



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL GÉNERO *MACROBRACHIUM*
(DECAPODA: PALAEMONIDAE) DE LA PENÍNSULA
DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, manejo y preservación de los recursos naturales
(Orientación en Ecología)

P r e s e n t a

Luis Gerardo Hernández Moreno

La Paz, Baja California Sur, agosto de 2007

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 15:00 horas del día 27 del mes de junio del 2007, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Revisión sistemática del género *Macrobrachium* de la península de Baja California"

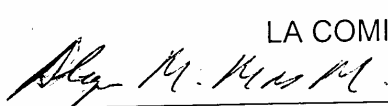
Presentada por el alumno:

Luis Gerardo Hernández Moreno

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Ecología

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

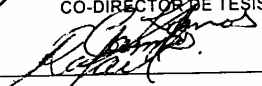
LA COMISION REVISORA



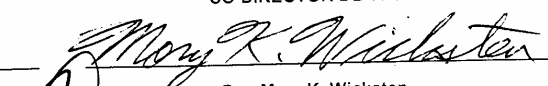
Dr. Alejandro M. Maeda-Martínez
CO-DIRECTOR DE TESIS




Dr. Gopal Murugan
CO-DIRECTOR DE TESIS



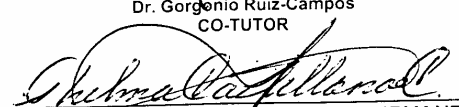
Dr. Rafael Campos-Ramos
CO-TUTOR



Dra. Mary K. Wicksten
CO-TUTOR



Dr. Gorgonio Ruiz-Campos
CO-TUTOR



DRA. THELMA ROSA CASTELLANOS CERVANTES,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RESUMEN

Los camarones del género *Macrobrachium* son tal vez los más conocidos, no solo por el número de especies, sino también por su amplia distribución geográfica e importancia comercial. Este grupo comprende aproximadamente 200 especies que se distribuyen preferentemente cerca de los estuarios y cuerpos de agua dulce circumtropicales. De las casi 150 especies de decápodos de agua dulce que existen en México, unas 17 corresponden al género *Macrobrachium*. De acuerdo a la localidad y especie de que se trate, estos animales reciben diferentes nombres, que en nuestro caso llamaremos langostinos. En general, son pocos los estudios de los langostinos de México y a pesar de su talla y potencial de aprovechamiento, se carece de programas de cultivo o manejo de estas especies. A la fecha, se desconoce mucho sobre sus aspectos básicos de biología y ecología. La presencia de langostinos en la península de Baja California fue documentada desde finales del siglo XVIII, sin embargo hasta hoy no hay un trabajo dedicado a conocer la diversidad de especies en los cuerpos de agua dulce de la península. Con base en una extensa prospección de campo y revisión de colecciones científicas, el presente trabajo aborda el estudio de la diversidad de especies de langostinos de la península de Baja California empleando técnicas morfológicas y moleculares. Se recolectaron langostinos en 35 de los 83 cuerpos de agua visitados. Por las características morfológicas de los diferentes ejemplares se lograron identificar seis especies: *Macrobrachium americanum*, *M. digueti*, *M. hobbsi*, *M. michoacanus*, *M. olfersii* y *M. tenellum*. De ellas, tres representan nuevos registros para la península (*M. hobbsi*, *M. michoacanus* y *M. olfersii*) siendo *M. hobbsi* y *M. olfersii* de distribución anfiamericana. Estas seis especies representan el 80% de las especies de langostinos registradas para la vertiente Pacífico de México. Con el fin de verificar si se trataba de morfoespecies endémicas o crípticas se aplicó un Análisis de Función Discriminante considerando los rasgos de la segunda quela grande. Se encontró que las especies de la península muestran los mismos rasgos morfométricos que las especies de otras localidades de México. Sin embargo, al hacer el agrupamiento se formaron solamente cuatro clados. En uno se agruparon las formas *M. hobbsi* y *M. olfersii*, en otro, las formas *M. digueti* y *M. michoacanus*, mientras que *M. americanum* y *M. tenellum* quedaron separadas en un

grupo cada una. Para saber si los grupos formados tenían un soporte filogenético o no, se realizaron diferentes análisis a partir de las secuencias de un fragmento del gen 16S ARNr. Los análisis se hicieron empleando los algoritmos de Vecino más Cercano (NJ), Máxima Parsimonia (MP) y Máxima Verosimilitud (ML). Nuevamente se observó el agrupamiento de las especies en los mismos cuatro clados. Las distancias genéticas de los ejemplares de *M. hobbsi* y *M. olfersii* fueron muy cercanas (menores al 2% por el método de Kimura²) de tal manera que no hay suficiente evidencia para considerarlas diferentes especies. Lo mismo se observó con los ejemplares de las especies *M. michoacanus* y *M. digueti* comparadas con *M. acanthochirus*, entre las cuales se obtuvo 0% de distancia genética. Por lo tanto, los análisis del fragmento estudiado (16S ARNr) sugieren la presencia de solo cuatro especies de *Macrobrachium* en la península de Baja California. De esta forma y de acuerdo al principio de prioridad, los morfotipos *M. hobbsi* podrían considerarse como variación de *M. olfersii*, mientras que los morfotipos *M. acanthochirus* y *M. michoacanus* podrían considerarse como variación de *M. digueti*.

Dr. Alejandro M. Maeda-Martínez
Co-director

Dr. Gopal Murugan
Co-director

ABSTRACT

Shrimp of the genus *Macrobrachium* are probably the best known freshwater shrimp not only because of their great species number, but also due to their wide geographical distribution and commercial interest. This genus comprises about 200 species distributed in circumtropical freshwater bodies close to estuaries. In Mexico, there are about 150 decapod freshwater species, of which 17 belong to the genus *Macrobrachium*. Depending on locality and species, these shrimp have different common names, but in the present study they will be referred as “langostinos”. In spite of the large size of these shrimp and their potential for aquaculture, there are few works about this genus in Mexico, and little is known about its biological and ecological aspects. In the Baja California peninsula, the “langostinos” have been recorded since the end of the 18th century, but to date there is no important study of their diversity. From an extensive field survey and examination of specimens in several scientific collections, this thesis provides a detailed description of the diversity and phylogenetic relationships of “langostinos” in the Baja California peninsula, using morphological and molecular approaches. The survey sampled 83 freshwater bodies and “langostinos” were collected in 35 of them. Based on morphological characteristics, six species were identified: three represent new records in the peninsula and two have an amphiamerican distribution. These six species represent 84% of the richness of “langostinos” on the Pacific slope of Mexico. To determine if these species are native or cryptic entities, a discriminant function analysis was applied to some measurements performed on the second largest pereopod. Results indicated that the species from the peninsula are morphologically similar to specimens from freshwater streams of the mainland of Mexico. However, cluster analysis showed only four clades: the first was composed of *M. hobbsi* and *M. olfersii*; the second was composed of *M. digueti* and *M. michoacanus*; the third was represented by *M. americanum*; and the fourth included *M. tenellum*. Molecular analysis of the 16S rRNA fragment was used to provide phylogenetic support for this arrangement. Results were treated using Neighbour Joining, Maxima Parsimony and Maximum Likelihood algorithms. After cluster analysis, the same four groupings occurred. Genetic distance between *M. hobbsi* and *M. olfersii* was < 2% (Kimura 2 parameter), suggesting that they cannot be considered as two species. The same pattern was observed with *M. digueti*, *M. michoacanus* and *M. acanthochirus* (the

last from GenBank), with 0% genetic distance. Hence, the results obtained from the molecular analysis (fragment of 16S rRNA) suggest that only four species of *Macrobrachium* occur in the Baja California peninsula. Based on the priority principle, *M. hobbsi* morphotypes should be considered as a variation of *M. olfersii*, whereas morphotypes of *M. acanthochirus* and *M. michoacanus* should be regarded as a variation of *M. digueti*.

Dr. Alejandro M. Maeda-Martínez
Co-director

Dr. Gopal Murugan
Co-director

DEDICATORIA

A mi familia, porque el esfuerzo de terminar esta etapa ha sido compartido con todos ellos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo aquí presentado merece crédito a muchas personas que con sus consejos y paciencia me han ayudado para dar un buen fin a esta investigación.

De manera particular, agradezco a los miembros del comité tutorial por sus atinados comentarios. Sin ellos no hubiera sido posible el presente documento.

Al Dr. Gorgonio Ruiz Campos por su permiso y disponibilidad para utilizar como parte del presente estudio, todo el material de decápodos de su colección.

A los doctores Fernando Álvarez y José Luis Villalobos (Colección Nacional de Crustáceos, Instituto de Biología UNAM, México), Michel Hendrickx (Estación Mazatlán, UNAM), Régis Cleva y Pierre Noël (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris) por sus atenciones y apoyo durante mis visitas a las colecciones. Agradezco también a Enrique Calvillo y Mauricio Cortés por su ayuda en las recolectas de campo, y Adriana Landa y Oscar Armendáriz por su apoyo en la edición de figuras y mapas. Así mismo, a la maestra Delia Rojas por sus asesorías para lograr con éxito la extracción y amplificación del ADN.

Las recolectas de campo y los análisis moleculares fueron realizados como parte del proyecto "Palemónidos de oasis costeros de Baja California Sur" apoyado bajo convenio del CIBNOR y de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, y de los proyectos "Decápodos de los oasis de Baja California Sur" y "Biodiversidad de los peces y crustáceos de los oasis de Baja California Sur". La presente investigación de tesis es la base de la parte inicial del proyecto "Phylogeography of the freshwater shrimp genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) from the Baja California Peninsula, México" (SEP-CONACYT 2006, clave 62359), cuyos fondos apoyaron parte de los gastos del presente estudio.

El derecho a examen doctoral y el costo de la primer publicación (Anexo) fue cubierto por los Apoyos Integrales para la Formación Doctores de CONACYT, así como al proyecto Biodiversidad (Oasis, Fauna Acuática) del Programa de Planeación Ambiental y Conservación del CIBNOR y a la Dirección General del CIBNOR.

Los permisos de recolecta de campo fueron otorgados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA 123.05.1532/2004 y 2006).

El CONACyT apoyó con la beca doctoral 144309.

CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 TAXONOMÍA	3
1.2 SISTEMÁTICA	7
1.3 BIOLOGÍA Y APROVECHAMIENTO	10
1.4 ANTECEDENTES	12
1.5 OASIS	13
1.6 OBJETIVOS	15
1.7 HIPÓTESIS	15
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA	16
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	16
2.2 MUESTREO	18
2.3 TRABAJO DE GABINETE	19
2.4 ANÁLISIS MOLECULAR	22
CAPÍTULO 3 RESULTADOS	24
3.1 SITIOS MUESTREADOS	24
3.2 ESPECIES REGISTRADAS	28
3.3 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO	61
3.4 ANÁLISIS MOLECULAR	65
CAPÍTULO 4 DISCUSIÓN	79
4.1 TAXA REGISTRADOS	79
4.2 ASPECTOS TAXONÓMICOS	80
4.3 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO	82
4.4 ANÁLISIS MOLECULAR	83
4.5 DE LOS CONCEPTOS DE ESPECIE	89
4.6 ORIGEN DE LOS LANGOSTINOS EN LA PENÍNSULA	90
4.7 CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES	93
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES	98
CAPÍTULO 6 RECOMENDACIONES	100
CAPÍTULO 7 LITERATURA CITADA	101
ANEXOS	112

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁG.
FIGURA 1. ESQUEMA DIAGNÓSTICO DEL GÉNERO <i>MACROBRACHIUM</i>	2
FIGURA 2. DIFERENTES MORFOLOGÍAS QUE PUEDEN TENER LOS <i>MACROBRACHIUM</i>	4
FIGURA 3. CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS DEL SEGUNDO PEREIOPODO GRANDE DE LOS <i>MACROBRACHIUM</i>	6
FIGURA 4. TIPOS DE SUSTITUCIONES NUCLEOTÍDICAS	8
FIGURA 5. ÁREA DE ESTUDIO	17
FIGURA 6. DISTANCIAS MORFOMÉTRICAS DE LA SEGUNDA QUELA GRANDE DE LOS <i>MACROBRACHIUM</i>	19
FIGURA 7. SITIOS DE MUESTREO EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA	25
FIGURA 8. <i>MACROBRACHIUM AMERICANUM</i>	32
FIGURA 9. <i>MACROBRACHIUM DIGUETI</i>	37
FIGURA 10. <i>MACROBRACHIUM HOBBSI</i>	41
FIGURA 11. <i>MACROBRACHIUM MICHOACANUS</i>	44
FIGURA 12. <i>MACROBRACHIUM OLFERSII</i>	48
FIGURA 13. <i>MACROBRACHIUM TENELLUM</i>	52
FIGURA 14. AGRUPAMIENTO DE LAS ESPECIES DE <i>MACROBRACHIUM</i> DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA POR EL ANÁLISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE	62
FIGURA 15. AGRUPAMIENTO DE LAS ESPECIES DEL GRUPO <i>OLFERSII</i> DE LA PENÍNSULA POR MEDIO DEL ANÁLISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE	63
FIGURA 16. VALORES CANÓNICOS PARA LAS ESPECIES DEL GRUPO <i>OLFERSII</i>	64
FIGURA 17. ÁRBOL FILOGENÉTICO DE LOS 14 HAPLOTIPOS DE <i>MACROBRACHIUM</i> DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA	66
FIGURA 18. ÁRBOL FILOGENÉTICO DE LOS 14 HAPLOTIPOS DE <i>MACROBRACHIUM</i> JUNTO CON LAS ESPECIES GEMINADAS DEL ATLÁNTICO OCCIDENTAL	71
FIGURA 19. ÁRBOLES FILOGENÉTICOS CONSTRUIDOS CON EL PROGRAMA PAUP (NJ, ML y MP)	78

LISTA DE TABLAS

	TABLA	PÁGINA
TABLA I.	ESPECIES DE <i>MACROBRACHIUM</i> DEL GRUPO <i>OLFERSII</i> DE MÉXICO	4
TABLA II.	LOCALIDADES CON <i>MACROBRACHIUM</i> EN BAJA CALIFORNIA SUR	26
TABLA III.	PROMEDIO DE VARIABLES MEDIDAS EN EL SEGUNDO PEREÍÓPODO GRANDE PARA EL ANÁLISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE	61
TABLA IV	COEFICIENTES ESTANDARIZADOS DE LAS VARIABLES CANÓNICAS PARA EL ANÁLISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE	62
TABLA V	DISTANCIA GENÉTICA DETERMINADA CON EL PROGRAMA DNAMAN	68
TABLA VI	DISTANCIA GENÉTICA DETERMINADA POR EL MÉTODO DE KIMURA2	72
TABLA VII	DISTANCIA GENÉTICA DETERMINADA POR MÁXIMA VEROSIMILITUD	74

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Los camarones de la familia Palaemonidae son tal vez los más diversos dentro del orden Decapoda, presentan una amplia distribución geográfica y batimétrica, cuyos miembros habitan en sistemas marinos, estuarinos y dulceacuícolas (Wicksten, 1989; Hendrickx, 1995a). Esta familia ha sido dividida en cuatro subfamilias, tres de las cuales se encuentran en América (Holthuis, 1951). En la subfamilia Palaemoninae se incluye al género *Macrobrachium* Bate, 1868, posiblemente es el más conocido no solo por el número de especies, sino también por su amplia distribución geográfica e importancia comercial (Villalobos, 1982; Bowles *et al.*, 2000). Este género comprende aproximadamente 200 especies que se distribuyen preferentemente cerca de los estuarios y cuerpos de agua circumtropicales (Álvarez-Ruíz *et al.*, 1996; Jayachandran, 2001; Bruyn *et al.*, 2003). El género *Macrobrachium* incluye a los camarones dulceacuícolas que presentan las siguientes características: rostro bien desarrollado, caparazón con espina hepática y antenal; ojos pedunculados y con córneas negras; mandíbulas con palpos triarticulados; los dos primeros pares de apéndices torácicos son quelados y el segundo es usualmente muy largo en los machos adultos; los tres apéndices posteriores presentan dactilos sencillos; el primer par de pleópodos del macho carece del apéndice interno y en el segundo, se aprecia el apéndice masculino; dos pares de espinas en la parte dorsal del telson y otros dos en el margen posterior (Figura 1).

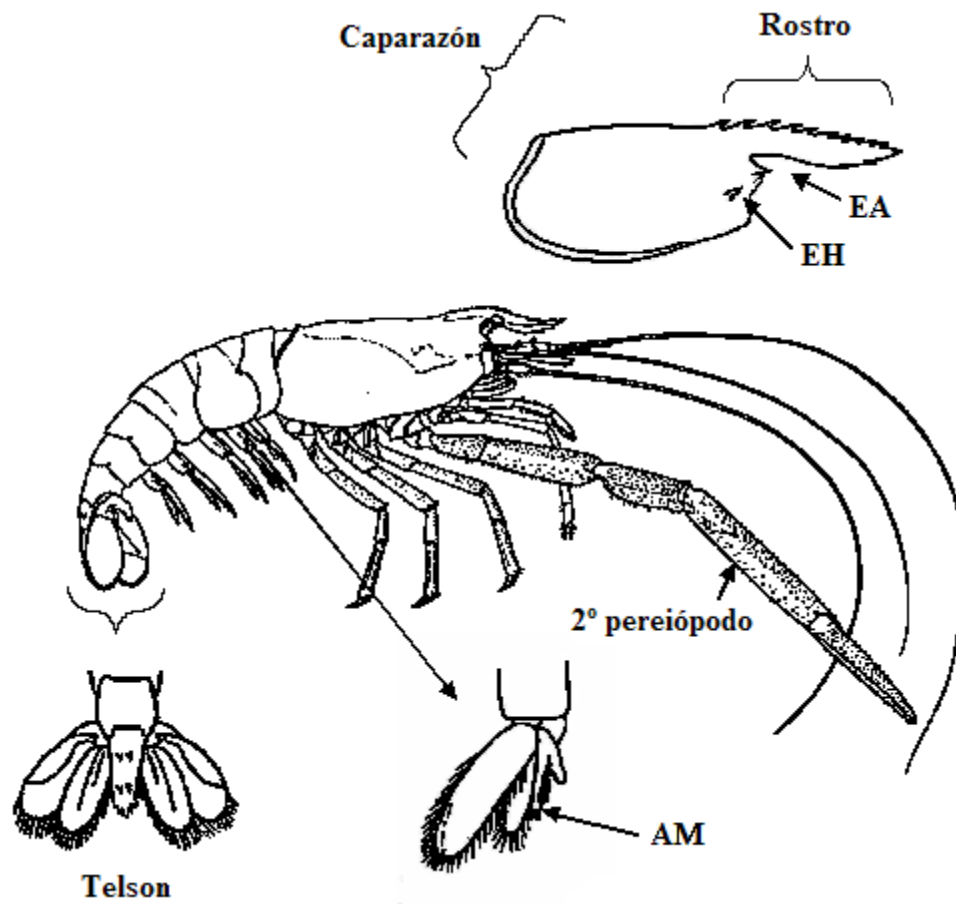


Figura 1. Esquema diagnóstico del género *Macrobrachium* en el que se muestran la espina hepática (EH) y antenal (EA), el apéndice masculino (AM), así como el telson en vista dorsal (modificados de Holthuis, 1952 y Acuña, 2002).

1.1. TAXONOMÍA

De las casi 150 especies de decápodos de agua dulce de México, 17 pertenecen al género *Macrobrachium* (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993; Román-Contreras *et al.*, 2000; Hernández *et al.*, 2007). Estos taxa reciben diferentes nombres comunes según la localidad y especie en cuestión (Figura 2), para los fines de este trabajo los llamaremos langostinos. Estas especies exhiben poca variación en sus caracteres morfológicos, por lo que su taxonomía es compleja, ya que se restringe a las estructuras de la pinza del segundo pereiópodo mayor de los machos adultos (Holthuis, 1952; Villalobos, 1982). En algunas formas son evidentes las diferencias pero en otras, es necesario un análisis detallado de los segundos pereiópodos para determinar las especies, siendo un requisito la presencia de machos adultos (Mossolin y Bueno, 2003). Son varios los trabajos que han abordado la sistemática del grupo, pero todos se basan en la morfología de la segunda quela grande. La clasificación actual de los langostinos se rige por los extensos trabajos de Holthuis (1950 y 1952), quién a su vez mencionó la dificultad taxonómica del género, principalmente por el número limitado de caracteres disponibles para la identificación. Otros autores como Murphy *et al.* (2004) y Murphy y Austin (2005), mencionaron también que hay muchas características comunes entre las diferentes especies y variabilidad morfológica entre machos y hembras, así como entre juveniles y adultos. En este sentido, Villalobos (1968) describió los problemas de especiación de un grupo de langostinos de México, a los cuales llamó “grupo *olfersii*” reconociendo especies tanto de la vertiente del Atlántico como del Pacífico (Tabla I). Villalobos (1968) señaló que las ligeras diferencias en el segundo pereiópodo grande, pueden ser producto del aislamiento de las poblaciones, las cuales, fueron separadas cuando emergió el Istmo de Tehuantepec.

