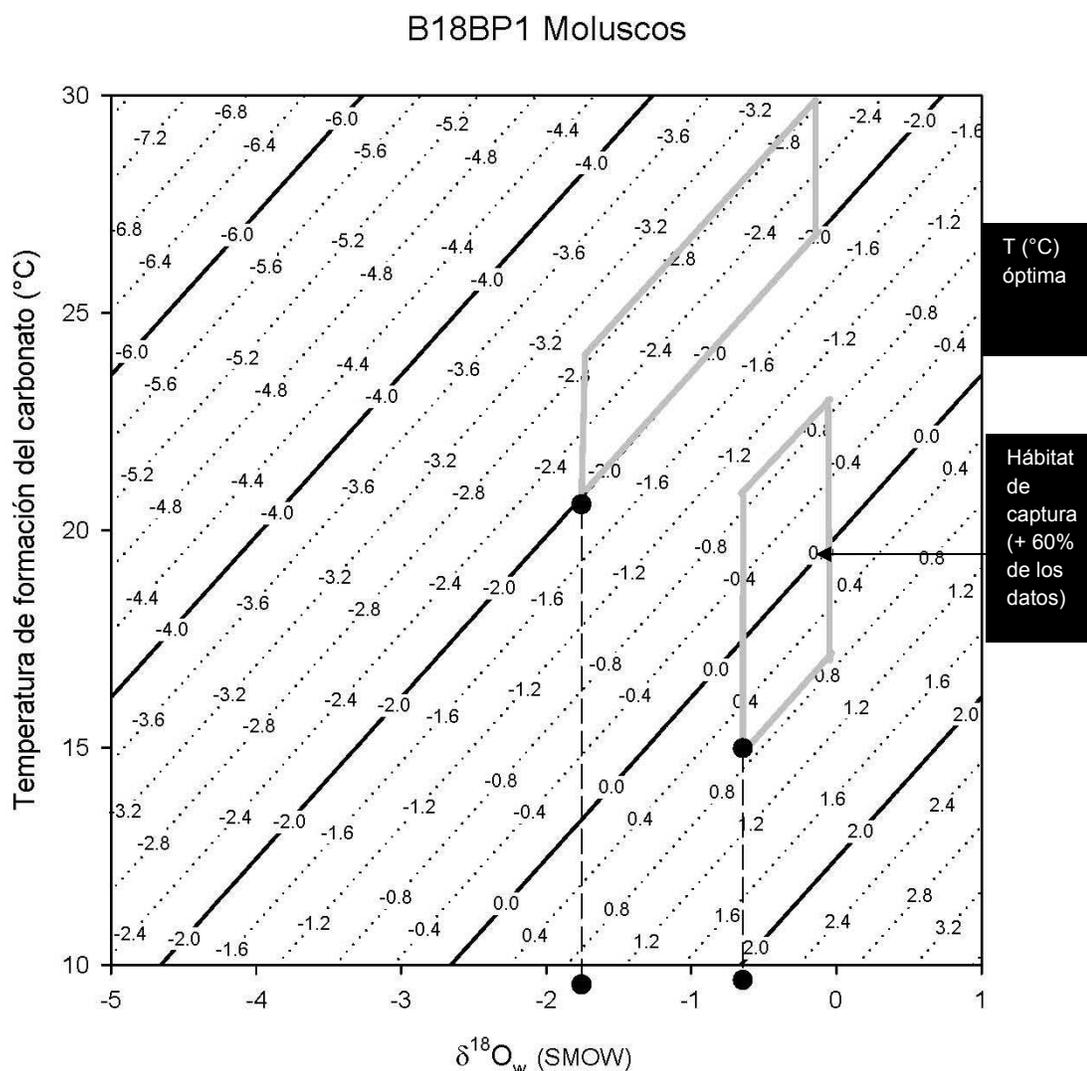


Figura 31. Diagrama de valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos para los moluscos a partir de un modelo que considera las condiciones impuestas en el ambiente como producto de la influencia del Río Colorado en el Delta. Más del 60% de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en los moluscos del depósito B18BP1 se concentraron entre las líneas de -1 y 0.7 ‰ (VPDB) lo que indica que el carbonato fue precipitado en condiciones de no-flujo del Río Colorado. Las líneas intermitentes que descienden al eje X indican el valor mínimo de δ_w sugerido para el Delta en condiciones de flujo (~ -1.8 ‰) y de no-flujo (~ -0.7 ‰) del Río Colorado. Se señala el intervalo de temperatura óptima de crecimiento de los moluscos como una posible explicación de los valores más negativos obtenidos en el depósito. Ver texto para la interpretación del diagrama.

Los valores isotópicos del 40% de los moluscos restantes fueron más negativos y se ubicaron en el modelo entre los valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos de -2 y -3 ‰ (VPDB). Por sus características de abundancia en el isótopo ligero (^{16}O), el carbonato de estas muestras pudo formarse: (1) a mayor temperatura o, (2) en condiciones de baja salinidad. En las siguientes líneas intentaremos demostrar que los valores isotópicos más negativos obtenidos en las muestras de moluscos de los niveles N.5 (-2.4 y -2.5 ‰), N.10-12 (-3 ‰) y N. 12-14 (-2 ‰) del depósito B18BP1, pueden ser adjudicadas a cambios en la composición isotópica del agua hasta un valor mínimo de $\delta_w \approx -1.8$ ‰ (SMOW) provocado por el flujo del Río Colorado.

Con base en la literatura, sabemos que antes del represamiento de las aguas del Río Colorado, éste solía descargar el 70% de su flujo anual en los meses de mayo, junio y julio (Harding et al, 1995 en Rodríguez et al, 2001). De haber sido así, en el pasado el evento que produjo los valores isotópicos más negativos por la influencia de la entrada de agua dulce en el Delta, debió coincidir con el inicio del verano. El incremento en la evaporación y su efecto en la abundancia del isótopo pesado en el agua es un factor tendiente a desplazar el δ_w hacia valores más positivos en el Delta. Sin embargo, la conjugación de dos factores como son las altas temperaturas en las aguas superficiales y la entrada estacional de agua dulce proveniente del Río Colorado, debió producir un efecto mayor tal como fue la señal más negativa en el valor de composición isotópica del agua en los meses de mayo, junio y julio, en el Delta. Es importante mencionar que en el presente las descargas controladas del Río Colorado hacia el AGC se han dado principalmente en febrero y esto es lo que ha permitido que estudios de esclerocronología que utilizan al género *Chione sp.* (Schöne, 2003; Dettman et. al., 2004), logren identificar la señal isotópica negativa producida en dichos eventos y la comparen con el valor isotópico también negativo registrado en los meses de máxima temperatura (antes de que ocurra el cese del crecimiento de estos organismos). Consideramos que con la información que contamos en este estudio no es posible llegar a este nivel de detalle sin embargo, sostenemos que, de ser correctas nuestras inferencias con base en el modelo predictivo para los moluscos, los valores isotópicos más negativos observados en nuestras muestras pueden ser interpretados como producto del crecimiento de estos organismos en las condiciones de baja salinidad que en el pasado provocó el flujo del Río Colorado hacia el AGC a principios del verano. En las muestras de moluscos del depósito B18BP1, el nivel N.10-12 presentó el valor isotópico más negativo como producto del crecimiento a una temperatura entre los 24 y 27 °C (umbral óptimo en el género *Chione sp.*) bajo la influencia de condiciones estuarinas. En términos culturales este dato documenta que, en algún momento del depósito, los antiguos

pobladores del Delta frecuentaron el entorno a principios del verano cuando las especies marino-costeras que se convirtieron en una fuente de alimento eran a su vez, influenciadas en su crecimiento por la entrada estacional de flujos de agua dulce procedentes del Río Colorado. Otro valor isotópico que puede reflejar estos cambios en la salinidad es el que se obtuvo en N.5 (-2.6 ‰) sin embargo, como se verá más adelante, los valores isotópicos obtenidos en el mismo nivel a partir de muestras de otolitos, plantea condicionantes a su interpretación.

En los otolitos, la ubicación de todos los valores isotópicos (tanto del margen como del núcleo) dentro del modelo predictivo marcó diferencias importantes entre las especies de peces que fueron consumidas por los grupos prehistóricos (Figura 32). Los valores isotópicos obtenidos en el margen de las especies *T. macdonaldi* y *M. megalops* (-0.9 a 0.5 ‰) permiten suponer que estos peces fueron capturados en un ambiente semejante al que se describió con base en el modelo predictivo para los moluscos (una temperatura máxima de 23 °C y un valor mínimo, en condiciones de no-flujo del Río Colorado, de $\delta_w = -0.6$ ‰). Consideramos que las condiciones ambientales predichas por el modelo diseñado para los moluscos son suficientemente semejantes a las condiciones que, predichas por el modelo diseñado para los otolitos, explican los valores obtenidos en el carbonato del margen de los otolitos de *T. macdonaldi* y *M. megalops*. Sin embargo, dos individuos de estos peces presentaron valores más positivos en el margen de su otolito que una muestra del borde ventral de un molusco procedente del mismo nivel (N.5). Considerando que lo anterior representa una diferencia de ~5 °C entre la temperatura de formación del carbonato de ambas muestras, esto es aceptable viniendo de dos diferentes taxones. A este respecto una consideración que hay que tener en cuenta es que los moluscos de *P. grata* utilizados en este estudio presentaron en el margen valores isotópicos más negativos que el margen de los otolitos debido a que los primeros poseen un radio mínimo de movilidad que los hace irremediablemente vulnerables a los cambios que ocurren en el ambiente. En contraste, el otolito contenido dentro del cerebro de un pez puede mostrar una tendencia más marcada en sus valores isotópicos como producto una constante búsqueda de temperaturas y/o salinidades óptimas entre estos organismos.