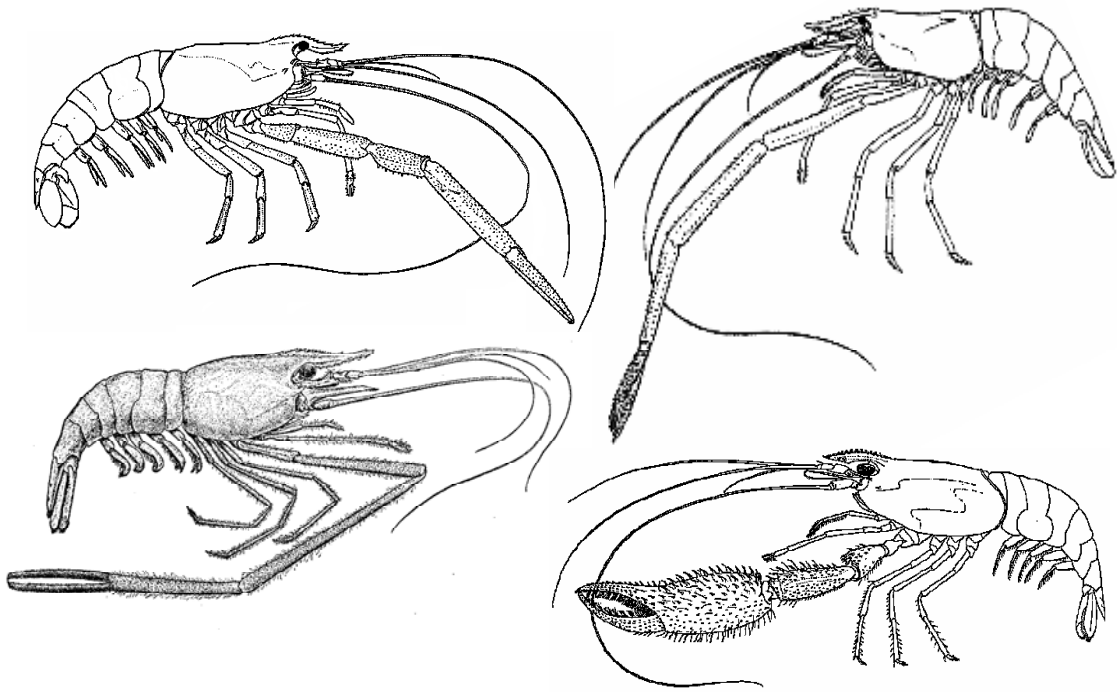


Figura 2. Diferentes morfologías que pueden tener los *Macrobrachium* (tomadas de Holthuis, 1952). Según la localidad y especie de que se trate, pueden tener diferentes nombres como “acamaya”, “acocil”, “camarón de río”, “camarón de agua dulce”, “chacales”, “cauques”, “langostinos”, “moyas”, piguas”, “popotillos”.

Tabla I. Conjunto de especies del grupo “*olfersii*” registradas en México.

Vertiente Atlántico	<i>Macrobrachium faustinum</i> (De Saussure, 1857)
	<i>Macrobrachium hobbsi</i> Villalobos-Hiriart y Nates, 1990
Vertiente Pacífico	<i>Macrobrachium olfersii</i> (Wiegmann, 1836)
	<i>Macrobrachium acanthochirus</i> Villalobos, 1967
	<i>Macrobrachium digueti</i> (Bouvier, 1895)
	<i>Macrobrachium hancocki</i> Holthuis, 1950
	<i>Macrobrachium hobbsi</i> Villalobos-Hiriart y Nates, 1990
	<i>Macrobrachium michoacanus</i> Villalobos-Hiriart y Nates, 1990
	<i>Macrobrachium olfersii</i> (Wiegmann, 1836)

Otro problema para la identificación de las especies es que en algunas localidades a veces no es posible capturar machos adultos completos. Mossolin y Bueno (2003) mencionaron que cerca del 35% de los langostinos que recolectaron en Brasil carecían del par completo de los segundos pereiópodos, lo cual complicó la identidad de los ejemplares. Bajo esta percepción, es probable que con la taxonomía clásica diferentes autores hayan aportado al conocimiento un número de especies (definidos por el concepto morfológico y/o tipológico) a veces reconocidas por un solo individuo capturado (Álvarez *et al.*, 1996; Cai y Ng, 2002). Así mismo, en otras ocasiones a pesar de ser descritas, no son ilustradas (Cai y Ng, 2002), lo cual podría estar sobrestimando el número actual de especies. Por ejemplo, Murphy *et al.* (2004) mencionaron que varias de las supuestas especies de *Macrobrachium* de Australia, en realidad eran diferentes formas de la especie *M. australiense* (Holthuis, 1950), tal vez adultos no completamente desarrollados. En este sentido, Cracraft (2000) cuestionó que durante el siglo pasado muchos sistematistas reconocían como “nuevas especies” a ejemplares que podrían ser juveniles o hembras de algunas ya descritas puesto que pocas veces se prestaba atención a la variación de las poblaciones.

En años recientes, los estudios de caracteres morfológicos han sido soportados por el rigor estadístico, principalmente mediante análisis multivariados (Acuña, 2002). Esta herramienta resulta ser muy útil cuando las especies están tan relacionadas que los caracteres por sí mismos no son suficientemente discriminantes para separarlas. Entre los diferentes métodos multivariados se encuentra el Análisis de Función Discriminante. Este análisis es utilizado para caracterizar muestras que posiblemente son de diferentes especies (o bien de poblaciones) que presentan una dispersión semejante (Somers, 1989;

Barriga-Sosa *et al.*, 2004). En los *Macrobrachium*, los rasgos a comparar son las variaciones de la segunda quela grande (Figura 3). Sin embargo, debido a las diferencias morfológicas entre machos y hembras, así como entre juveniles y adultos, resulta más confiable emplear las proporciones de las medidas observadas. Lo anterior ayudará a disminuir los errores por efecto de la alometría. (Somers, 1989).

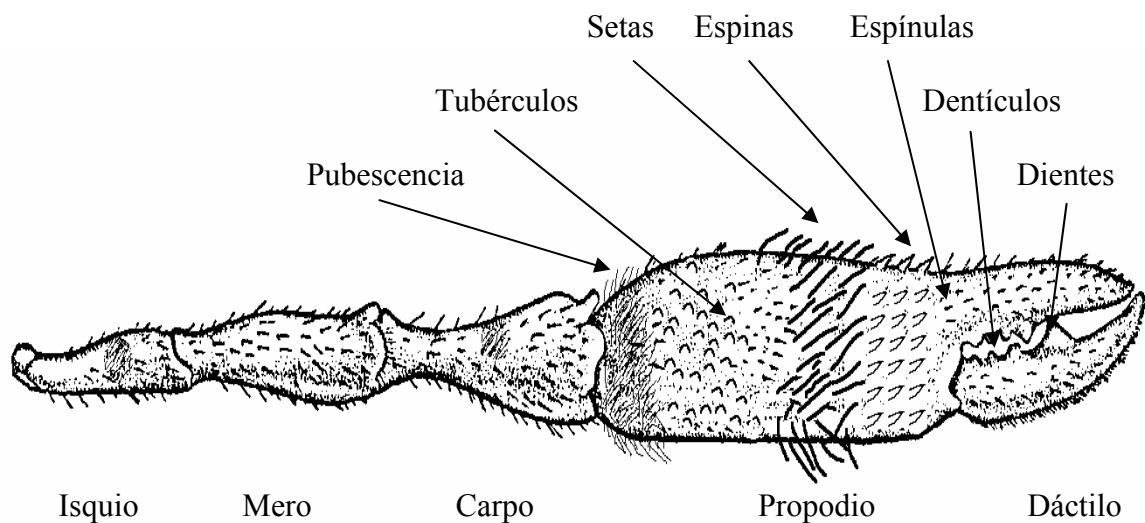


Figura 3. Caracteres diagnósticos que se pueden encontrar en el segundo pereiópodo grande de los *Macrobrachium* (modificada de Holthuis, 1952).

1.2. SISTEMÁTICA

La manera clásica de determinar las relaciones de parentesco entre especies es por medio de comparaciones morfológicas (Vandamme, 2003). Hoy en día, la información molecular también se usa para inferir las relaciones filogenéticas. En un estudio sistemático, lo que se trata de explicar son las relaciones de ancestría común entre las especies y normalmente se hace mostrando las relaciones a manera de un árbol (llamado cladograma) (Page y Holmes, 1998). Antes de construir un árbol filogenético, se debe tomar en cuenta que al comparar dos o más secuencias encontraremos cambios en el orden de algunas bases nucleotídicas (sustituciones). Por lo tanto, un requisito básico para hacer análisis filogenéticos a partir de secuencias moleculares es, que las secuencias que se van a analizar estén alineadas y sean del mismo tamaño. Una de las medidas más simple para apreciar los cambios entre dos secuencias alineadas es calcular el porcentaje de similitud de nucleótidos, contando la cantidad de sitios iguales a lo largo de las secuencias. A esto se le conoce como distancia genética (o evolutiva) y representa una medida de similitud (Vandamme, 2003). Las sustituciones nucleotídicas en donde se reemplaza una purina por otra ó bien una pirimidina por otra ($A \leftrightarrow G$ o $C \leftrightarrow T$) se denominan transiciones; en cambio, cuando se reemplaza una purina por una pirimidina ó viceversa, se llaman transversiones (Figura 4). De esta manera, hay cuatro posibles errores de transición y ocho posibles errores de transversión, por lo que la probabilidad de una mutación al azar es dos veces mayor en una transversión que en una transición, y curiosamente en muchos genes, las transiciones son hasta dos veces más frecuentes que las transversiones (Vandamme, 2003).

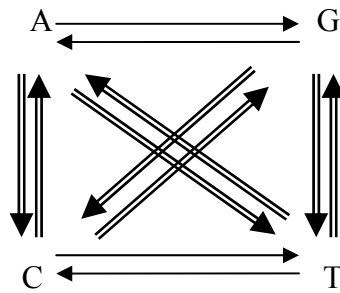


Figura 4. Tipos de sustituciones nucleotídicas. Transiciones (línea sencilla), transversiones (línea doble).