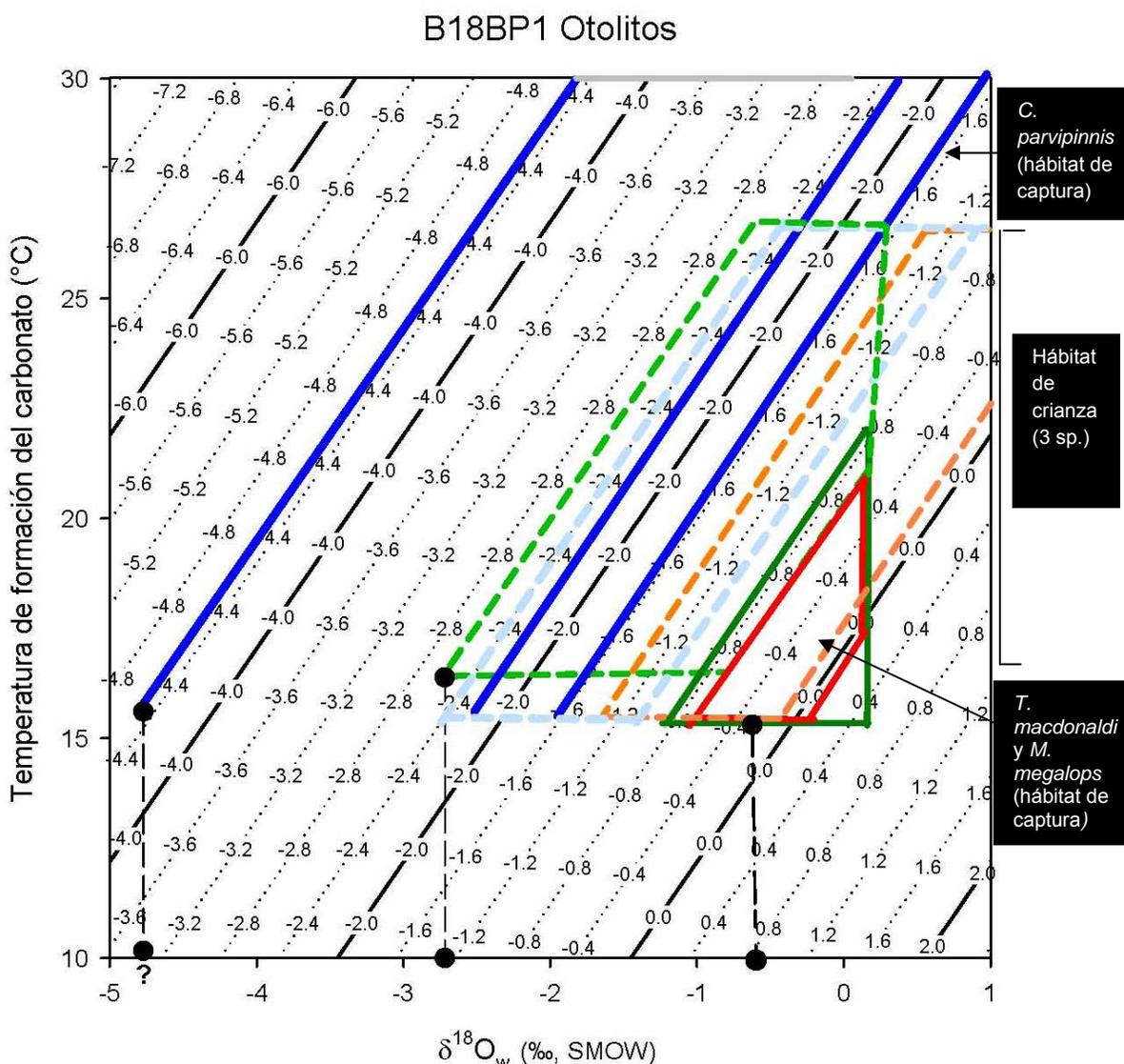


Figura 32. Diagrama de valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos para los otolitos (B18BP1) a partir de un modelo que considera las condiciones impuestas en el ambiente como producto de la influencia del Río Colorado en el Delta. La distribución de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en el margen (colores intensos) indican que el hábitat de captura de las especies *T. macdonaldi* (verde intenso) y *M. megalops* (rojo intenso) fueron más semejantes entre sí (valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre -0.9 y 0.5 ‰ (VPDB)) que con respecto a la especie *C. parvipinnis* cuyos valores isotópicos (azul intenso) representan una discrepancia respecto al hábitat de captura de los otros peces. La distribución de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en el núcleo (mismos colores pero más tenues) indican una amplia posibilidad de condiciones para la formación del carbonato en las tres especies. Las líneas intermitentes que descienden al eje X indican el valor mínimo de δ_w sugerido para el Delta en condiciones de flujo (~ -2.8 ‰, *T. macdonaldi*, núcleo) y de no-flujo (~ -0.6 ‰, *T. macdonaldi* y *M. megalops*, margen) del Río Colorado. Se señala el intervalo de temperatura (derecha) que predomina durante la época de desove de *T. macdonaldi* en el AGC. Ver texto para la interpretación del diagrama.

Por su parte, el carbonato de *C. parvipinnis* al haber sido consistentemente más negativo (de -4.5 a -1.7 ‰) que en los otros peces, indica que el último crecimiento registrado previo a la captura ocurrió bajo condiciones de alta temperatura o de baja salinidad (ver Figura 32). Una posible explicación es que *C. parvipinnis* no frecuentara de forma natural las aguas que hacen frente al conchero y que por lo tanto sólo haya sido capturado de forma esporádica como lo refleja su escasa presencia en el depósito (ver Tabla 10). Una ventaja que tiene el uso de los isótopos como trazadores paleoambientales es que la información que registran puede ser analizada para varios fines. Aún cuando sostenemos que *C. parvipinnis* fue una captura incidental durante la actividad pesquera entre los antiguos pobladores del Delta, los valores isotópicos de esta especie pueden brindarnos información ambiental del pasado. Tal es el caso del valor más negativo (-4.5 ‰) obtenido en el margen de un otolito de *C. parvipinnis* en el nivel N. 10-12 del depósito B18BP1. La importancia del dato es que corrobora que los valores isotópicos más negativos obtenidos en todo el depósito B18BP1, coincidieron en el mismo nivel (N.10-12). Siendo así, ambos valores isotópicos encontrados a ~70 km al sur de la boca del Río Colorado, son la prueba más convincente de la influencia que en el pasado tuvo el Río sobre el área donde actualmente se ubica el conchero arqueológico. La posibilidad de que *C. parvipinnis* sea una especie con movilidad hacia aguas cálidas localizadas fuera del AGC o que frecuente refugios termales como parte de su comportamiento, explicaría el que las condiciones de baja salinidad se sumaran para producir un valor isotópico más negativo que el registrado por el molusco. Debido a la incertidumbre que tenemos respecto al comportamiento de los valores isotópicos de *C. parvipinnis*, no ha sido posible utilizar esta especie dentro del modelo para definir cuáles son los valores de δ_w y de temperatura que mejor reconstruyen las condiciones ambientales de cuando fluía el Río Colorado hacia el AGC (ver Figura .

Por último, los valores isotópicos de los que se infiere el hábitat de crianza de las tres especies mostraron una distribución relativamente amplia dentro del modelo. El conocimiento que existe actualmente sobre las características del hábitat de nacimiento, crianza y reproducción de la totoaba permiten delimitar para esta especie los valores isotópicos del núcleo al umbral de la temperatura óptima durante su temporada de desove en el AGC (~18 y los ~25 °C) (Rowell et. al., 2008). Los valores isotópicos registrados durante el tiempo de crianza de esta especie en el AGC han sido relacionados por Rowell et. al. (2008) con la dependencia que tienen estos individuos por las condiciones estuarinas en su primer año de vida. Aunque ha sido propuesto que la salinidad puede no estar teniendo un efecto directo sobre la distribución y la abundancia actual de los juveniles (Valdez-Muñoz et. al., 2010), no se ha sustentado de qué manera otras

variables explican la preferencia de la totoaba por el AGC. A lo anterior se suma que en nuestro estudio los individuos de totoaba demostraron que su hábitat de crianza fue significativamente diferente a su hábitat de captura ($H=4.08$, $gl=1$, $P=0.043$) y no resultaron diferentes a los valores isotópicos que se han reportados para la sección natal de cuatro otolitos que se presume fueron encontrados en un conchero (~1000 años AP) en el área de San Felipe, B.C. (Rowell et. al., 2008). Lo anterior sustenta que los grupos humanos capturaron a las totoabas como un recurso permanente (ya que fue la segunda especie ictiológica de importancia en el sitio) debido a su cercanía con el área de reproducción, desove y crianza de la especie. Con base en el modelo predictivo de valores isotópicos para los otolitos sugerimos que la distribución más acorde de los valores isotópicos observados en el núcleo en *T. macdonaldi* son los que indican que el carbonato se precipitó bajo composiciones isotópica del agua (δ_w) menores a -1.2‰ y hasta -2.7‰ (SMOW).

Respecto al pez más común en el depósito B18BP1 (*M. megalops*) es posible confirmar con base en el modelo predictivo, que el hábitat de crianza de esta especie no fue muy diferente al que sugiere el carbonato formado en el hábitat de su captura. La tendencia con que *M megalops* presentó los valores isotópicos más positivos en el núcleo nos impidió proponer un límite (positivo y negativo) en los valores de composición isotópica del agua (δ_w) que pudieran describir el hábitat de crianza de esta especie. Sin embargo, la característica de que la especie no registrara un cambio drástico de hábitat a lo largo de su vida, explicaría que los individuos abundaran cerca del conchero para convertirse en un recurso ictiológico de alto consumo por parte de los grupos humanos del Delta.

Es posible que la especie, *C. parvipinnis*, se haya criado en un hábitat semejante al de la totoaba como lo sugiere su intervalo de valores isotópicos en el núcleo. Sin embargo, se requiere de más información específica sobre el comportamiento de esta especie antes de poder interpretar los valores observados en este estudio en diferentes escenarios de temperatura y de valores de δ_w .

ASU14-178 Cala 2

Promediado en el tiempo

La superposición de los valores de desviación estándar de los fechados radiocarbónicos en este depósito (Figura 33) sugiere la posibilidad de que el arreglo estratigráfico tenga como origen un promediado mínimo de 804 años que es el tiempo representado por la edad radiocarbónica más antigua y la más reciente muestreada en el depósito.

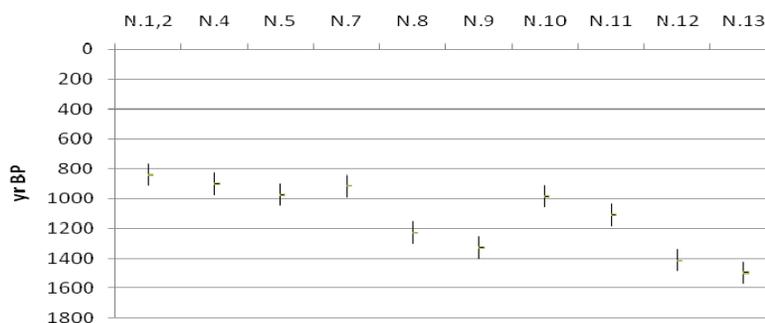


Figura 33. Dispersión, con base en la desviación estándar, de las edades radiocarbónicas de moluscos fechados en el depósito Cala 2.

Moluscos

Riqueza taxonómica

En este sitio, los moluscos estuvieron representados por 35 taxones de los cuales 17 fueron bivalvos y 18 gasterópodos. En términos de la abundancia relativa de todos los moluscos, predominaron los pelecípodos y dentro de éstos la especie *Cardita affinis*. En la Tabla 13 se presenta la lista de las especies con una abundancia $\geq 1\%$ en el total de moluscos identificados. Debido a que no se contó con los valores derivados de MNI, el análisis de este conchero se hizo con base en el NISP.

Tabla 13. Abundancia relativa de las diez especies dominantes ($\geq 1\%$) con base en el NISP en la Cala 2 del sitio ASU14-178.

Especie	Clase	Abundancia relativa (%)
<i>Cardita affinis</i>	Pelecípodo	50.7
<i>Ostrea sp</i>	Pelecípodo	22.4
<i>Modiolus capax</i>	Pelecípodo	7.2
<i>Glycymeris sp</i>	Pelecípodo	7
<i>Crepidula sp</i>	Gasterópodo	4.2
<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	Gasterópodo	2.1
<i>opérculos Turbo fluctuosus</i>	Gasterópodo	1.5
<i>Crucibulum spinosum</i>	Gasterópodo	1.2
<i>Acanthina angelica</i>	Gasterópodo	1.1
<i>Anachis sp.</i>	Gasterópodo	1

Diversidad y equitatividad

El contraste estadístico mostró que no existieron diferencias significativas en la distribución de los moluscos en los niveles de 10 cm correspondientes a una misma capa (Tabla 14), por lo que los índices de diversidad (H') y equitatividad se calcularon tomando en cuenta un nivel representante de cada capa estratigráfica (Tabla 15 y Figura 34)

Los valores obtenidos demuestran un aumento en la diversidad de moluscos desde la Capa IV hacia la Superficie y valores de equitatividad relativamente constantes a lo largo del depósito.

Tabla 14. Resultados de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis para muestras independientes comparando el contenido de moluscos en los niveles de excavación de 10 cm correspondientes a una misma capa. Se muestran los resultados de la prueba (H), los grados de libertad y la significancia (p). Los resultados significativos corresponden a un valor $P < 0.05$.

Nivel/ Capa	H	gl	P
Superficie			
N.1-2 C.I			
N.3 C.I	2.09	3	0.55
N.4 C.I			
N.5 C.I			
N.6 C.I			
N.7 C.II	0.22	1	0.63
N.8 C.II			
N.9 C.III	6.13	3	0.10
N.10 C.III			
N.11 C.III			
N.12 C.III			
N.13 C.IV			

Tabla 15. Índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Equitatividad calculados para la Cala 2 del sitio ASU14-178.

Nivel	Riqueza (S)	Diversidad (H')	Equitatividad
Superficie	18	1.41	0.48
N.1-2 C.I	20	1.47	0.49
N.5 C.I	19	1.55	0.52
N.8 C.II	22	1.43	0.46
N.10 C.III	25	1.44	0.44
N.13 C.IV	16	1.06	0.38

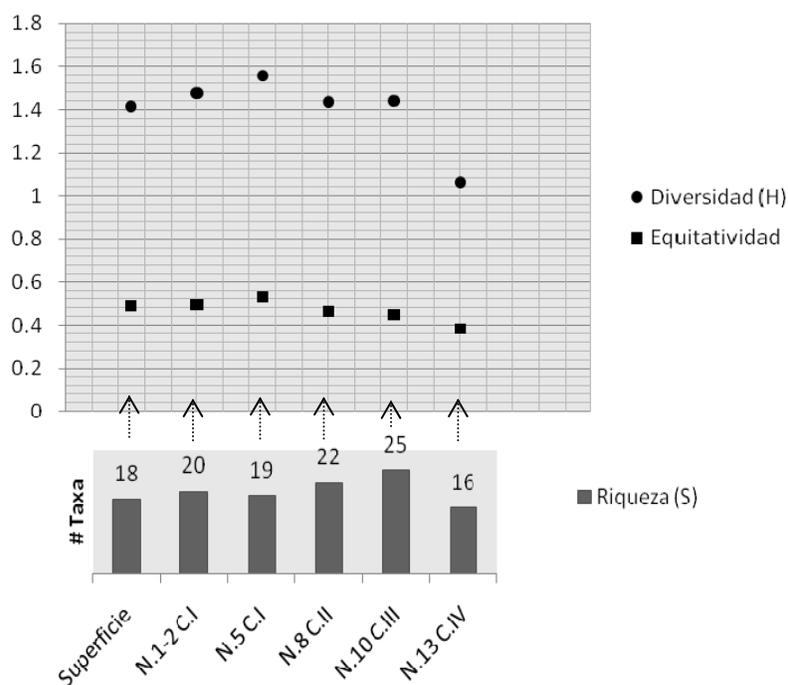


Figura 34. Variación en los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H'); de Equitatividad y de Riqueza (S), a lo largo de la estratigrafía en la Cala 2 del sitio ASU14-178.

El análisis de este depósito no contempló los aparatados de análisis tafonómico y análisis de tallas debido a que la base de datos que se consultó no presentaba la información necesaria.

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

El intervalo de valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenido en el carbonato de los moluscos fue entre -2.24‰ y 0.1‰ (VPDB) con un promedio de $-1.2\text{‰} \pm 0.7\text{‰}$ entre todas las especies (Tabla 16).

El análisis geoquímico ($\delta^{18}\text{O}$) del carbonato de moluscos de este sitio arrojó predominantemente valores negativos (Figura 35). El único valor isotópico positivo fue de apenas 0.1‰ en la muestra de N.11 CIII. La divergencia entre este valor y el máximo negativo de la misma especie (*P. grata*) fue de 1.69‰ y representa un cambio de 8°C (donde $0.21\text{‰} = 1\text{°C}$) en la temperatura de formación del carbonato entre ambas muestras. Por su parte, la diferencia máxima obtenida en el mismo nivel (N.11 CIII) con base en dos distintas especies (*P. grata* y *C. pulicaria*) fue de 1.4‰ . Este resultado plantea una diferencia de 6.6°C en el registro de paleotemperatura por parte de dos especies que hasta antes de este estudio se suponía: (1) que eran coetáneas en el depósito y, (2) que podrían reflejar valores similares de $\delta^{18}\text{O}$.

Es interesante notar que el carbonato de una muestra previa a la tomada en el borde ventral del molusco de *P. grata* del nivel N11 CIII, corrobora el predominio de los valores isotópicos negativos (<-1 ‰), en todas las muestras tomadas del depósito Cala 2.

El tiempo de vida transcurrido entre la distancia representada por cada par de muestras (mínimo de 500 μm y máximo de 1500 μm) fue de ~2 a 5 días, suponiendo que nuestros ejemplares tuvieran menos de 3 años (longitud umbo-borde ventral: mínima de 26 y máxima de 30 mm en el depósito Cala 2) y que su crecimiento fuera semejante al patrón de crecimiento promedio reportado para la especie *C. fluctifraga* en el AGC (Goodwin et al., 2003). Se observó que los valores isotópicos obtenidos en la segunda muestra de carbonato fueron en la mayoría de los casos más negativos que los obtenidos en el borde ventral. Las diferencias obtenidas entre cada par de muestras presentaron un intervalo desde 0.16 ‰ (N.12 CIII) hasta 1.2 ‰ (Superficie). Estas diferencias pueden ser explicadas en términos de la variación natural de la temperatura ya que en el mayor de los casos existe una diferencia máxima de 6 °C entre la formación de un carbonato y otro.

Tabla 16. Valores de composición de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) del carbonato de bivalvos *Protothaca grata* y *Chione pulicaria*, de la Cala 2 del sitio ASU14-178. Los resultados corresponde al carbonato del extremo del borde ventral (0 μm) y a una segunda muestra ubicada a ~900 μm en dirección al umbo. Se omitió el valor isotópico de la segunda muestra en N.11 C-III de *C. pulicaria* porque se nos notificó de un error con esta muestra en el espectrómetro de masas.

Nivel de excavación	$\delta^{18}\text{O}$		Especie
	V-PDB (‰) (0 μm)	V-PDB (‰) (~900 μm)	
Superficie	-1.59	-0.39	<i>P. grata</i>
N.6 C-I	-1.43	-2.24	<i>P. grata</i>
N.11 C-III	0.10	-1.02	<i>P. grata</i>
N.11 C-III	-1.30	-	<i>C. pulicaria</i>
N.12 C-III	-1.55	-1.71	<i>C. pulicaria</i>

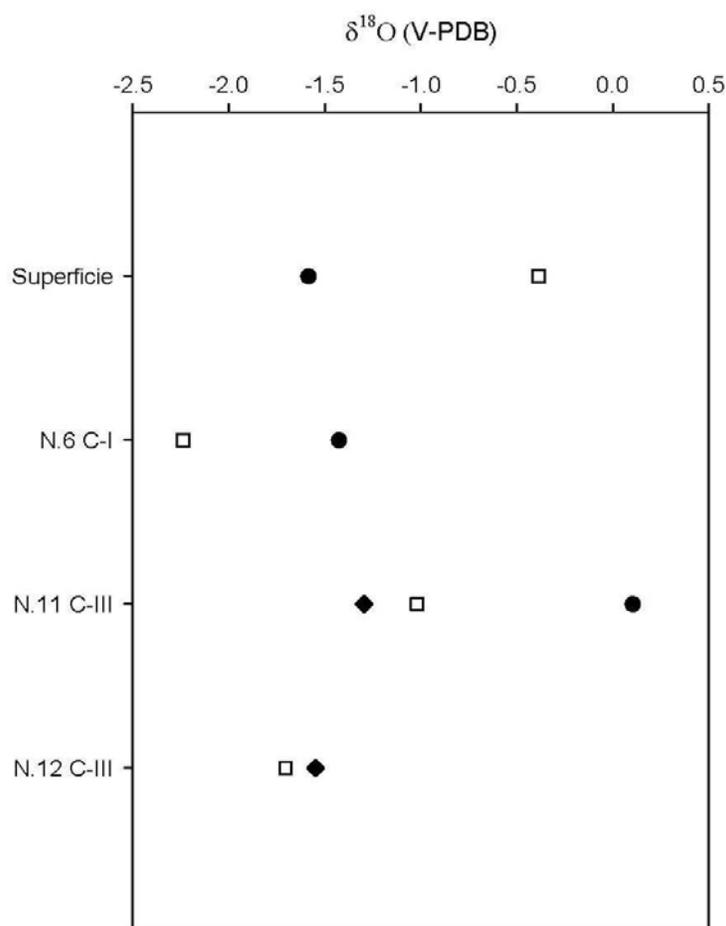


Figura 35. Valores $\delta^{18}\text{O}$ de especímenes de *P. grata* (círculo) y *C. pulicaria* (diamante) colectados a lo largo de la estratigrafía (eje Y) en el conchero Cala 2 del sitio ASU14-178. El símbolo del cuadro vacío representa los valores obtenidos en la segunda muestra de carbonato ubicada a una distancia de ~ 970 μm en dirección al umbo.

Aplicación del modelo predictivo de valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{mol}}$

El histograma construido con todos los valores isotópicos obtenidos en el depósito Cala 2 mostró una distribución predominante de los valores entre -1.5 y -1 ‰ (Figura 36).

En la aplicación del modelo predictivo se consideraron todos los valores isotópicos ($n=9$) obtenidos en los moluscos del depósito Cala 2 del sitio ASU14-178. En la Figura 37 se observa que más del 60% de los datos se ubicaron en un área del diagrama indicado por las líneas de valores isotópicos predichos entre -1.3 y -2.2 ‰. Si se supone que en el pasado la entrada anual (ocurrida a inicios del verano) de agua dulce en el Delta impidió que incluso en

condiciones de no-flujo los valores de δ_w se acercaran al 0 ‰ (el promedio actual de todos los océanos), el carbonato de más del 60% de las muestras debió formarse en condiciones de baja salinidad (un δ_w mínimo de ~ 1.8 ‰) y antes de que se alcanzaran temperaturas mayores a los 25 °C (con un límite mínimo de 15 °C como la temperatura más baja para la formación del carbonato biogénico en los moluscos).

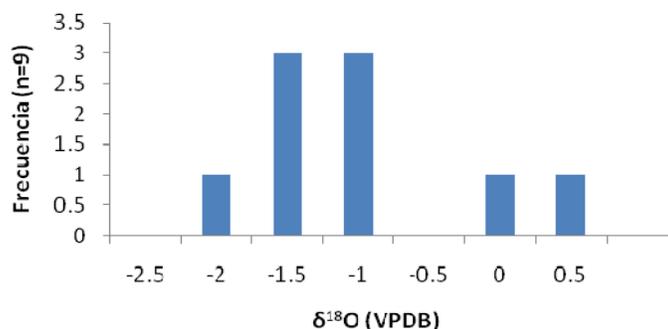


Figura 36. Histograma de valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en todas las muestras de carbonato de los moluscos del depósito Cala 2 del sitio ASU14-178.

En términos culturales este resultado significa que en este conchero ubicado cronológicamente en la prehistoria tardía de Baja California, los grupos humanos aprovecharon las condiciones estuarinas presentes en el Delta con un énfasis en condiciones óptimas de temperatura como lo es posiblemente la temporada final de primavera e inicios del verano antes de que se incrementara al máximo la temperatura en el AGC.

Por su parte, los valores restantes ($n=3$) indican la posibilidad en algunos momentos se diera la explotación de las condiciones del Delta fuera de las condiciones de flujo del Río Colorado, con el predominio de un valor de composición del agua más positivo que -0.8 ‰ (SMOW).