Como la evolución de las especies es el resultado de la fijación exitosa de las mutaciones, la tasa a la cual estas mutaciones se fijan se conoce como tasa evolutiva o tasa de fijación (Vandamme, 2003). En el caso de las reconstrucciones filogenéticas a partir de secuencias moleculares, las distancias genéticas son consideradas como un indicador de los cambios en la evolución de las especies (Page y Holmes, 1998). Esta medida suele ser sencilla cuando se quieren analizar un par de secuencias; sin embargo, cuando son varias secuencias, las comparaciones suelen hacerse mediante programas que realizan alineamientos múltiples (Hillis *et al.*, 1993). Una vez obtenidos los valores de distancia, se requiere expresar los cambios en un árbol filogenético. Los diferentes algoritmos para la construcción de los árboles, emplean supuestos evolutivos particulares y técnicas de remuestreo para obtener el mejor árbol. Entre los algoritmos más usados están el de Máxima Parsimonia (MP), el cual sirve para encontrar la topología de un árbol que puede ser explicado por el menor número de cambios. Requiere de una topología

previa para entonces inferir los cambios mínimos que pueden explicar los nodos del árbol. Máxima Verosimilitud (ML) semejante al anterior, estima la probabilidad de encontrar cada nucleótido en el nodo ancestral e infiere la probabilidad de la estructura del árbol. Vecino Más Cercano (NJ) construye el árbol buscando pares de vecinos conectados por un nodo anterior teniendo en cuenta la minimización de la longitud de las ramas internas.

En particular, las secuencias moleculares del gen 16S mitocondrial (ARNr) han mostrado ser una herramienta muy utilizada para esclarecer las relaciones taxonómicas y definir los límites de las especies entre grupos morfológicamente conservados de crustáceos decápodos (Crandall y Fitzpatrick, 1996; Murphy y Austin, 2002; Lee, 2004; Murphy *et al.*, 2004; Robles *et al.*, 2007). Adicionalmente, se han empleado secuencias de otros dos genes (12S y COI) para diferenciar grupos de decápodos (Robles *et al.*, 2007). Hasta hoy, el único trabajo que ha abordado aspectos moleculares con los *Macrobrachium* de México fue realizado por Acuña (2002) quién analizó las frecuencias alélicas y variación genética en tres grupos de langostinos. Concluyó que *Macrobrachium* sp.1, *Macrobrachium* sp.2 y *M. tuxtlaense* se pueden tratar como tres especies genéticamente diferenciadas. En Australia, Murphy y Austin (2002) y Murphy *et al.* (2004) han mostrado que la actual clasificación morfológica de los *Macrobrachium*, así como en general de la familia Palaemonidae presenta ciertas inconsistencias tanto a nivel género como a nivel especie, caracterizados con el fragmento del gen 16S.

1.3. BIOLOGÍA Y APROVECHAMIENTO

En el continente americano, los *Macrobrachium* se distribuyen por la vertiente del Atlántico desde los sistemas ribereños de Illinois, Estados Unidos (Bowles *et al.*, 2000) hasta Argentina (Rodríguez de la Cruz, 1965; Acuña, 2002). Por la vertiente del Pacífico, desde el Golfo de California hasta Perú (Holthuis, 1952; Wicksten y Hendrickx, 2003). Son considerados como dulceacuícolas, sin embargo su ciclo de vida se completa cuando las hembras ovígeras llegan a los estuarios a desovar en aguas salobres (Villalobos, 1982; Bruyn *et al.*, 2003; Mossolin y Bueno, 2003). Existen ciertas excepciones, ya que algunas especies que habitan en ríos distantes del mar o donde los cauces no presentan comunicación con la zona litoral, han adoptado ciclos reproductivos restringidos al ambiente dulceacuícola. En este caso, el desarrollo de las larvas se dice que es abreviado (Mossolin y Bueno, 2003) porque las hembras producen pocos huevos pero de mayor tamaño y con gran cantidad de vitelo (Acuña, 2002).

Hasta el momento, son pocos los estudios de los langostinos de México y lo que se conoce de las diferentes especies son principalmente aspectos de taxonomía, distribución y nuevos registros, como lo señalaron Hedgpeth (1949), Holthuis (1952), Rodríguez de la Cruz (1968), Villalobos (1967; 1968), Villalobos-Hiriart y Nates (1990) y Bowles *et al.* (2000). Sin embargo, los aspectos ecológico-poblacionales han sido poco estudiados. A pesar de esto, se sabe que los langostinos son importantes transportadores de energía que toman de los sedimentos y materia en descomposición, así como de pequeños crustáceos, larvas de insectos y peces que capturan (Villalobos, 1982; Collins, 1998; Bowles *et al.*, 2000). A su vez, son consumidos en etapas larvarias por insectos, arácnidos y peces (Villalobos, 1982), mientras que en etapas juvenil y adulto son presa de

crustáceos, peces, aves, mamíferos y el hombre (Ríos, 1989). Respecto a su aprovechamiento, en algunas regiones de México, los langostinos soportan pesquerías del tipo artesanal ribereña. Se han realizado intentos del cultivo de algunas especies, teniendo resultados desalentadores, con bajas supervivencias y crecimiento inferior a lo esperado (SEPESCA, 1988). Román-Contreras (1979; 1991) estudió aspectos de la biología y ecología de *M. tenellum* (Smith, 1871) en el estado de Guerrero; determinó la distribución y abundancia y propuso que la talla mínima de captura debe ser mayor a 75 mm de longitud total. Villalobos (1982) mencionó que en muchas comunidades alejadas de las ciudades, los *Macrobrachium* son sujetos a extracción por los lugareños ya que constituyen su principal fuente de proteína animal. Recientemente, Ponce-Palafox *et al.* (2002) señalaron que a pesar de los desalentadores resultados para el cultivo del *M. rosenbergii* (De Man, 1879) en México, se siguen haciendo esfuerzos por establecer el cultivo de especies nativas, principalmente *M. acanthurus* (Wiegmann, 1836), *M. americanum* (Bate, 1868), *M. carcinus* (Linnaeus, 1758) y *M. tenellum*. No obstante a su talla y potencial de aprovechamiento, se carece de programas de cultivo o manejo de estos langostinos en la península, tampoco se sabe sobre sus aspectos básicos de biología y ecología.

1.4. ANTECEDENTES

Respecto a la presencia de los langostinos en la península de Baja California, se puede citar al padre jesuita Del Barco, quién en 1780 mencionó:

“...se encuentran camarones en bastante copia en algunos pocos arroyos que tienen agua en las inmediaciones del mar; pero siempre en agua dulce, ni tenemos noticia de que en aquellas costas se hallen en el mar. No obstante que en la California, según dejamos dicho se hallen camarones en las cercanías del mar en una mediana abundancia, los hay también en otros arroyos en distancia de muchas leguas del mar, pero en menor cantidad y en pocas partes” (en: León-Portilla, 1988).

Sin embargo, el primer reporte formal fue publicado por Lockington (1878) quién registró a *M. tenellum* (citado como *Palaemon longipes*) del oasis de Mulegé. Posteriormente, Bouvier (1895) reportó a *P. forceps*, *P. digueti* n. sp. y *P. jamaicensis* (ahora *M. tenellum*, *M. digueti* y *M. americanum*, respectivamente) también de Mulegé, y señaló a este oasis como localidad tipo de *M. digueti*. Desde el trabajo de Bouvier (1895) hasta la fecha, solo tres estudios han sido publicados sobre los langostinos de Baja California. En una revisión de la familia Palaemonidae, Holthuis (1952) confirmó la presencia de las mismas especies que mencionó Bouvier, en solo tres localidades: Mulegé, La Paz y San José del Cabo. Rodríguez de la Cruz (1968) mencionó la presencia de *M. tenellum* en La Paz, sin especificar el sitio de recolecta. Por último, Ríos (1989) capturó ejemplares de *M. americanum* en el oasis de Mulegé, haciendo notar la ausencia de la especie nativa *M. digueti*. Posterior a este último trabajo, no se han dedicado esfuerzos para conocer la fauna de decápodos de agua dulce en la península de Baja California.

1.5. OASIS

Debido a su posición geográfica, la península de Baja California alberga una biodiversidad particular, la cual es representada por biota proveniente tanto de la región Neártica como Neotropical. La fisiografía irregular y climas extremos han dado como resultado la formación de diferentes “islas biológicas” que poseen numerosos endemismos (Ramamoorthy *et al.*, 1993). Gran parte de dichos endemismos, se han registrado en los oasis, los cuales se pueden definir como un área fértil cubierta de vegetación en medio del desierto, donde el nivel freático está tan cerca de la superficie que forma manantiales y pozas haciendo a estas regiones habitables para el hombre (Álvarez-Arellano y Gaytán-Morán, 2005). Maya *et al.* (1997) mencionaron que un oasis puede ser también un parche de vegetación tropical que contrasta con la aridez del entorno y puede o no tener el agua expuesta. Con base en técnicas de fotografía aérea (Maya *et al.*, 1997) lograron identificar 184 oasis en la península. De éstos, cerca de 70 presentaron agua permanentemente (ojos de agua) o semi-permanentemente (pozas) y el resto fueron caracterizados por el ensamble de vegetación tropical circundada por el ambiente árido.

Desde tiempos remotos, los oasis han sido utilizados como sitios de asentamiento humano, debido principalmente a la alta productividad relativa que de ellos se puede obtener (Arriaga, 1997; Cariño-Olvera, 2005). Debido a la importancia ecológica de los oasis, se han realizado diversos estudios para conocer y aprovechar sus recursos. Algunos grupos de fauna y flora han sido estudiados, tal es el caso de los arácnidos (Jiménez *et al.*, 1997), peces (Ruiz-Campos *et al.*, 2003; 2006), anfibios (Grismer *et al.*, 1994; Álvarez *et al.*, 1997a; Grismer, 2002), reptiles (Blázquez, 1997), aves (Rodríguez-Estrella *et al.*,

1997; Rubio *et al.*, 1997; Guzmán-Poo, 2005) y mamíferos (Álvarez *et al.*, 1997b). Sobre flora, se encuentran los trabajos de Arriaga *et al.* (1997), Pineda *et al.* (1997) y León de la Luz *et al.* (2005). Por su composición biótica, los oasis de la península de Baja California son considerados relictos biogeográficos de ecosistemas mesofílicos subtropicales (Axelrod, 1948 *en*: Ruiz-Campos *et al.*, 2003). Sin embargo, existen pocos estudios sobre la carcinofauna de agua dulce de los oasis. De acuerdo con Grismer (2002), a pesar de su historia natural y diversidad ecológica únicas, la península de Baja California permanece hoy en día como una de las regiones menos estudiadas de Norteamérica. La presente investigación de tesis se enfoca con base en una extensiva prospección de campo y revisión de colecciones científicas, al estudio de la diversidad langostinos de la península de Baja California empleando técnicas morfológicas y moleculares.