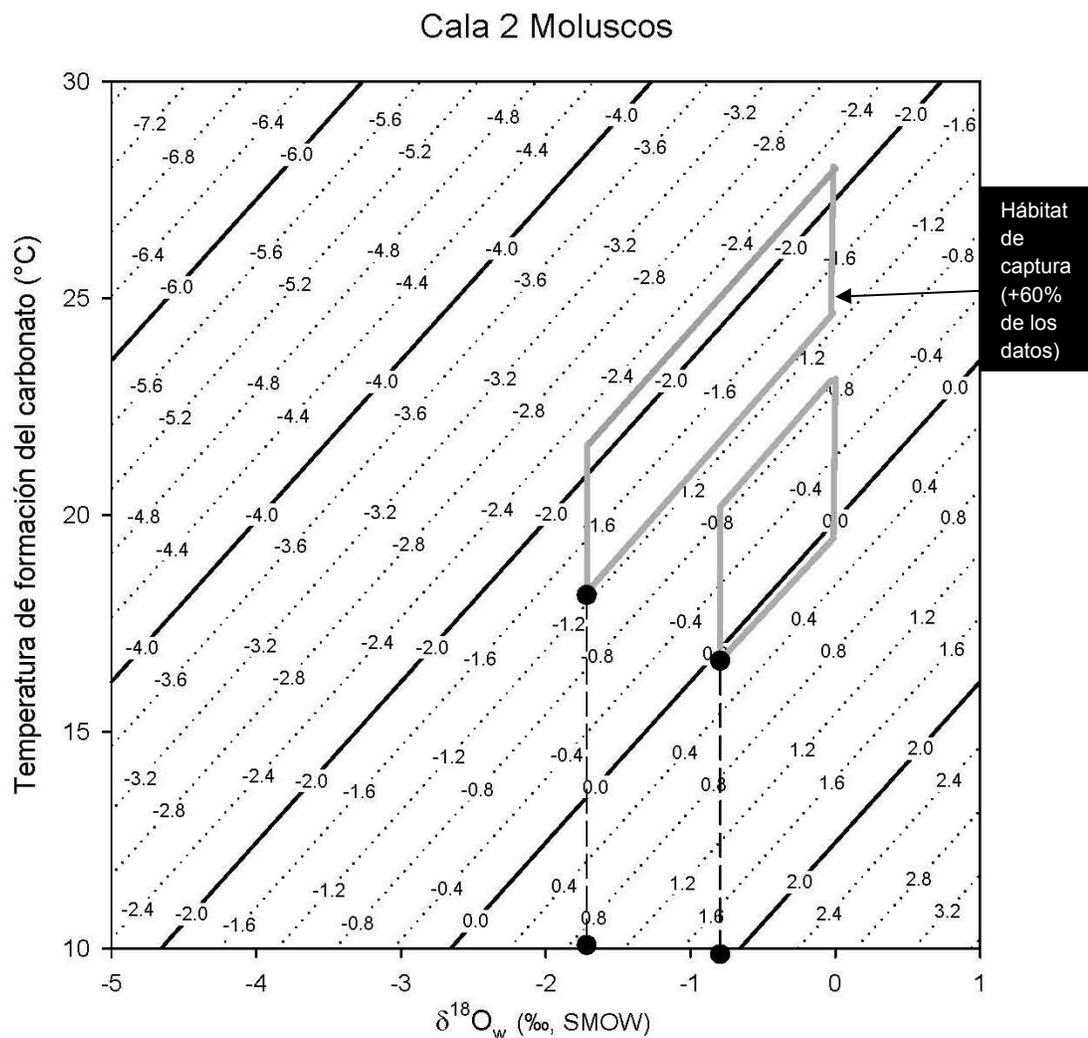


Figura 37. Diagrama de valores de $\delta^{18}\text{O}$ predichos para los moluscos (Cala 2) a partir de un modelo que considera las condiciones impuestas en el ambiente como producto de la influencia del Río Colorado en el Delta. Más del 60% de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ observados en los moluscos del depósito Cala 2 se concentraron entre las líneas de -2.2 y 1.3 ‰ (VPDB) lo que indica que el carbonato pudo haber sido precipitado en condiciones de flujo del Río Colorado. Las líneas intermitentes que descienden al eje X indican el valor mínimo de δ_w sugerido para el Delta en condiciones de flujo (~-1.8 ‰) y de no-flujo (~-0.8 ‰), del Río Colorado. Ver texto para la interpretación del diagrama.

VII.- DISCUSIÓN

VARIACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL EN LA CAPTURA DE RECURSOS COSTEROS

Lyman (2003) ha argumentado que un depósito arqueológico promediado puede marcar o no diferencias significativas en su interpretación cultural dependiendo de la escala espacio-temporal de la pregunta que se plantee. En este estudio hemos trabajado con dos depósitos arqueológicos ubicados a ~2 km uno de otro y con una diferencia temporal mínima entre ellos de 653 años (radiocarbónicos), siendo así las diferencias más significativas para este trabajo son las que puedan enmarcarse dentro de dicha escala de espacio y de tiempo. Ciertamente, un número mayor de excavaciones en éstos y otros sitios arqueológicos del área podrá definir si las evidencias culturales y el registro arqueológico en general puede ser analizado a un nivel de detalle mayor al que aquí se propone.

Los resultados obtenidos en este trabajo invitan a sopesar la influencia del promediado espacial y temporal sobre el registro arqueológico de los concheros ubicados en el AGC. Más que un obstáculo al trabajo arqueológico, el promediado puede ser un delimitador de preguntas de diferente escala porque anteponen la identificación de la fidelidad y la resolución de la información existente en un depósito.

Los depósitos analizados en los sitios ASU14-178 y ASU14-179 presentaron diferencias en términos de la riqueza, la diversidad (H') y la equitatividad con que se presentaron los moluscos identificados (Figura 38). La diversidad de moluscos fue significativamente diferente entre ambos depósitos ($H=9.6$, $df=1$, $P=0.002$) siendo la unidad B18BP1 más diversa en moluscos que la unidad Cala 2. Se observó que el índice de diversidad (H') más bajo (1.85) en la unidad B18BP1 fue mayor que incluso el máximo alcanzado en la Cala 2 (1.56). Otro resultado de la comparación entre ambos concheros es que en la Cala 2 se observó que el dominio de algunas especies fue constante a lo largo del depósito lo que condujo a que existieran diferencias significativas ($H=8.07$, $df=1$, $P=0.005$) con respecto al depósito B18BP1 donde prevaleció mayor uniformidad en las especies presentes en cada uno de los niveles. El tercer índice ecológico utilizado en este estudio indica que el depósito B18BP1 presentó mayor riqueza taxonómica de moluscos con un máximo de hasta 42 taxones al interior del depósito en comparación con la Cala 2 cuyo máximo alcanzado fue de 25 taxones (Figura 38), pero esta diferencia no se encontró que fuera estadísticamente significativa. La identificación de más de 43 mil especímenes de moluscos en B18BP1 dio como resultado el que, aunado a las especies

más comunes, se identificaran especies raras o no dominantes (Dodd y Stanton, 1990). Consideramos que el haber analizado a todos los especímenes presentes en las muestras, incluyendo a los de menor talla, proveyó de evidencias de que la tafonomía participó en el arreglo de la información recolectada en dicho depósito arqueológico. Con un enfoque hacia la paleobiología, la fauna que tuvo una entrada no intencional en el depósito demuestra el potencial que tienen los concheros para sortear su adjudicado carácter selectivo.

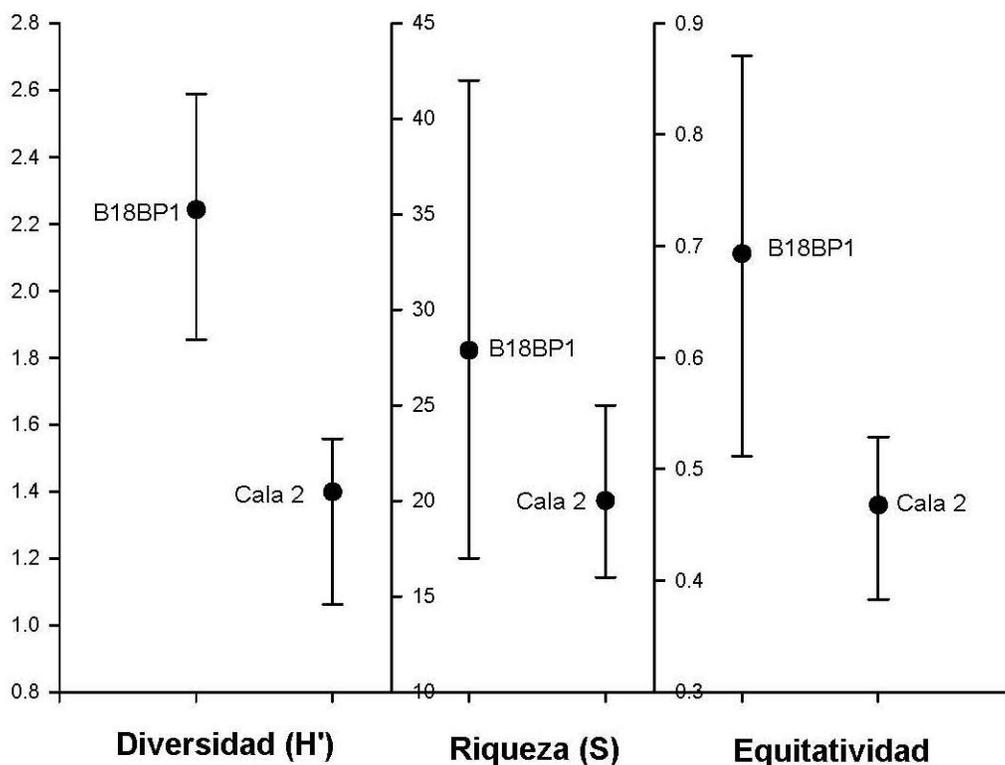


Figura 38. Índices ecológicos (valores mínimos, máximos y media) utilizados en el análisis ecológico de los moluscos en los depósitos B18BP1 y Cala 2 de los sitios ASU14-178 y ASU14-179, respectivamente. Diferencias significativas en la diversidad ($H=9.6$, $gl=1$, $P=0.002$) y la equitatividad ($H=8.07$, $gl=1$, $P=0.005$) indican que los grupos humanos que formaron el depósito B18BP1 recolectaron con relativa uniformidad una amplia variedad de moluscos presentes en el entorno.

Un señalamiento importante es que al descripción de cada depósito se hizo utilizando una de dos diferentes variables cuantitativas (el MNI en B18BP1 y el NISP en la Cala 2) pero esto no afecta al análisis comparativo ya que los índices ecológicos utilizados sólo reflejan cambios en las relaciones que guardan las especies dentro de un sistema (aquí, el depósito arqueológico).

Por lo tanto, consideramos que la resolución de la información provista por cada uno de los depósitos es confiable para analizar el modo en que la ecología del AGC fue aprovechada por los grupos humanos que habitaron ahí durante la Prehistoria. No por ello hay que perder de vista que ambos concheros son el resultado de una colecta selectiva y la fidelidad de la información ecológica contenida en ambos es sólo un reflejo de las preferencias culturales del uso y del consumo por parte de los grupos humanos.

No menos importante es aquí apuntar a la necesidad de unificar el uso de variables mínimas de descripción ecológica a la hora de trabajar en los concheros del AGC a fin de que en un futuro no muy lejano los informes de excavación arqueológica puedan ser analizados desde un punto de vista paleoecológico.

La limitación de haber analizado únicamente un depósito en dos diferentes sitios arqueológicos significó haber manejado datos a una resolución espacial muy baja en términos del área de extensión de cada conchero ya que no podemos argumentar que contamos con un tamaño de muestra apropiada para describir en forma amplia a cada uno.

La otra faceta de la resolución espacial que sí podemos analizar en nuestro estudio arqueológico es la que otorgó la estratigrafía de cada depósito y la cual fue determinada en campo al momento de separar todos los materiales encontrados por cada nivel de excavación de 10 o 20 cm. A pesar de que existe la posibilidad de que el arreglo estratigráfico en algunos de los niveles de los depósitos sea el resultado de un promediado en el tiempo, observamos que existieron algunas tendencias en la distribución de los materiales analizados que conviene apuntarse. Nuestro análisis de la sucesión de especies de moluscos se basa sólo en lo observado en cada depósito y aceptamos que las inferencias puedan modificarse haciendo un muestreo amplio de los sitios y corroborando las características de la estratigrafía relativa en diferentes puntos de los concheros.

Es de destacar que la reconstrucción de las condiciones ambientales a partir de los valores isotópicos ($\delta^{18}\text{O}$) del molusco *P. grata* indican la presencia de aguas estuarinas en la formación del nivel N.10-12 del depósito B18BP1. En dicho nivel, la especie *G. maculata*, un bivalvo que habita enterrado en sustratos arenosos, presentó su máxima abundancia y uno de los tres momentos en que ocurre su talla más grande (50 mm). Este bivalvo que aparentemente fue

capturado bajo condiciones estuarinas fue dominante respecto a los otros moluscos a los que se encuentra asociado en N.10-12. Posteriormente, algunos de estos moluscos pasaron a ser dominantes y sobrepasaron la abundancia de *G. maculata* en niveles superiores. En otras partes del mundo se ha documentado que el flujo de los ríos es un elemento clave en el control de la organización biológica de un estuario porque su efecto indirecto consiste en alterar las relaciones tróficas por medio de cambios en las variables físicas (Livingston et. al., 1997). Estos autores mencionan que los componentes tróficos directamente ligados al fitoplancton y a la producción generada por las algas bentónicas son inmediatamente afectados por el flujo de un río mientras que los niveles tróficos más altos resultan controlados más por el factor de la depredación. La baja abundancia de moluscos filtradores en N.10-12 contrasta con el predominio de éstos en los niveles superiores del conchero, tal es el caso de las especies *P. grata*, *Ostrea sp.* y *C. affinis*. La afectación a la disponibilidad en el entorno de moluscos filtradores durante la formación de N.10-12 se explicaría por el incremento en la turbidez y la disminución de la productividad primaria en el Delta en condiciones de flujo del Río Colorado tal como lo supone la reconstrucción paleoambiental basada en los valores de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$). Además con modelos de circulación actuales se ha demostrado que las aguas del Río Colorado fluyen con mayor intensidad del lado de Baja California hasta alcanzar el poblado de San Felipe. Un dato que refuerza nuestra inferencia de la afectación provocada por el Río es que Schöne et al. (2003) registraron que en el actual AGC, el género *Chione sp.* incrementó su ritmo de crecimiento a partir de que cesó el flujo del Río Colorado. Estos autores sugieren que en el pasado, las grandes cantidades de sedimento de grano fino que eran arrastradas hacia el Delta pudieron haber inhibido el crecimiento óptimo de este molusco. Ante estos resultados, no es posible explicar aquí por qué *G. maculata* siendo un bivalvo filtrador, presentó la máxima abundancia en N.10-12, es decir, en las condiciones que plantea la presencia de flujo del Río Colorado. Un punto de apoyo para sostener que *G. maculata* podía subsistir en condiciones de flujo es que en el nivel N.6 CI del depósito Cala 2 existen valores isotópicos que apuntan a la presencia de condiciones estuarinas (-1.4 y -2.2 ‰) y en ese mismo nivel la especie en cuestión fue la segunda más abundante (después de *C. affinis*).

El contraste más claro de que en condiciones de no-flujo la captura de moluscos fue diferente a las condiciones de flujo, está en la máxima abundancia que presentó el género *Ostrea sp.* en los niveles que con los valores isotópicos más positivos (indicadores de condiciones más oceánicas) en los dos depósitos analizados (0.7 ‰ en superficie en B18BP1 y -1.5 ‰ en la Capa III de la Cala 2). El género *Ostrea sp.* mantuvo una relación inversa con las condiciones

estuarinas ya que al ser una especie filtradora que vive adherida a un substrato rocoso, depende de la disponibilidad de nutrientes en la parte más superficial de la columna de agua. Bajo condiciones de flujo es de esperar que los nutrientes hayan sido limitados porque por lo general, poca penetración de luz genera el predominio de una baja productividad primaria.

No se conoce en que forma el flujo del Río Colorado pudo afectar a los niveles tróficos más altos. Algunos estudios mencionan que en la zona intermareal de San Felipe, *M. nigrinus* posee un papel de depredador tope lo que significa que es capaz de controlar la cadena trófica (y por ende, a las comunidades oportunistas) manteniendo la diversidad dentro del sistema (Paine, 1966). Este gasterópodo predominó en los niveles intermedios del depósito B18BP1, pero no se menciona su presencia en la documentación consultada sobre la Cala 2. Creemos que la diferencia está en que en nuestro caso (B18BP1) obtuvimos la abundancia con base en el peso total de los especímenes (NISP) ya que al inicio del análisis ecológico notamos que la representatividad en términos de individuos completos era muy baja (ver Anexo Tabla I). Este molusco es frecuente en los concheros de formación antropogénica. La principal razón de su explotación es el alimento y su recolección es relativamente sencilla durante la marea baja ya que el molusco suele estar expuesto en la superficie del sedimento. Un análisis de tallas mostró variación en el tamaño del canal sifonal de los especímenes lo cual, en el estado actual de nuestro conocimiento no es posible vincular con un escenario de impacto antropogénico pero que sí creemos que puede abrir las puertas a que posteriores estudios corroboren si la longitud del canal sifonal puede ser un aproximación confiable a la talla en este gasterópodo.

El haber utilizado el peso como aproximación a la abundancia de algunas especies del depósito B18BP1, nos lleva a sugerir que aquellas que tuvieron poca representatividad en términos del MNI, tales como *Dosinia sp.*, *M. nigrinus*, *L. elatum*, y *T. rugosa*, en realidad fueron altamente colectadas entre las comunidades prehistóricas. Lo anterior, visto desde la teoría del costo-beneficio entre los grupos prehistóricos, invita a no descartar que una baja representatividad de las especies en el sitio pudo ser producto de una maximización de los recursos, mientras que desde el punto de vista interpretativo confirma que sólo utilizando conceptos analíticos (más que descriptivos) y un concepto más amplio que abarque el frecuente estado de fragmentación de las evidencias, el análisis de las estrategias de subsistencia y de la variedad de recursos

utilizados, se verá favorecido con detalles de índole interpretativo. Los casos de *A. angelica*, *M. nigrinus* y *O. angelica*, son los más claros en el depósito B18BP1.

Acanthina angelica es un gasterópodo que, a pesar de poseer una concha gruesa y medir 25 mm de altura en su momento de mayor abundancia sólo en el 0.07% de los casos fue identificado con su concha completa (Anexo Tabla I). En general los especímenes de esta especie se dividieron de manera equitativa en ápices (51%) y bases de columelas (54%). Un punto intermedio entre ambos extremos estuvo representado por cuerpos semicompletos despojados del ápice (Figura 20). Aunque la muestra de estos últimos fue pequeña (n=134), se sugiere que pueden ser evidencia del modo de procesamiento propio de esta especie y del cual hubieron resultado los numerosos ápices y bases de columelas identificados en el depósito.

La especie *M. nigrinus* en el depósito B18BP1, su parte, estuvo representada únicamente por cinco especímenes completos (0.02%) en todo el depósito (Anexo Tabla I) pero, a diferencia de *A. angelica*, sus ápices (n=185) y bases de columelas (n=281) sólo le permitieron llegar en todo el depósito a una representatividad en términos de abundancia de 4 y 7%, respectivamente. Lo anterior corroboró que el efecto de baja representatividad percibido en esta especie fue minimizado considerando sus columelas. Sin embargo, como se observó en el histograma de frecuencia que se presentó en la Figura 15, sólo trabajando con base en el peso de los especímenes, se reveló el importante papel que desempeñó esta especie en la constitución de la diversidad ecológica del depósito B18BP1. De manera persistente el modo de procesamiento de este organismo implicó ejercer presión sobre la concha en dos momentos, el primero enfocado a despojarlo del ápice y un segundo que dirigió la fuerza hacia el cuerpo (Figura 19). Por medio de un análisis tafonómico más exhaustivo podría corroborarse la hipótesis de que en las conchas de *A. angelica* lo que se observa es la fractura de un solo impacto mientras que en *M. nigrinus* el segundo momento de presión (el mismo que provocaría la abundancia de columelas sin cuerpo) estaba supeditado al efecto que hubiera tenido el primer golpe.

Sobre el caso de las ostras (*Ostrea sp.*) es importante señalar que debido a que estos organismos viven en sustratos rocosos a los que se adhieren por medio de la valva izquierda, era de esperarse que no existiera correspondencia entre el número de valvas derechas e izquierdas presentes en el depósito. De hecho, de un total de 8163 especímenes (NISP), el 84% fueron valvas derechas (NISP_D). De modo empírico durante la convivencia con grupos recolectores de moluscos en islas del Pacífico panameño, noté que en la recolección enfocada

a un organismo de la zona intermareal rocosa (en aquel caso, *Pinctada mazatlánica*), la estrategia seguida por el grupo consistía en extraer el alimento *in situ* ya que eran excepcionales los organismos completos que lograban desprenderse de la roca sin una inversión alta (cuestión de segundos) de tiempo. Lo anterior, sin contar con que en la actualidad (2008), estos grupos utilizan herramientas de metal (cuchillo ó machete) durante la colecta. Mi interpretación fue en aquel momento que la importancia de los segundos extras no invertidos en *P. mazatlanica* radicaba en que la tarea de colecta era una competencia contra el tiempo de duración de la marea más baja y una limitante a las posibilidades de explotar un área mayor o incluso de desplazarse a otra zona de colecta. Con las precauciones necesarias de toda extrapolación, se sugiere que la baja correspondencia de valvas derechas/izquierdas en *O. angelica*, evidencian el esfuerzo enfocado a la maximización del tiempo invertido en la colecta de este organismo.

Sobre el papel que tuvo la captura de peces entre los grupos prehistóricos del Alto Golfo, creemos que los resultados del análisis de los otolitos del depósito B18BP1 confirman la necesidad de implementar entre los arqueólogos la recuperación de estos elementos como parte de las evidencias arqueofaunísticas contenidas en los concheros del Golfo de California. En lo que a este trabajo compete, la identificación de los sciaenidos como representantes de más del 60% de la fauna ictiológica (ver Figura 22) sugiere en términos culturales que en el sitio la actividad pesquera se enfocó en especies accesibles por sus hábitos reconocidamente costeros (Chao, 1995) destacando además en forma dominante, el consumo de la especie *M. megalops*. A la fecha es poco lo que se conoce de los hábitos de vida de este pez ya que su importancia comercial en el AGC es relativamente reciente (~1991 según Aragón-Noriega et al., 2009). En estado adulto, alcanza los 40 cm de longitud y se sabe que mantiene una preferencia por los estuarios y bocas de ríos a pesar de que también puede encontrarse en aguas profundas (Chao, 1995). Estudios de composición de isótopos de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) en otolitos antiguos de *M. megalops* han sugerido que esta especie tuvo un papel como depredador intermedio en la cadena trófica existente en el AGC previo al confinamiento masivo de las aguas del Río Colorado (Rowell et al., 2010). Esta inferencia abre las puertas a explorar en los concheros arqueológicos cómo varió la captura de la especie en condiciones de flujo y de no-flujo del Río Colorado.

Tres de la especies de sciaenidos que fueron identificadas en las muestras, son endémicas del Golfo de California (*Totoaba macdonaldi*, *Cynoscion othonopterus* y *Micropogonias megalops*)

y de las dos primeras se conoce que además de poseer hábitos marino-costeros, utilizan las zonas estuarinas de forma pasajera a lo largo de su vida. La razón por la que se ha determinado que los estuarios son cruciales durante el primer año de vida en algunos sciaenidos (Able y Fahay, 1998) es, para el caso de *T. macdonaldi* y *C. othonopterus*, que los fondos someros y fangosos característicos de la zona del AGC proveen de las áreas de crecimiento requeridas durante la fase juvenil de estos peces (Chao, 1995 Flanagan y Hendrickson, 1976).

El grado de conocimiento que hoy se tiene sobre una de las especies identificadas en el depósito B18BP1 (*T. macdonaldi*.) nos permite desarrollar aquí un ejemplo de la confluencia de intereses que puede existir entre arqueólogos y paleobiólogos a la hora de recuperar otolitos en los sitios arqueológicos, los primeros con el fin de inferir implicaciones culturales y los segundos para estudiar a las comunidades ictiológicas del pasado, y en el caso del AGC, de especies reconocidas como endémicas.

Entre los peces endémicos del golfo quizá ha sido *T. macdonaldi* la más estudiada debido a que dio sustento a una productiva actividad pesquera a principios del siglo XX que puso en riesgo de extinción a la especie (Flanagan y Hendrickson, 1979). La totoaba alcanza hasta los 200 cm de longitud total y posee un patrón migratorio que lo lleva a cumplir sus etapas de su vida en diferentes puntos geográficos de la zona norte y media de la península de Baja California. De acuerdo con lo que se conoce sobre su migración, ésta abarca desde la boca del Río Colorado hasta Bahía Concepción, en la costa oeste del golfo y hasta la boca del Río Fuerte en la costa este (Cisneros-Mata et al., 1995). Sin haber hasta la fecha un consenso aceptado sobre qué características oceanográficas son las más influyentes en el patrón migratorio de la especie (Valdéz-Muñoz et al., 2010), se reconoce sin embargo, que durante el invierno los individuos adultos se desplazan bordeando la costa este del Golfo hacia la boca del Río Colorado para cumplir en el transcurso de la primavera su único evento reproductivo anual en el lapso de sólo unas semanas (Flanagan y Hendrickson, 1979) que es el tiempo que permanecen en el Delta antes de migrar en grupos hacia al sur pero ahora siguiendo el litoral costero de lado de Baja California. Estos grupos migratorios que salen del Delta también se conforman por individuos juveniles que a los dos años de vida dejan por primera vez la zona de crianza faltándoles aún de 4 a 5 años más para alcanzar la madurez sexual (Cisneros-Mata, et al., 1995). El escenario que propone que en la actualidad estos juveniles permanecen esos cuatro a cinco años en las aguas subsuperficiales de algún lugar no definido del golfo

esperando alcanzar la talla de su madurez (~1.2 m) (Cisneros-Mata et al., 1995), adquiere otro matriz en el caso las comunidades de totoaba que hasta antes de 1930 vivieron influenciadas por el flujo estacional del Río Colorado. Estudios basados en la comparación del grosor de los anillos de crecimiento de los primeros tres años de vida representados en otolitos antiguos y modernos, determinaron que en el pasado (en condiciones de flujo), la especie alcanzaba la talla de su madurez sexual entre los dos y los cinco años de edad (Rowell et al, 2008b).