1.6. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Revisar sistemáticamente los langostinos del género *Macrobrachium* de la península de Baja California, México

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Evaluar taxonómicamente las especies morfológicas de langostinos que se encuentran en la península de Baja California, México.
- 2) Caracterizar la identidad molecular y relaciones filogenéticas de las especies morfológicas encontradas con base en el análisis del fragmento del gen 16S.
- 3) Determinar la riqueza y distribución de especies de decápodos en el ámbito peninsular

1.7. HIPÓTESIS

- 1) En la península de Baja California se encuentran al menos cuatro especies morfológicas de langostinos.
- 2) A cada especie morfológica le corresponde un haplotipo (16S).
- 3) Los morfotipos de quelas simétricas y los morfotipos de quelas asimétricas forman dos grupos monofiléticos respectivamente.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

La península de Baja California constituye una provincia morfotectónica que se localiza en el noroeste de México, entre los paralelos 23° 52'- 32° 39' Norte y los meridianos 109° 25'- 117° 07' Oeste (Ferrusquía-Villafranca, 1993). Es considerada la segunda península más larga y geográficamente aislada del mundo rodeada por el Océano Pacífico y el Golfo de California (Savage, 1960) (Figura 5). Se separó del macizo continental por movimientos tectónicos de las placas del Pacífico y de Norte América a lo largo de la falla de San Andrés, con una separación gradual que ocurrió en los últimos 4 o 5 millones de años (Stock y Hodges, 1989).

La fisiografía y climas de la península no han sido siempre como los conocemos ahora. A partir de cambios sucedidos en el Pleistoceno (ca. 1.8 millones de años) (Durham y Allison, 1960), los procesos geomorfológicos y climáticos transformaron un ambiente predominantemente mésico tropical en uno de matorral xerófilo. Actualmente, la porción norte de la península es dominada por elevaciones graníticas (Sierra Juárez y Sierra San Pedro Mártir) que alcanzan los 3096 metros sobre el nivel del mar (Ferrusquía-Villafranca, 1993); la región central se caracteriza por tierras bajas y áridas, pero las elevaciones graníticas surgen nuevamente en la porción sur (Durham y Allison, 1960). En la vertiente occidental, las elevaciones disminuyen gradualmente desde las montañas hacia la costa del Pacífico; mientras que en la vertiente oriental, la distancia de

la montaña a la costa es muy estrecha con escarpados abruptos hacia el Golfo de California (Grismer, 2002).

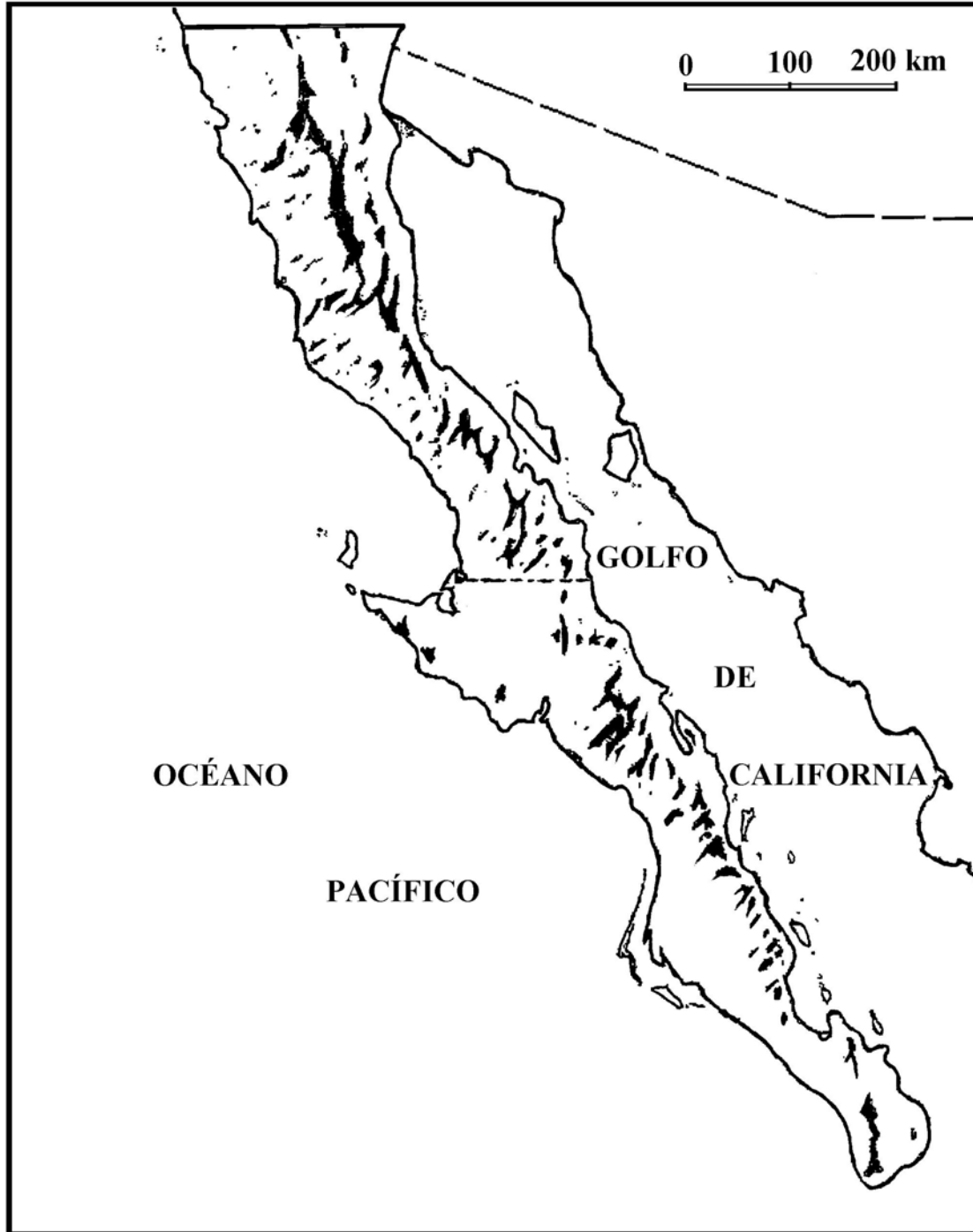


Figura 5. Área de estudio (modificada de Grismer, 2002).

La península alberga hoy en día una diversidad ambiental peculiar, presenta un arreglo heterogéneo del paisaje desde bosques coníferos y deciduos tropicales en las montañas, hasta matorral xerófilo en las planicies bajas áridas (Riddle *et al.*, 2000). En general, el clima se caracteriza por temperaturas promedio altas y baja precipitación (Grismer, 2002).

2.2. MUESTREO

A partir de las 32 localidades señaladas por Ruiz-Campos *et al.* (2003), se realizaron varias campañas de muestreo buscando los mismos cuerpos de agua. En cada sitio se tomaron datos como la geo-referencia con un geoposicionador satelital (Garmin 12XL), las características físicas y químicas del agua como temperatura, sólidos disueltos totales (SDT) (Hach model 44600) y pH (ORION 230A). Para la captura de los organismos se utilizaron diferentes artes de pesca, entre ellos, atarraya, redes de mano, trampas cebadas con pescado y chinchorro playero.

Los individuos recolectados fueron colocados en bolsas de plástico con una etiqueta y relajados en agua fría, enseguida se procedió a fijarlos en alcohol absoluto (etanol 100%) para su posterior análisis en el laboratorio.

2.3. TRABAJO DE GABINETE

En el laboratorio, los ejemplares fueron clasificados por sexo, los machos se distinguen por la presencia del apéndice masculino en el segundo par de pleópodos (Figura 1), mientras que las hembras carecen del mismo. Se registró también la temporada reproductiva al observar en las hembras la presencia de huevecillos en la región abdominal. Con un vernier digital (precisión 0.01 mm) se realizaron las siguientes medidas a los machos adultos: longitud total (tomada desde la punta del rostro hasta el extremo distal del telson); longitud del mero, carpo, palma (largo y alto) y dactilo del segundo par de pereiópodos grande (Figura 6). Las mediciones de los artejos se procesaron para hacer las comparaciones por medio de un Análisis de Funciones Discriminantes con retención completa y distancias euclidianas, utilizando para ello el programa STATISTICA™ (v. 6.0).

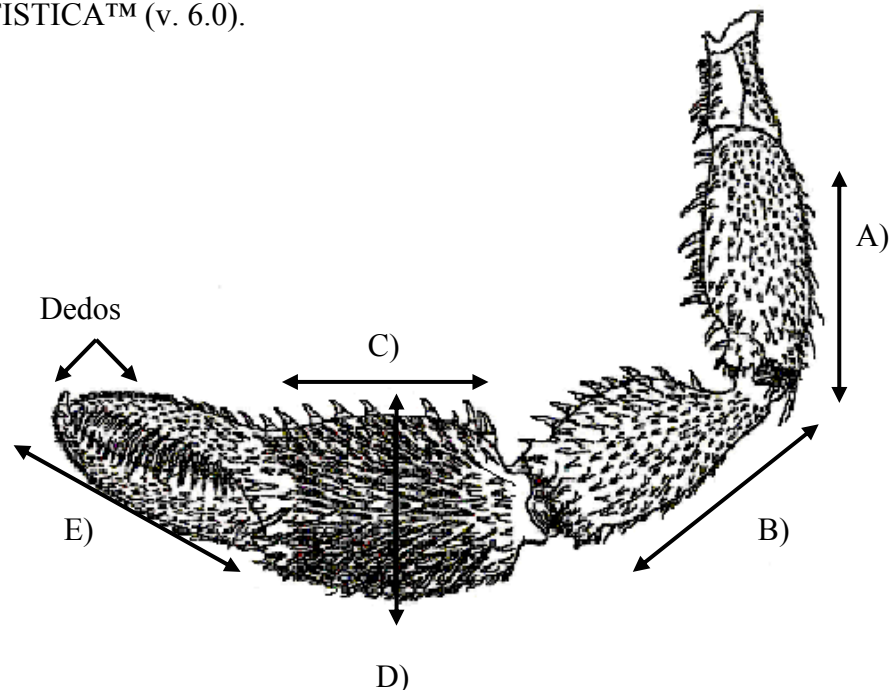


Figura 6. Distancias morfométricas realizadas en el segundo pereiópodo grande de los machos adultos de los langostinos. A) Longitud del mero, B) longitud del carpo, C) longitud de la palma, D) altura de la palma y E) longitud del dactilo (modificada de Holthuis, 1952).

La determinación de los langostinos se hizo identificándolos morfológicamente con ayuda de las claves para especies de *Macrobrachium* propuestas por Holthuis (1952) y Wicksten (1989), así como las descripciones originales de las especies. La mayoría de los especímenes estudiados se depositaron en la colección de crustáceos del CIBNOR (CIB). Material adicional de *Macrobrachium* fue recolectado en el estado de Nayarit para fines comparativos, así mismo, se revisaron especímenes depositados en la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología de la UNAM, México DF. (CNCR), Colección de Crustáceos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Mazatlán (EMU); Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias, Colección de Crustáceos (UABC); y la colección de crustáceos del Museo Nacional de Historia Natural, Paris (MNHN).