Los datos obtenidos de longitud del otolito (LO) en el depósito B18BP1 del conchero arqueológico ASU14-179 demuestran la presencia predominante de especímenes de totoaba de 10 mm. Con base en una relación actual entre la longitud del otolito y la edad de la totoaba publicada por Román Rodríguez y Hamman (1997) podemos calcular que las totoabas presentes en el depósito B18BP1 corresponden a individuos menores a 1 año de edad. Este dato confirma que los antiguos habitantes del Delta capturaron a la totoaba como un recurso endémico del AGC porque ésta presentaba disponibilidad en el AGC durante su etapa primera de vida, algo que supieron aprovechar los grupos humanos al frecuentar un espacio cercano al sitio de crianza de la especie.

Una especie que creemos que merece más atención en la investigación de los concheros del AGC es *C. parvipinnis* ya que en este estudio su comportamiento resultó desconcertante a partir de los valores isotópicos arrojados por sus otolitos. A pesar de que en el análisis ecológico resultó que este pez fue capturado sólo en forma esporádica en el depósito B18BP1 (en la Cala 2 no se analizaron otolitos), sus valores isotópicos predominantemente negativos diferenciaron su hábitat de captura con el de las otras especies analizadas (*T. macdonaldi* y *M. megalops*). El hecho de que estas diferencias ocurrieran dentro de un mismo nivel estratigráfico hace necesario contar con más conocimiento sobre la movilidad y el hábitat de vida de esta especie.

Tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores, se encontró un contraste claro entre las condiciones ambientales que dieron como resultado la formación de los depósitos Cala 2 y B18BP1 con las cuales proponemos la siguiente interpretación cultural.

Modelando la posible participación del agua del Río Colorado en la formación del carbonato contenido en las muestras de moluscos y otolitos del depósito B18BP1, se obtuvo que más del 60% de los valores isotópicos se concentraron hacia el valor más positivo obtenido en el depósito (0.7 ‰). Esta tendencia dentro del conchero más antiguo en nuestro estudio sugiere que los grupos humanos en este tiempo hicieron un mayor uso de los recursos marino-costeros

del Delta bajo condiciones de no-flujo. Esta hipótesis es soportada por los valores isotópicos obtenidos con dos diferentes trazadores (moluscos y otolitos) y por el predominio que tuvieron los moluscos filtradores a lo largo del depósito y cuya abundancia se sabe que es controlada directamente por la disminución de la salinidad y la penetración de luz en condiciones de flujo del Río.

En contraste, en la Cala 2 el 60% de las muestras se concentró hacia el valor isotópico más negativo obtenido en el depósito (-2.2 ‰). Esto sugiere que en el conchero cronológicamente más reciente, la captura de moluscos se realizó de forma predominante durante las condiciones estuarinas que formaba a su paso el flujo del Río Colorado a principios del verano. Es posible que en este tiempo, los grupos recolectores que frecuentaron el Delta hayan modificado su organización utilizando como estrategia el aprovechamiento enfocado sólo a algunos moluscos. Es así como se explicaría que en el tiempo que separa la formación de este conchero respecto al más antiguo (B18BP1), se haya dado una diferencia amplia en los índices de diversidad y de riqueza reflejados por ambos depósitos. Además, la disminución de la uniformidad con que fueron capturadas las especies de moluscos presentes en la Cala 2 sugiere un uso diferente de los recursos marino-costeros que estuvieron disponibles a una distancia de sólo 2 km entre un depósito y otro.

SIGNIFICADO AMBIENTAL DE LOS ISÓTOPOS DE OXÍGENO ($\delta^{18}\text{O}$) EN MOLUSCOS Y OTOLITOS

En el actual AGC, la salinidad se comporta como una variable monotónica que aumenta en el sentido sureste-noroeste (Álvarez-Borrego et. al., 1975), una condición que plantea dificultades al intentar reconstruir el escenario inverso que es el que proponemos que debió prevalecer en el estuario que antaño fuera alimentado por los flujos del Río Colorado. Otra condición que aún en las dificultades sorteadas en este trabajo es que el área de estudio se localiza en lo que ha sido identificado como el límite sur del antiguo estuario formado por el Río Colorado.

Si bien el argumento vertido en este texto ha sido que en el pasado, las condiciones de entrada de agua dulce debieron disminuir la salinidad más en el extremo norte que en las aguas localizadas al sur del Delta, creemos que existen otros factores que entrarían en consideración al analizar el efecto de mezcla de las aguas de diferente salinidad al sur del Delta, como son (1) el periodo de duración del flujo del Río Colorado, (2) el efecto de la distancia respecto a la boca

y, una variable aún no explorada, (3) el tiempo de residencia del agua dulce dentro del área del AGC.

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que la reconstrucción paleoambiental de los sitios arqueológicos en el área del Delta requiere de un mayor número de muestras y de otras consideraciones que rebasan el solo efecto de los procesos físicos y químicos del ambiente en que crecieron los moluscos y peces. La posible participación del efecto provocado por el microhábitat de crecimiento en los ejemplares analizados y el promediado en el tiempo que ha sido omitido en el análisis de los concheros arqueológicos, son sólo dos factores que pueden, dar cuenta de las diferencias/sememejanzas de valores de composición de isótopos de oxígeno entre muestras.

Algunas generalidades sugeridas a la luz de los resultados obtenidos en ambos depósitos son las siguientes. Existe una necesidad de someter una muestra más grande que permita conocer la variación natural en las composiciones isotópicas como resultado de la fisiología específica de las especies utilizadas en este estudio. En este aspecto, otras investigaciones que han utilizado distintos taxones en la reconstrucción paleoambiental han reportado diferencias promedio de ~ 2 °C entre especies, con mayor tendencia a ocurrir en condiciones de temperaturas altas (Schöne et al., 2006).

Además, la diferencia de talla y el área del borde ventral que es taladrada en los especímenes, incrementa la posibilidad de que cada muestra abarque líneas de crecimiento correspondientes a un intervalo diferente en la historia de vida de los organismos. Los resultados obtenidos en la Cala 2 con base en un espécimen de *P. grata* y uno de *C. pulicaria* tomados del mismo nivel estratigráfico, corroboran que en estudios de reconstrucción ambiental el uso de diferentes taxones requiere de técnicas de esclerocronología, las cuales han demostrado ser útiles en dilucidar las diferencias en el crecimiento de especies incluso con morfologías similares (ver Schöne et al., 2002).

En cuanto a las diferencias encontradas en los valores isotópicos de los moluscos y de los otolitos conviene apuntar lo siguiente. Quizá la explicación más directa de las diferencias encontradas entre el ambiente de precipitación reflejado por el carbonato de los moluscos y el de los otolitos tiene que ver con la movilidad en los peces que les permite buscar su temperatura óptima de desarrollo. El hecho de que crezcan registrando sus condiciones de vida desde su ontogenia, es el principio sobre el que se basa su uso en ecología. Sin embargo, ese

mismo principio puede enmascarar los valores extremos de la temperatura real limitando nuestras posibilidades de realizar una reconstrucción paleoambiental a partir de las condiciones de precipitación del carbonato biogénico. En nuestra opinión esta es la implicación más importante del nivel de interpretación que se pudo alcanzar con los valores de isótopos ($\delta^{18}\text{O}$) en el carbonato de otolitos arqueológicos. Se ha sugerido que este enmascaramiento de las temperaturas máximas y mínimas experimentadas por el pez puede reducirse utilizando escalas finas al muestrear el carbonato en los otolitos, (Huffhammer et al., 2010) sin embargo, en el estado actual del conocimiento de las especies predominantes en los concheros lo que se sugiere es que utilizar únicamente otolitos arqueológicos como marcadores estacionales en los concheros ubicados en el Alto Golfo, resulta una técnica de baja confiabilidad.

Las posibilidades de este estudio para explicar la variación de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de *C. parvipinnis* son limitadas sin embargo, es posible que otras investigaciones puedan corroborar que esta variación se deba a los hábitos de vida de la especie en el entorno particular del Delta. Posibles explicaciones a la consistencia de sus valores negativos de $\delta^{18}\text{O}$ son que *C. parvipinnis* frecuente aguas menos salinas alejándose de la costa y/o emprendiendo una migración vertical que contraste con los hábitos de las otras dos especies. Estudios realizados en lagunas del Pacífico mexicano han argumentado que en estos sistemas *C. parvipinnis* se muestra como un depredador especializado que modifica sus hábitos alimenticios de manera estacional (Cruz-Escalona, et al., 2000). Por otra parte, utilizando los isótopos de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) para ubicar a ésta y otras cuatro especies de peces y un bivalvo en la estructura de la cadena trófica existente en el Delta antes del represamiento del Río Colorado, han demostrado que *C. parvipinnis* es un depredador intermedio junto con *M. megalops* y la curvina golfina (*C. othonopterus*) y que si bien no se han encontrado diferencias significativas entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de estas especies, es probable que existiendo no hayan sido apreciadas porque en el estudio se utilizaron muestras promediadas en el tiempo (Rowell et al., 2010).

VIII.- CONCLUSIONES GENERALES

1. El análisis de variables ecológicas y ambientales en los concheros arqueológicos del Alto Golfo de California constituye una herramienta que permite diferenciar entre estrategias de apropiación de recursos utilizadas por los grupos humanos que, en diferentes momentos de la Prehistoria, frecuentaron el Delta del Río Colorado. Sin embargo, para que estas variables puedan ser analizadas de forma independiente se necesita una muestra amplia que sea representativa de la extensión de cada sitio arqueológico en cuestión.
2. En el depósito B18BP1, el análisis tafonómico macroscópico resultó útil para reconstruir la abundancia hipotética de los moluscos cuyas conchas presentaron la mayor fragmentación. Las ventajas proporcionadas por la tafonomía también permitieron identificar el modo de procesamiento de algunas especies a partir de un patrón de fragmentación observado en las muestras.
3. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en las primeras etapas del desarrollo de los peces permitieron demostrar que los grupos humanos que formaron el depósito B18BP1, aprovecharon el cambio de hábitat (de una zona estuarina a una más oceánica) realizado por la especie *T. macdonaldi* para organizar su captura. Las otras dos especies analizadas (*C. parvipinnis* y *M. megalops*) no presentaron diferencias significativas entre su hábitat de crianza y el de su captura.
4. Las diferencias entre especies de peces encontradas en los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del margen de los otolitos, corresponden a diferencias de temperatura (*M. megalosp* vs. *T. macdonaldi*), de salinidad y/o composición isotópica del agua (*C. parvipinnis* vs las otras dos especies), bajo las cuales se formó el carbonato por la distribución presentada por los individuos.
5. La tendencia de los valores de $\delta^{18}\text{O}$ reflejada por los moluscos y los otolitos de los concheros arqueológicos del AGC representa un acercamiento apropiado a las condiciones ambientales que en el pasado prevalecieron durante la presencia de los grupos humanos en la costa. En nuestro estudio, el uso de un modelo predictivo que

tomó en cuenta las condiciones impuestas en el ambiente por el flujo del Río Colorado resultó apropiado para discriminar que en una época temprana los grupos humanos hicieron un uso más indiscriminado del entorno deltaico en comparación con una época más tardía, representada por otro conchero, en la que la organización se basó en una captura enfocada sólo a determinados recursos.

REFERENCIAS

Abbott, R. Tucker (1974). *American Sea Shells*, 2a edición; Van Nostrand Reinhold Company, Princeton, New Jersey, 663 pp.

Álvarez-Borrego, S., B.P. Flores Báez, L.A. Galindo Bect (1975). Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Ciencias Marinas*, 2:21-36.

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, CONACULTA-INAH, México. 192 pp.

Andrus, C. Fred T. y Douglas E. Crowe (2002). Alteration of otolith aragonite: effects of prehistoric cooking methods on otolith chemistry. *Journal of Archaeological Science*, 29(3):291-299.

Aragón-Noriega, E. Alberto, Wenceslao Valenzuela-Quiñones; Héctor Esparza-Leal; Alfredo Ortega-Rubio y Gerardo Rodríguez-Quiróz (2009). Analysis of management options for artisanal fishing of the Bigeye Croaker *Micropogonias megalops* (Gilbert, 1890) in the Upper Gulf of California, *International Journal of Biodiversity Science and Management*, 5 (4):208-214.

Ávila-Serrano, Guillermo E. y Téllez-Duarte, Miguel A. (2000). Procesos tafonómicos en tanatocenosis recientes de Playa El Pelicano, Baja California. *Ciencias Marinas*, 26(4):677-694.

Ávila Serrano, Guillermo Eliezer (2005). Distribución espacial en la composición de la biocenosis y tanatocenosis de moluscos en el Delta del Colorado. Tesis doctoral, Instituto de Investigaciones Oceanográficas, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, México. 157 pp.

Bernal, Gladys R. y José D. Carriquiry (2001). El registro isotópico paleoambiental de un coral de Cabo Pulmo, Boca del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 27(2):155-174.

Berta, A. (1976). An investigation of individual growth and possible age relationships in a population of *Protothaca staminea* (Mollusca: Pelecypoda). *PaleoBios*, 21:1-25.

Binford, L. (1980). Willow smoke and dog's tails: hunter-gatherer settlement systems and archaeological site formation. *American Antiquity*, 45:4-20.

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.

Boucot, Arthur J. (1981). Principles of benthic marine paleoecology. Academic Press, London, pp.463

Brockman, Andreas (2004). La pesca indígena en México. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Antropológicas, México, 173 pp.

Carriquiry, J.D. y A. Sánchez (1999). Sedimentation in the Colorado River delta and Upper Gulf of California after nearly a century of discharge loss. *Marine Geology*, 158:125-145.

Castetter, E.F. y W. H. Bell (1951). Yuman Indian agriculture: primitive subsistence on the Lower Colorado and Gila Rivers. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Chao L. N (1995). Sciaenidae. corvinas, barbiches, bombaches, corvinatas, corvinetas, corvinillas, lambes, pescadillas, roncachos, verrugatos. En: Fischer W. Krupp; F. Schneider W.; Sommer C.; Carpenter K. E. y Niem V. (editores) Guia FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-oriental. 3 volúmenes, pp. 1427–1518

Cintra-Buenrostro, C., G. Ávila-Serrano K.W., Flessa (2005). Who cares about a vanishing clam? Trophic importance of *Mulinia coloradoensis* inferred from predatory damage. *Palaos*, 20: 296-302.

Cruz-Escalona, V. H.; L. A. Abitia Cárdenas; L. Campos-Dávila y F. Galván-Magaña (2000). Trophic interrelations of the three most abundant fish species from Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *Bulletin of Marine Science*, 66(2):361-373.

Culleton, Brendan J., Douglas J. Kennett y Terry L. Jones (2009). Oxygen isotope seasonality in a temperate estuarine shell midden: a case study from CA-ALA-17 on the San Francisco Bay, California. *Journal of Archaeological Science*, 36(7):1-10.

Dettman, David L., Karl W. Flessa, Peter D. Roopnarine, Bernd R. Schöne y David H. Goodwin (2004). The use of oxygen isotope variation in shells of estuarine mollusks as a quantitative record of seasonal and annual Colorado River discharge. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(6):1253-1263.

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*. 2^a edición, John Wiley and Sons, EUA. 510 pp.

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.

Erlandson, Jon M. y Torben C. Rick (2009). Archaeology meets marine ecology: the antiquity of maritime cultures and human impacts on marine fisheries and ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 2:231-251.

Flessa, Karl W. y Michal Kowalewski (1994). Shell survival and time-averaging in nearshore and shelf environments: estimates from the radiocarbon literature. *Lethaia*, 27:154-165.

Glenn, Edward P., Christopher Lee, Richard Felger y Scott Zengel (1996). Effects of water management on the wetlands of the Colorado River delta, Mexico. *Conservation Biology*, 10(4):1175-1186.

Goodwin, D.H., K.W. Flessa, B.R. Schöne y D.L. Dettman (2001). Cross-calibration of daily increments, stable isotope variation, and temperature in the Gulf of California bivalve mollusk *Chione cortezi*: Implications for paleoenvironmental analysis. *Palaaios*, 16:387–398.

Goodwin, D.H.; B.R. Schöne y D.L. Dettman (2003). Resolution and fidelity of oxygen isotopes as paleotemperature proxies in bivalve mollusk shells: models and observations. *Palaaios*, 18:110–125.

Grayson, Donald K. (1973). On the methodology of faunal analysis. *American Antiquity*, 38(4):432-439.

Grossman, Ethan L. y Teh-Lung Ku (1986). Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects. *Chemical geology (Isotope Geoscience Section)*, 59:59-64.

Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9pp.

Hernández-Ayón, J. Martín; M. Salvador Galindo-Bect; Bernardo P. Flores-Báez y Saúl Álvarez-Borrego (1993) Nutrient concentrations are high in the turbid waters of the Colorado River Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37:593-602.

Jackson, J.B.C., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., *et al.* (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293:629–38.

Keen, A. Myra (1971). *Sea Shells of Tropical West America: Marine mollusks from Baja California to Peru*, 2a edición, Standford University Press, Los Ángeles, 1080 pp.

Keen A. Myra y Coan E. V. (1974). *Marine molluscan genera of Western North America. An Illustrated Key*, 2a edición, Standford University Press, Standford, 217 pp.

Kennett, Douglas J. y Barbara Voorhies (1996). Oxygen isotopic analysis of archaeological shells to detect seasonal use of wetlands on the southern Pacific coast of Mexico. *Journal of Archaeological Science*, 23:689:704.

Kidwell, S.M. y D.W. J. Bosence (1991). Taphonomy and time averaging of marine shelly faunas en Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record, Allison, R A. & D.E.G Briggs (editores), Plenum, New York, pp. 211-290.

Killingley, J. S. (1981). Seasonality of mollusk collecting determined from ¹⁸O profiles of midden shells. *American Antiquity*, 48:152–158.

Killingley, J. S. y Berger, W. H. (1979). Stable isotopes in a mollusk shell: detection of upwelling events. *Science*, 205:186–188.

Koerper, Henry C. y John S. Killingley (1998). Oxygen isometry yields seasonality estimates for a shellfish sample from CA-ORA-855. *Coast Archaeological Society Quarterly*, 34(2):74-94.

Kowalewski, M.; Guillermo A. Ávila-Serrano; Karl W. Flessa y Glenn A. Goodfriend (2000). Dead delta's former productivity: two trillion shells at the mouth of the Colorado River. *Geology*, 28:1059-1062.

Lavín, M. F. y S. Organista (1988). Surface heat flux in the northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 93:14033-14038.

Lavín, M. F.; V. M. Godínez y L. G. Álvarez (1998) Inverse-estuarine features of the Upper Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47:769-795.

Lavín, M.F. y Salvador Sánchez (1999). On how the Colorado River affected the hydrography of the upper Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 19:1545-1560.

Laylander, Don (2006) The regional consequences of Lake Cahuilla. *San Diego State University Occasional Archaeology Papers*, 1:59-77.

Laylander, Don (2008). A century of progress in Lake Cahuilla studies en *Balances y Perspectivas de la Antropología e Historia de Baja California 2002-2004*, Centro-INAH Baja California, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, pp. 15-21.

Lazareth, Claire E., Grégory Lasne y Luc Ortlieb (2006). Growth anomalies in *Protothaca thaca* (Mollusca, Veneridae) shells as markers of ENSO conditions. *Climate Research*, 30:263-269.

Li, Hong-Chun; Xiao-Mei Xu; The-Lung Ku; Chen-Feng Yu; H. Paul Buchheim y Rick Peters (2008). Isotopic and geochemical evidence of paleoclimate changes in Salton Basin, California, during the past 20 kyr: $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records in lake tufa deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 259:182-197.

Livingston, Robert J.; Xufeng Niu; F. Graham Lewis III y Glenn C. Woodsum (1997). Freshwater input to a gulf estuary: long-term control of trophic organization. *Ecological Applications*, 7(1):277-299.

Lutz, Richard A. y Donald C. Rhoads (1980) Growth patterns within the molluscan shell. An overview en Skeletal Growth in Aquatic Organisms, Donald C. Rhoads & Richard A. Lutz (editores), Plenum Press, Nueva York, pp 203-254.

Lyman, R. L (1994). *Vertebrate Taphonomy*, Cambridge University Press, Cambridge, 552 pp.

Lyman, R. L. (2003). The influence of time averaging and space averaging on the application of foraging theory in zooarchaeology. *Journal of Archaeological Science*, 30:595-610.

McConnaughey, Ted (1989). ^{13}C and ^{18}O isotopic disequilibrium in biological carbonates: I. Patterns. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53:151-162.

Millán-Núñez, Roberto; Eduardo Santamaría-del-Ángel, Ramón Cajal-Medrano y Óscar Alcides Barocio-León (1999). El delta del Río Colorado: un ecosistema con alta productividad primaria. *Ciencias Marinas*, 25(4):509–524.

Paine, Robert T. (1966). Food web complexity and species diversity. *The American Naturalist*, 100 (910):65-75.

Popper, Arthur N.; John Ramcharitar y Steven E. Campana (2005). Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, 56:497-504.

Porcayo Michelini, A. (2007). Proyecto Registro y Rescate de Sitios Arqueológicos de Baja California – Fase Municipio de Mexicali. Informe Técnico Parcial de la Primera Temporada y Propuesta para Trabajo de Campo 2007. Centro INAH Baja California, México. 258 pp.

Porcayo Michelini, A. (2008). Informe de la segunda temporada de campo del Proyecto Registro y Rescate de Sitios Arqueológicos de Baja California – Fase Municipio de Mexicali y Propuesta para la Tercera Temporada de Campo. Centro INAH Baja California, México.

Porcayo Michelini, Antonio (2010). A shell midden in the Upper Gulf of California: challenging the paradigms of isolation and marginalization? *Journal of California and Great Basin Anthropology*, 30(1):5-15.

Porcayo Michelini A. y J.M. Rojas Chávez (2010). Informe de la Cuarta Temporada de Campo del Proyecto Registro y Rescate de Sitios Arqueológicos de Baja California – Fase Municipio de Mexicali y Propuesta Para La Quinta Temporada de Campo 2010. Centro INAH Baja California, México. 311 pp.

Rodriguez, Carlie A., Karl W. Flessa y David L. Dettman (2001). Effects of upstream diversion of Colorado River water on the estuarine bivalve mollusc *Mulinia coloradoensis*. *Conservation Biology*, 15:249-258.

Rodriguez, Carlit A., Karl W. Flessa, Miguel A. Téllez-Duarte, David L. Dettman y Guillermo A. Ávila-Serrano (2001b). Macrofaunal and isotopic estimates of the former extent of the Colorado River estuary, upper Gulf of California, México. *Journal of Arid Environments*, 49:183-193.

Román Rodríguez, Martha y M. Gregory Hammann (1997). Age and growth of totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Scianidae) in the upper Gulf of California. *Fishery Bulletin*, 95:620-628.

Rowell, K., Karl W. Flessa, David L. Dettman y Martha Román (2005). The importance of Colorado River flow to nursery habitats of the Gulf curvina (*Cynoscion othonopterus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62:2874-2885.

Rowell, K., C. True, Karl W. Flessa y David L. Dettman (2008a). Fish without water: Validation and application of $\delta^{18}\text{O}$ in *Totoaba macdonaldi* otoliths. *Ciencias Marinas*, 34(1): 55-68.

Rowell, K., Karl W. Flessa, David L. Dettman, Martha J. Román, Leah R. Gerber y Lloyd T. Findley (2008b). Diverting the Colorado River leads to a dramatic life history shift in an endangered marine fish. *Biological Conservation*, 141: 1138-1148.

Rowell, K., David L. Dettman y Robert Dietz (2010). Nitrogen isotopes in otoliths reconstruct ancient trophic position. *Environ. Biol. Fish.*

Rowland, M. J. (1994). Size isn't everything. Shells in mounds, middens and natural deposits. *Australian Archaeology*, 39:118-124.

Selin, N.I. (2009). The effect of environmental conditions on distribution, growth and life span of *Protothaca euglypta* (Mollusca: Bivalvia). *Russian Journal of Marine Biology*, 35(1):20-24.

Shackleton, N.J. (1973). Oxygen isotope analysis as a means of determining season of occupation of prehistoric midden sites. *Archaeometry*, 15:133–141.

Schaefer, Jerry (1994). The challenge of archaeological research in the Colorado Desert: recent approaches and discoveries. *Journal of California and Great Basin Anthropology*, 16(1):60-80.

Sharp, Zachary (2007). Principles of stable isotope geochemistry. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 360 pp.