La información que se obtuvo de estas revisiones se presenta en los resultados en forma de catálogo de la siguiente manera:

- 1) Nombre de la especie, con autor y año
- 2) Sinonimia, restringida a los nombres usados para las especies en México (para una sinonimia más completa véase Holthuis (1952))
- 3) Localidad tipo
- 4) Diagnósis
- 5) Distribución en la península de Baja California, incluyendo datos de los parámetros físicos y químicos del cuerpo de agua y co-ocurrencia con otros congéneres
- 6) Distribución en México (siguiendo un orden Norte-Sur)
- 7) Distribución general
- 8) Observaciones

9) Material examinado, indicando el país, estado, sitio, fecha de recolecta, recolector, número de catálogo, y número de machos y hembras con su longitud total (cuando el ejemplar estaba completo)

10) Material de colecciones, indicando la colección de referencia de cada ejemplar revisado.

La terminología que se utiliza para la caracterización de los crustáceos decápodos debe ser el punto de inicio para quienes se interesan por estudiar a este grupo. De esta manera será posible manejar las claves dicotómicas que permitirán reconocer a las diferentes especies. La nomenclatura de los diferentes rasgos morfológicos utilizados en las diagnósis fue basada en McLaughlin (1980). Los términos adicionales utilizados (Figuras 3 y 6), se definen a continuación:

Dedo fijo: Proyección no articulada del propodio (mano o palma) del quelípodo.

Dedos arqueados: Dedos en los cuales los bordes cortantes del dactilo y del dedo fijo están arqueados, de tal forma que cuando la quela cierra hay un espacio claro entre ellos.

Dedos rectos: Dedos en los cuales los bordes cortantes del dactilo y del dedo fijo son rectos de tal manera que cuando la quela cierra no se forma un hueco entre ellos.

Espina: Proceso agudo de la superficie del cuerpo, encontrado principalmente en el cefalotórax, pereiópodos, quelas y telson.

Espínulas: Pequeñas espinas delgadas sobre la superficie del cuerpo, encontradas principalmente en los pereiópodos y quelas.

Tubérculo: Pequeña prominencia redondeada sobre la superficie del cuerpo encontrada principalmente en los pereiópodos y quelas.

Pubescencia: Pequeñas y numerosas estructuras como setas.

Dientes: Como los describió McLaughlin (1980), pero además como protuberancias conspicuas encontradas principalmente a lo largo de los bordes cortantes de los dedos de las quelas.

Dentículos: dientes pequeños que se encuentran principalmente en los bordes cortantes de los dedos de las quelas.

Quelas desiguales: las quelas izquierda y derecha son de diferente forma y/o tamaño (= heteroquela).

Quelas subiguales: Ambas quelas son de forma y tamaño similar (= isoquela).

2.4. ANÁLISIS MOLECULAR

Un fragmento de tejido muscular (aproximadamente 0.1g) tomado del quinto segmento abdominal se colocó en tubos Eppendorf con alcohol al 80%. Para la extracción del ADN se utilizaron los reactivos del equipo Pure Gene (Gentra ©) y se procedió de acuerdo al protocolo que se muestra en el Anexo I.

La amplificación de un fragmento del gen 16S fue realizada utilizando los iniciadores propuestos por Palumbi *et al.* (1991) y siguiendo el protocolo descrito en el Anexo II.

Los análisis filogenéticos estiman las relaciones entre genes o fragmentos de genes, para ello se requiere que los sitios a comparar sean homólogos y estén alineados (Vandamme, 2003). En el presente trabajo, las secuencias fueron alineadas manualmente con el programa ESSE3 (Cabot, 1988) y el alineamiento se confirmó con los programas

CLUSTAL X (Thompson *et al.*, 1997) y DNAMAN (Lynnon © v. 4.15). Una vez alineadas las secuencias y recortadas del mismo tamaño, se procedió a la caracterización de los haplotipos mediante el programa DNASP (Rozas *et al.*, 2003 v 4.10.9). La búsqueda del mejor modelo evolutivo de sustitución de nucleótidos se hizo con el programa Modeltest (Posada y Crandall, 1998 v. 3.6) utilizando el criterio de Akaike (AIC). La distancia genética fue determinada con los programas MEGA (Kumar *et al.*, 2001 v. 2.1) por el método de Kimura2; DNAMAN por el método de Nei; y PAUP (Swofford, 2003 v. 4.0) por máxima verosimilitud (ML). Las relaciones filogenéticas se establecieron mediante el uso del programa PAUP, considerando los algoritmos de vecino más cercano (NJ), máxima parsimonia (MP) y máxima verosimilitud (ML). Para los dos últimos métodos se utilizó la búsqueda heurística y re-muestreo con 2500 repeticiones para determinar la confiabilidad de las ramas de los árboles. Enseguida se valoraron los árboles con el Programa Mr. Bayes (v. 3.1.1) para dar soporte estadístico. En la reconstrucción filogenética, se emplearon secuencias de otras especies de la familia Palaemonidae como grupo externo, las cuales fueron tomadas del GenBank.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1. SITIOS MUESTREADOS

Además de las 32 localidades propuestas por Ruiz-Campos *et al.* (2003), se pudieron realizar muestreos en 51 sitios adicionales a lo largo de la península (Figura 7 y Anexo III). Solamente en 35 cuerpos de agua se registraron langostinos del género *Macrobrachium* y todos ellos en el Estado de Baja California Sur (Tabla II). En contraste con lo que se conocía, el 74% de las localidades con langostinos se ubican en la vertiente Pacífico de la península. Es interesante señalar que cerca del 90% de los sitios muestreados presentan un grado de perturbación antropogénica ya sea por explotación del acuífero, o bien por la introducción de especies exóticas, principalmente peces.

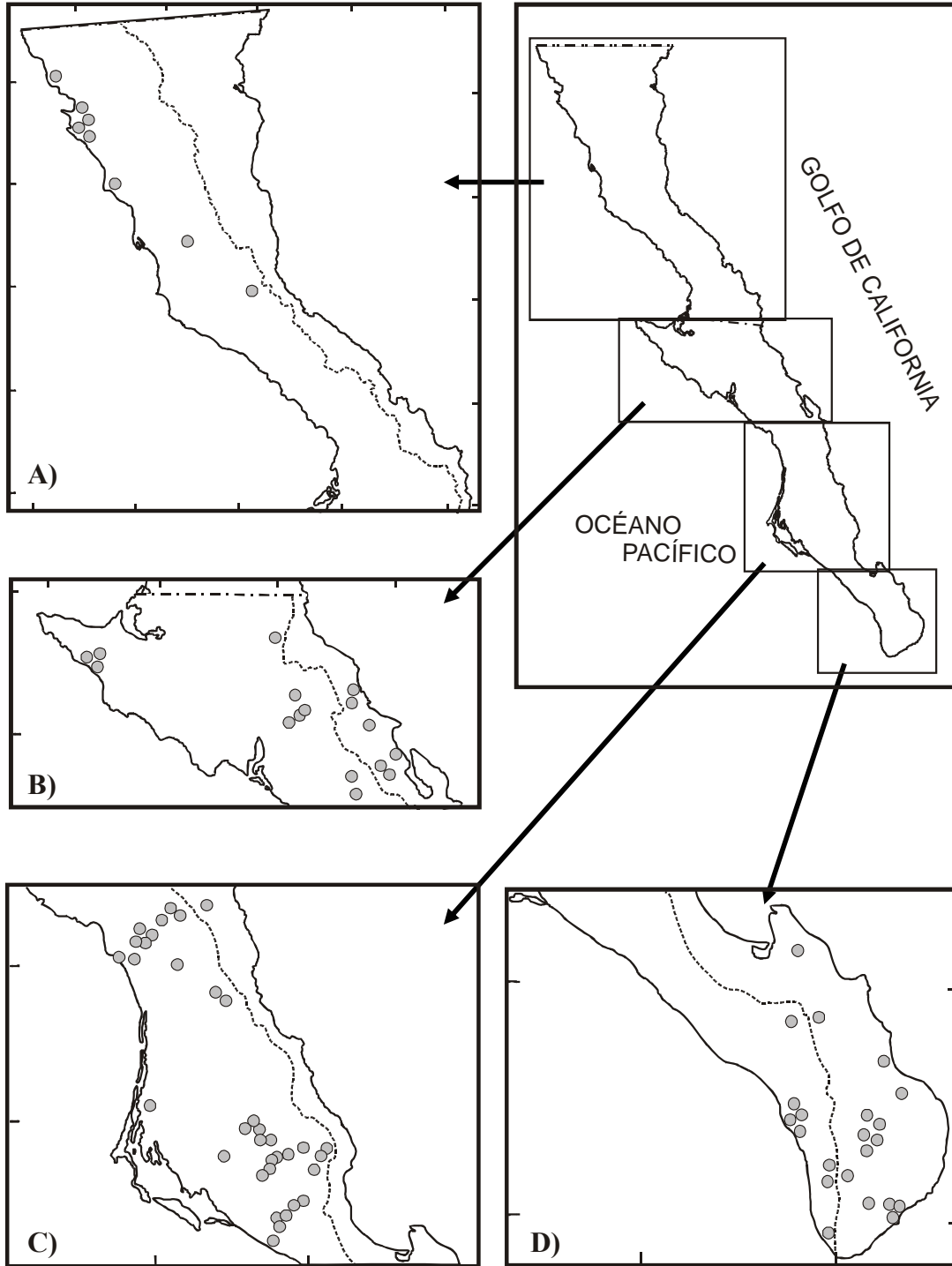


Figura 7. Sitios muestreados en la península de Baja California. A) Región de Ensenada, B) El Vizcaíno, C) La Purísima- Las Pocitas y D) La Paz- Los Cabos. La línea interrumpida indica en todos los recuadros el parteaguas transpeninsular.

Tabla II. Localidades con presencia de langostinos del género *Macrobrachium* en Baja California Sur.