Schöne, B.R., David H. Goodwin, Karl W. Flessa, David L. Dettman y Peter D. Roopnarine (2002). Sclerochronology and growth of the bivalve mollusks *Chione* (Chionista) *fluctifraga* and *C.* (Chionista) *cortezii* in the northern Gulf of California, Mexico. *The Veliger*, 45(1):45-54.

Schöne, B.R., K.W. Flessa, D.L. Dettman y D.H. Goodwin (2003). Upstream dams and downstream clams: growth rates of bivalve mollusks unveil impact of river management on estuarine ecosystems (Colorado River delta, Mexico). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58:715-726.

Schöne, Bernd R., David L. Todland, Jens Fiebig, Wolfgang Oschmann, David Goodwin, Karl W. Flessa y David Dettman (2006). Reliability of multitaxon, multiproxy reconstructions of environmental conditions from accretionary biogenic skeletons. *Journal of Geology*, 114:267-285.

Stuiver, M. y Reimer, P. J. (1993). Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program, *Radiocarbon*, 35:215-230

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): 49-56.

Valdéz-Muñoz, Carmen; Eugenio A. Aragón-Noriega; Alfredo Ortega-Rubio; César A. Salinas-Zavala; J. Alfredo Arreola-Lizárraga; Sergio Hernández-Vázquez y Luis F. Beltrán Morales (2010). Distribución y abundancia de juveniles de totoaba *Totoaba macdonaldi* y la salinidad del hábitat de crianza. *Interciencia*, 35(2):136-139.

Volpedo, Alejandra (2001). Estudio de la morfometría de las *sagittae* en poblaciones de sciaenidos marinos de aguas cálidas del Perú y aguas templado-frías de Argentina. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Wefer, Gerold y Wolfgang H. Berger (1991). Isotope paleontology: growth and composition of extant calcareous species. *Marine geology*, 100:207-248.

Wilken-Robertson, Miguel y Don Laylander (2010) Etnografía. En: *La prehistoria de Baja California: avances en la arqueología de la península olvidada*, Don Laylander, Jerry D. Moore, y Julia Bendímez Patterson (editores), Centro INAH-Baja California, Mexicali; pp. 84-102.

ANEXOS

Tabla I. Clasificación taxonómica de los moluscos del depósito B18BP1. NISP=número de especímenes identificados; MNI= mínimo número de individuos; abundancia relativa por clase (%); porcentaje de especímenes completos y

MOLUSCOS MARINOS ASU14-179 B18BP1					
Especie	NISP	MNI	% Bivalvos	% completos	% Total
<i>Arca mutabilis</i>	3	2	0.01	33%	0.01
<i>Argopecten circularis</i>	12	6	0.03	50%	0.03
<i>Cardita affinis</i>	8508	3825	21.17	75%	16.11
<i>Chione fluctifraga</i>	10	3	0.02	30%	0.01
<i>Dosinia sp.</i>	125	39	0.22	2%	0.16
<i>Glycymeris maculata</i>	1670	896	4.96	93%	3.77
<i>Laevicardium elatum</i>	97	3	0.02	0%	0.01
<i>Modiolus capax</i>	273	89	0.49	38%	0.37
<i>Mytella guyanensis</i>	2	1	0.01	50%	0.00
<i>Ostrea angelica</i>	8193	6896	38.16	100%	29.05
<i>Ostrea corteziensis</i>	503	371	2.05	100%	1.56
<i>Ostrea palmula</i>	6015	3594	19.89	100%	15.14
<i>Ostrea sp.</i>	699	699	3.87	100%	2.94
<i>Pholas chiloensis</i>	115	12	0.07	1%	0.05
<i>Pitar concinnus</i>	37	22	0.12	68%	0.09
<i>Protothaca grata</i>	7672	1564	8.65	13%	6.59
<i>Pteria stena</i>	12	10	0.06	0%	0.04
<i>Semele sp.</i>	25	18	0.10	100%	0.08
<i>Spondylus cf. calcifer</i>	2	0	0.00	0%	0.00
<i>Tivela byronensis</i>	67	20	0.11	27%	0.08
<i>Trachycardium panamensis</i>	17	2	0.01	6%	0.01
TOTAL BIVALVOS	34057	18072	100.00		76.12
Especie	NISP	MNI	% Gasterópodos	% completos	
<i>Acanthina angelica</i>	2505	1282	22.61	7%	5.40
<i>Anachis sanfelipensis</i>	2108	2108	37.18	100%	8.88
<i>Anachis sp.</i>	73	73	1.29	100%	0.31
<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	42	39	0.69	81%	0.16
<i>Collisela atrata</i>	66	66	1.16	100%	0.28
<i>Collisella stanfordiana</i>	92	89	1.57	97%	0.37
<i>Crepidula excavata</i>	128	128	2.26	100%	0.54
<i>Crepidula sp.</i>	78	78	1.38	100%	0.33
<i>Crucibulum lignarium</i>	1	1	0.02	0%	0.00
<i>Crucibulum spinosum</i>	1193	1095	19.32	0%	4.61
<i>Diodora alta</i>	7	7	0.12	100%	0.03
<i>Muricanthus nigrinus</i>	1356	211	3.72	2%	0.89
<i>Nassarius moestus</i>	43	43	0.76	100%	0.18
<i>Nassarius onchodes</i>	1	1	0.02	100%	0.00
<i>Nassarius sp.</i>	27	27	0.48	100%	0.11
<i>Nerita funiculata</i>	2	2	0.04	50%	0.01
<i>Oliva incrassata</i>	257	84	1.48	2%	0.35
<i>Olivella cf. dama</i>	15	13	0.23	73%	0.05
<i>Olivella cf. zanoeta</i>	6	6	0.11	100%	0.03
<i>Polinices bifasciatus</i>	159	61	1.08	14%	0.26
<i>Solenosteira cf. capitanea</i>	1	1	0.02	100%	0.00
<i>Solenosteira cf. macrospira</i>	167	11	0.19	1%	0.05
<i>Tegula corteziana</i>	7	7	0.12	86%	0.03
<i>Tegula rugosa</i>	189	80	1.41	5%	0.34
<i>Turbo fluctuosus</i>	400	84	1.48	7%	0.35
opérculos de <i>Turbo fluctuosus</i>	75	71	1.25	95%	0.30
<i>Turritela anactor</i>	1	1	0.02	100%	0.00
TOTAL GASTERÓPODOS	8999	5669	100.00		23.88
<i>Poliplacóforos</i>	49	0			
TOTAL MOLUSCOS	43105	23741			100%

abundancia relativa por especie (% Total).

ANEXOS

Tabla II. MNI de los gasterópodos y bivalvos identificados en el depósito B18BP1 del sitio ASU14-179. Las denominaciones N (Norte) y E (Este) corresponden a los cuadrantes en que se dividió la unidad durante la excavación. Al final de la tabla se presentan los resultados de las pruebas estadísticas realizadas con los cuadrantes de un mismo nivel de excavación (95% de confianza) y se resaltan en negritas los cuadrantes utilizados en los posteriores análisis estadísticos de esta unidad.

Especie	SRF	N.4	N.5 N2E1	N.5 N2E2	N.5 N1E1	N.6-8	N.8 N1E1	N.8-10	N.10 N2E2	N.10-12 N2E1	N.10-12 N2E2	N.10-12 N1E1	N.12-14	N.12-14 N2E2	N.14-16
<i>Acanthina angelica</i>	457	186	91	203	145	122	0	16	7	10	8	15	6	11	5
<i>Anachis sanfelipensis</i>	57	69	341	160	907	341	38	94	16	12	7	27	25	10	4
<i>Anachis sp.</i>	22	0	14	7	0	0	0	0	8	0	9	6	0	4	3
<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	25	2	1	2	4	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Collisela atrata</i>	0	1	13	4	4	17	0	16	2	3	2	2	1	0	1
<i>Collisella stanfordiana</i>	86	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crepidula excavata</i>	14	12	10	27	20	13	0	8	6	4	3	6	2	0	3
<i>Crepidula sp.</i>	6	2	10	7	7	11	2	9	0	7	4	3	5	4	1
<i>Crucibulum lignarium</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crucibulum spinosum</i>	375	132	107	175	117	87	6	29	16	7	10	12	7	7	8
<i>Diodora alta</i>	1	2	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muricanthus nigrinus</i>	36	15	9	23	16	46	16	19	7	5	12	7	0	0	0
<i>Nassarius moestus</i>	26	0	1	8	5	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Nassarius onchodes</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nassarius sp.</i>	3	0	0	0	13	7	0	1	0	3	0	0	0	0	0
<i>Nerita funiculata</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oliva incrassata</i>	5	1	0	0	2	0	0	7	48	3	13	1	1	2	1
<i>Olivella cf. dama</i>	1	0	2	0	2	5	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Olivella cf. zanoeta</i>	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Polinices bifasciatus</i>	1	1	1	0	1	4	0	2	27	2	6	12	1	3	0

<i>Solenosteira cf. capitanea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Solenosteira cf. macrospira</i>	7	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tegula corteziana</i>	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tegula rugosa</i>	8	1	11	13	11	34	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Turbo fluctuosus</i>	41	5	3	6	5	7	0	4	1	6	3	2	0	0	1
opérculos de <i>Turbo fluctuosus</i>	22	8	2	18	5	7	0	3	3	0	2	1	0	0	0
<i>Turritela anactor</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arca mutabilis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Argopecten circularis</i>	2	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Cardita affinis</i>	158 1	603	385	1002	159	72	0	10	2	3	1	0	3	1	3
<i>Chione fluctifraga</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dosinia sp.</i>		1	1	1	0	1	0	1	6	3	12	6	4	3	0
<i>Glycymeris maculata</i>	101	14	12	16	23	20	1	53	116	75	161	243	40	16	5
<i>Laevicardium elatum</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Modiolus capax</i>	10	8	16	11	16	15	0	6	1	0	1	1	1	2	1
<i>Mytella guyanensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ostrea angelica</i>	385 8	895	419	669	600	152	7	74	41	28	39	25	40	30	19
<i>Ostrea corteziana</i>	132	29	22	24	77	47	1	14	3	2	6	3	6	2	3
<i>Ostrea palmula</i>	171 3	531	230	362	436	160	6	48	13	15	18	17	24	12	9
<i>Ostrea sp.</i>	378	22	43	80	90	41	0	10	3	4	3	6	9	6	4
<i>Pholas chilensis</i>	2	0	0	1	0	7	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Pitar concinnus</i>	4	0	1	1	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protothaca grata</i>	724	88	68	149	83	191	32	87	47	11	23	31	11	14	11
<i>Pteria stena</i>	2	1	1	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Semele sp.</i>	7	1	3	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Spondylus cf. calcifer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tivela byronensis</i>	8	1	0	0	3	1	0	0	1	1	1	3	0	1	0

<i>Trachycardium panamensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PRUEBAS ESTADÍSTICAS			H=0.28, df=2. Hcrit=5.99							H=0.71, df=2. Hcrit=5.99			H=0.24, df=1. Hcrit=3.84		

ANEXOS

Tabla III. Razón de valvas derechas/izquierdas en los pelecípodos del depósito B18BP1 del sitio ASU14-179. Valores nulos en los estratos significa que la especie sólo se presentó en fragmentos no identificados a nivel de valva, o que simplemente no se presentó la especie.

	<i>Cardita affinis</i>	<i>Dosinia sp.</i>	<i>Glycymeris maculata</i>	<i>Modiolus capax</i>	<i>Ostrea angelica</i>	<i>Ostrea corteziensis</i>	<i>Ostrea palmula</i>	<i>Protothaca grata</i>
SRF	0.91	-	0.84	0.80	0.21	0.14	0.54	0.91
N.4	0.99	-	0.50	0.38	0.21	0.31	0.61	0.90
N.5	0.96	-	0.78	0.81	0.12	0.30	0.94	0.98
N.6-8	0.99	1.00	0.95	0.73	0.22	0.77	0.98	0.91
N.8-10	0.50	1.00	0.85	0.50	0.05	1.00	0.90	0.79
N.10-12	1.00	0.75	0.83	-	0.05	0.50	0.72	0.91
N.12-14	1.00	0.33	0.88	-	0.10	0.50	0.75	0.88
N.14-16	0.67	-	1.00	1.00	0.11	0.67	1.00	0.60
Promedio	0.88	0.39	0.83	0.53	0.13	0.52	0.80	0.86