Vertiente Pacífico	Localidad	Latitud Longitud	Especies registradas	
Cuenca	Ojo de Agua	26° 19' 36" 111° 58' 40"	<i>M. hobbsi</i> , <i>M. olfersii</i>	
La Purísima	San Isidro	26° 14' 20" 112° 08' 04"	<i>M. hobbsi</i>	
	La Purísima	26° 10' 58" 112° 05' 18"	<i>M. hobbsi</i>	
	Camino a San Juanico	26° 09' 32" 112° 07' 42"	<i>M. hobbsi</i>	
Cuenca Santo Domingo	San Javier	25° 52' 07" 111° 32' 49"	<i>M. olfersii</i>	
Cuenca	San Pedro de la Presa	24° 50' 43" 110° 59' 32"	<i>M. hobbsi</i>	
Santa Rita	Presa de Guadalupe	24° 51' 00" 111° 01' 17"	<i>M. americanum</i> , <i>M. hobbsi</i>	
	Rancho San Basilio	24° 50' 13" 111° 04' 37"	<i>M. hobbsi</i> , <i>M. michoacanus</i>	
	Rancho Las Paredes	24° 49' 55.3" 110° 48' 25"	<i>M. americanum</i> , <i>M. hobbsi</i>	
	Rancho San Juanito	24° 49' 40" 111° 06' 19"	<i>M. americanum</i> , <i>M. olfersii</i>	
	Rancho Nuevo	24° 48' 58" 111° 07' 33"	<i>M. americanum</i> , <i>M. olfersii</i>	
	Rancho Pozas	24° 48' 25" 111° 09' 03"	<i>M. americanum</i> , <i>M. hobbsi</i> , <i>M. olfersii</i> , <i>M. tenellum</i>	
	Rancho Merecuaco	24° 46' 55" 111° 09' 02"	<i>M. hobbsi</i> , <i>M. michoacanus</i>	
Cuenca	Paso Iritú	111° 09' 02"		
Las Pocitas	Rancho Las Cuevas	24° 49' 00" 110° 52' 48"	<i>M. americanum</i> , <i>M. tenellum</i> , <i>M. michoacanus</i>	
	Corral de Piedra	24° 44' 16" 110° 56' 00"	<i>M. americanum</i> , <i>M. tenellum</i>	
	Rancho El Caracol	24° 31' 22" 111° 00' 08"	<i>M. americanum</i> , <i>M. hobbsi</i> , <i>M. tenellum</i>	
	Poza de La Matanza	24° 28' 47" 111° 03' 41"	<i>M. americanum</i>	
	Poza El Colorado	24° 24' 08" 111° 06' 10"	<i>M. hobbsi</i>	
	Poza El Cardalito	24° 23' 23" 111° 07' 02"	<i>M. michoacanus</i> , <i>M. olfersii</i>	
	Poza Santa Fe	24° 16' 44" 111° 14' 01"	<i>M. americanum</i>	
	Cuenca	Todos Santos (2)	23° 28' 36" 110° 12' 41"	<i>M. americanum</i>

Todos Santos	Todos Santos	23° 27' 00" 110° 13' 00"	<i>M. americanum, M. olfersii</i>
	La Poza	23° 26' 13" 110° 14' 17"	<i>M. americanum, M. tenellum</i>
	Oasis San Pedrito	23° 23' 28" 110° 12' 40"	<i>M. olfersii, M. tenellum</i>
Cuenca Plutarco Elías Calles	Arroyo	23° 17' 00"	<i>M. americanum, M. digueti,</i>
	Los Potreros	110° 01' 00"	<i>M. hobbsi, M. michoacanus</i>
	San Pedro	23° 14' 34"	<i>M. hobbsi, M. olfersii</i>
	de la Soledad	109° 59' 29"	
<hr/>			
Vertiente Golfo de California			
<hr/>			
Cuenca Mulegé	Oasis de Mulegé	26° 53' 00" 111° 57' 00"	<i>M. americanum, M. hobbsi</i> <i>M. tenellum</i>
	Cuenca Alfredo V. Bonfil	Poza El Mechudo	24° 42' 18" 110° 41' 40"
Cuenca El Coyote	Las Vinoramas	24° 11' 00" 110° 11' 00"	<i>M. americanum</i>
Cuenca San Bartolo	Agua Caliente	23° 26' 00" 109° 47' 00"	<i>M. americanum</i>
Cuenca	Arroyo Santiago	23° 25' 10" 109° 46' 11"	<i>M. michoacanus</i>
Santiago	Arroyo Boca de la Sierra	23° 23' 10" 109° 49' 11"	<i>M. digueti, M. hobbsi</i>
Cuenca	Rancho San Antonio	23° 19' 53" 109° 50' 21"	<i>M. americanum</i>
San José del Cabo	Arroyo San José	23° 03' 42" 109° 41' 02"	<i>M. olfersii,</i>
	Poza de Santa Rosa	23° 03' 32" 109° 41' 28"	<i>M. americanum, M. olfersii</i> <i>M. tenellum,</i>
	Estero San José del Cabo	23° 03' 13" 109° 40' 33"	<i>M. americanum, M. tenellum</i>

3.2. ESPECIES REGISTRADAS

En cuanto al número de especies se refiere, se lograron identificar seis formas de langostinos, con lo cual se adicionan tres especies para la península de Baja California. La descripción de los taxa aquí estudiados se presenta siguiendo un orden sistemático basado en Martin y Davis (2001). Con esa información, se realizó una clave de identificación de langostinos para las especies del noroeste de México (página 56).

Subfilum: Crustacea Brünnich, 1772

Clase: Malacostraca Latreille, 1802

Subclase: Eumalacostraca Grobben, 1892

Orden: Decapoda Latreille, 1802

Suborden: Pleocyemata Burkenroad, 1963

Infraorden: Caridea Dana, 1852

Familia: Palaemonidae Rafinesque, 1815

Género: *Macrobrachium* Bate, 1868

Macrobrachium americanum Bate, 1868

(Figura 8)

Sinonimia: *Macrobrachium americanum* Bate, 1868; *Palaemon jamaicensis* Smith, 1871; Bouvier, 1895; Boone, 1931; *Macrobrachium jamaicense* Schmitt, 1933; *Macrobrachium americanum* Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Wicksten, 1983; Ríos, 1989; Wicksten, 1989; Hendrickx, 1994; Álvarez *et al.*, 1996; Wicksten y Hendrickx, 1992; 2003.

Localidad tipo: Lago Amatitlán, Guatemala (Bate, 1868).

Diagnosis: Rostro fuerte y arqueado en el margen de la órbita que alcanza el final del pedúnculo antenular. En el margen superior con 10 a 12 dientes, de los cuales tres o cuatro están colocados por detrás del margen orbital; borde ventral presenta con dos a cuatro dientes. Segundo par de pereiópodos simétricos, subiguales en forma y tamaño, con espinas en todos los artejos. El carpo es casi el doble de largo que alto y más corto que el mero. La palma es alargada, los dedos forman un hueco al cerrar y son ligeramente más cortos que la palma. Un diente fuerte en la parte media del dactilo y otro en el primer tercio del dedo fijo (alternados) con 2 a 4 pequeños dentículos proximales.

Distribución en la península: Es la especie más común en la Península; se encontró en 16 de los 35 sitios con langostinos y se distribuye tanto en la vertiente del Golfo de California (desde la cuenca de Mulegé hasta la de San José Cabo) como en la del Pacífico (desde la cuenca de Santa Rita hasta la de Plutarco Elías Calles). Previamente había sido reportada en Mulegé, La Paz y Los Cabos (Bouvier, 1895; Holthuis, 1952; Ríos, 1989). Los hábitat en donde se recolectaron ejemplares fueron de tipo lótico (arroyos) y léntico (pozas) con intervalos de temperatura de 23 a 39°C, pH de 6.7 a 8.3 y sólidos disueltos totales de 0.34 a 1.5 g/L. En varios sitios se encontró en co-ocurrencia con algunas de las otras cuatro especies del género (Tabla II).

Distribución en México: Sonora: Guaymas (Holthuis, 1952), Río Yaqui, Río Mayo, Sinaloa: Río El Fuerte, Río Presidio (Rodríguez de la Cruz, 1968); El Rosario, (Hendrickx, 1994); B.C.S: (ver arriba); Sinaloa: Río Presidio y Río Quelite; Nayarit: Islas María Magdalena y María Cleofas; Jalisco: Río Santiago y Río Ameca; Colima: Río Armeria. Guerrero: bahía Petatlán (Holthuis, 1952).

Distribución general: Desde el Golfo de California hasta el Río Chira, Perú e Islas Galápagos (Wicksten y Hendrickx, 2003).

Comentarios: Esta especie es una de las que alcanza las tallas más grandes entre los *Macrobrachium* y por ello presenta importancia económica en países como México, Guatemala, El Salvador y Costa Rica (Álvarez-Ruiz *et al.*, 1996). Su talla facilita identificarlo de las otras especies. Sin embargo, los ejemplares pequeños frecuentemente se confunden con *M. hobbsi* ó *M. occidentale* (Holthuis), pero se debe observar la forma del segundo par de quelas que en *M. americanum* son subiguales, y el tamaño del carpo como se describió anteriormente. En este trabajo se incrementó a 13 las localidades de la especie, además de extender su distribución hacia sitios de la vertiente Pacífico de la península. Es también una de las especies más frecuentes entre los sitios visitados.

Material examinado: Recolectado en este trabajo: B.C.S.: Mulegé, 28 Feb 2004, 1 hembra, Presa de Guadalupe, 2 ejemplares, Las Paredes, 30 May 2004, 1 macho (139.5 mm Lt), San Juanito Nuevo, 20 Sep 2004, 1 ejemplar, Las Cuevas, 30 May 2004, 2 machos, Tres Pozas, 30 May 2004, 2 machos (134 y 246 mm Lt), Merecuaco, 15 May 1998, 1 macho (115 mm Lt), Corral de Piedra, 29 May 2004, 1 macho (121.3 mm Lt), El Caracol, 29 May 2004, 1 macho (151.1 mm Lt) y 1 hembra (151 mm Lt), Poza de La Matanza, 29 May 2004, 1 macho (152 mm Lt), Santa Fe, 26 Feb 2004, 1 ejemplar, Las Vinoramas, 21 Nov 2003, 1 hembra (59.2 mm Lt), 03 Dic 2003 2 machos (63 y 69.8 mm Lt), Todos Santos, 26 Feb 2004, 1 macho (145 mm Lt), 26 Nov 2004, 1 macho (23.4 mm Lt), La Poza, 09 Jul 2005, 1 hembra (59.1 mm Lt), Agua Caliente, 13 Dic 2003, 1 hembra (70 mm Lt), 20 Feb 2007, 1 hembra (285 mm Lt), Rancho San Antonio, 08 Sep 2004, 1 hembra (129.4 mm Lt), Los Potreros, 06 Oct 2002, 1 hembra (144.5 mm Lt ovígera), 24

Jul 2003, 2 hembras ovígeras (109.6 y 112 mm Lt), Poza de Santa Rosa, 14 Dic 2003, 2 hembras (131.7 y 68 mm Lt), Estero San José del Cabo, 26 Nov 2004, 1 ejemplar. Nayarit: Jalcocotán, 13 Sep 2003, 5 machos (entre 104 y 185.5 mm Lt), 1 hembra (118 mm Lt) y 1 ovígera (132.9 mm Lt).

Material de colecciones: Sinaloa: 3 ejemplares sin datos EMU 0268, Mazatlán, 10 Sep 1973, 3 ejemplares CNCR 199; Nayarit: Río Santiago, 07 Jul 1991, 1 ejemplar CNCR 11499; Jalisco: Puerto Vallarta, 17 Sep 1973, 1 ejemplar CNCR 202, Chamela, 31 Ago 1992, 1 ejemplar CNCR 1619; Colima: Río Armeria, 12 Sep 1973, 2 ejemplares CNCR 200; Michoacán: La Villita, 28 Sep 1973, 2 ejemplares CNCR 205, La Villita, 1 macho (190 mm Lt) CNCR 13685; Guerrero: Río Murga, 08 May 1984, 5 juveniles CNCR 2624, 21 May 1984, 3 ejemplares CNCR 2663, 23 Sep 1986, 2 machos (118.4 y 95 mm Lt), 1 hembra (ovígera) CNCR 3116; Oaxaca: Valdeflores, 24 May 1961, 1 ejemplar CNCR 198, Salina Cruz, 11 Sep 1973, 1 ejemplar CNCR 201, Tuxtepec, 13 Sep 1973, 4 ejemplares CNCR 204, presa Mixtequita, 21 Dic 1995, 2 ejemplares CNCR 208; Chiapas: presa Mal Paso, 12 Sep 1973, 4 ejemplares CNCR 203, El Naranjo, 06 Sep 2002, 1 macho CNCR 22021 (69.8 mm Lt).

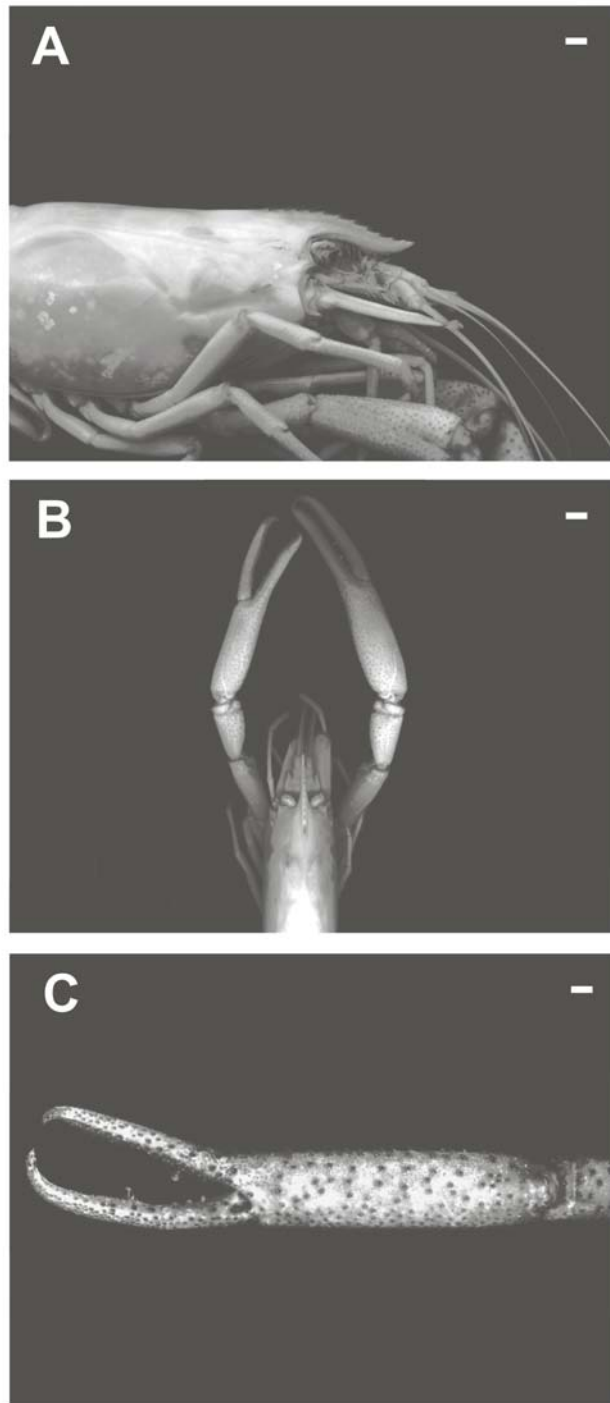


Figura 8. *Macrobrachium americanum* Bate, 1868 proveniente de Los Potreros (CIB-814). A) Vista lateral del caparazón, B) vista dorsal del caparazón y C) detalle de la quela. La barra representa 10 mm en todos los casos.

Macrobrachium digueti (Bouvier, 1895)

(Figura 9)

Sinonimia: *Palaemon Digueti* [sic] Bouvier, 1895; *Macrobrachium digueti* Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Wicksten, 1983; Ríos, 1989; Wicksten, 1989; Hendrickx, 1994; Wicksten y Hendrickx, 1992; Wicksten y Hendrickx, 2003. *Macrobrachium acanthochirus* Villalobos, 1967; 1968; Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Wicksten, 1989; Wicksten y Hendrickx, 1992; Román-Contreras *et al.*, 2000; Wicksten y Hendrickx, 2003.

Localidad tipo: Río Mulegé, B.C.S.

Diagnos: Rostro recto, en su parte distal llega hasta el final del pedúnculo antenular; presenta de 14 a 16 dientes en el margen dorsal, de los cuales seis están por detrás del margen orbital; tres a cinco dientes en la parte ventral. El segundo par de pereiópodos presenta las segundas quelas desiguales en forma y tamaño; la mayor con ornamentaciones espinosas sobre la palma y carece de pubescencia ó setas. El carpo y el mero son globosos, la palma es cuadrada (tan alta como larga) y el dáctilo es 1.3 veces más largo que la palma. Presenta dedos huecos y en los bordes cortantes no presentan más de cuatro dientes, los cuales siempre están colocados cerca del borde proximal.

Distribución en la península: Esta especie es nativa del oasis de Mulegé, y se ha recolectado también en el estero de San José del Cabo; sin embargo desde el registro de Holthuis (1952) hasta la fecha no se han recolectado ejemplares en su localidad tipo. Los registros que enseguida damos son nuevas localidades, pero tampoco tenemos ejemplares de Mulegé. Tanto en las colecciones nacionales como en Paris, (donde está depositado el material tipo) los ejemplares están incompletos. Históricamente se han registrado

ejemplares en Mulegé, La Paz y Los Cabos (Holthuis, 1952), los registros de Boca de la Sierra y del Arroyo Los Potreros representan localidades nuevas en la vertiente del golfo de California y Pacífico, respectivamente. Esta especie se encontró en co-ocurrencia con otras tres especies de langostinos en algunos sitios (Tabla II) y los parámetros del agua donde se recolectó fueron: temperatura (25 a 33.7°C), pH (7.8 a 8.8) y TDS (0.18 a 1.5 g/L).

Distribución en México: Sonora: Río Yaqui y Río Mayo (Rodríguez de la Cruz, 1968); Sinaloa: Río Baluarte, Laguna Caimanero; Guerrero: Acapulco (Holthuis, 1952; Hendrickx, 1994; Wicksten y Hendrickx, 2003).

Distribución general: Del Golfo de California a Perú (Wicksten, 1989; Wicksten y Hendrickx, 2003).

Comentarios: Esta especie fue reconocida como nueva para la ciencia a partir de un lote de langostinos tomados del oasis de Mulegé (Bouvier, 1895). En el presente estudio no se recolectaron ejemplares en esa localidad, y en general es baja su abundancia a lo largo de su distribución por el Pacífico tropical. Ahora, se registró en dos localidades al sur de la península. No existe material reciente de la localidad tipo en las colecciones (al menos desde hace 60 años), por lo que se puede pensar en su extirpación en la localidad tipo. Debido a la falta de representatividad de esta especie en las colecciones, su identidad fue confusa. Holthuis (1952) mostró figuras de *M. digueti* denotando la presencia de pubescencia sobre la palma y en los bordes cortantes, además de varios dientes a lo largo de los bordes cortantes. El esquema de Bouvier no muestra lo anteriormente citado, por lo que de acuerdo con Villalobos (1968), probablemente *M. digueti* de Holthuis (1952 *sensu*

strictus) no es el mismo que el descrito por Bouvier. Holthuis (1952) describió los segundos pereiópodos de *M. digueti* como sigue:

“Las segundas patas son desiguales en forma y tamaño en los machos adultos. Los dedos de la quela grande son tan largos como la palma, son curvados y huecos. Los bordes cortantes de ambos dedos tienen en la parte proximal un diente grande, a un lado del cual hay 1 o 2 más pequeños. Los bordes cortantes están provistos de 9 a 12 a lo largo de los dedos como en M. olfersii. Grupos de setas se presentan a lo largo de los bordes cortantes. El resto de los dedos están desnudos y densamente cubiertos de espinas. La palma presenta una distintiva densa pubescencia en cada una de las superficies laterales”.

Estas características no corresponden con las que mencionó Bouvier (1895):

“su pinza grande es más corta, más alta y completamente desprovista de setas entre los dedos, finalmente no observamos más los pelos largos sobre la cara externa de la pinza y las espinas de la fase interna son más numerosas que las de P. spinimanus y más irregularmente dispuestas”.

El material tipo depositado en la colección del Museo de Historia Natural de Paris, etiquetado como sintipo de *P. digueti*, Mulegé 1895 contiene 16 ejemplares en su mayoría incompletos. Solamente una quela suelta es semejante a la ilustración de Bouvier, el resto de los ejemplares fueron determinados como *M. hobbsi*.

Villalobos (1967) describió a *M. acanthochirus* con base en dos lotes de ejemplares provenientes de Tecomán, Colima y de Valdeflores, Oaxaca. Un año después, al abordar los problemas taxonómicos del “grupo *olfersii*”, Villalobos (1968) mencionó que podría ser dudosa la determinación de *M. acanthochirus*, pues mostraba un gran

parecido con *M. digueti*, incluso propuso que la primer especie fuera asignada como subespecie de la segunda. Después de revisar el material de la colección Nacional de Crustáceos, etiquetado como holotipo de *M. acanthochirus*, se propone que sea considerado un sinónimo de *M. digueti*.

Material examinado: Recolectado en este trabajo: B.C.S.: Los Potreros, 06 Oct 2002, 1 macho (79.4 mm Lt) y 1 hembra (81.3 mm Lt), Boca de la Sierra, 08 Sep 2004, 2 machos (78.6 y 70 mm Lt); Nayarit: Río Ameca, 6 Sep 2003, 2 machos (83 y 84.1 mm Lt), 3 hembras ovígeras (63.3 a 70.6 mm Lt).

Material de colecciones: B.C.S.: Mulegé, 1895 sintipo una quela MNHN 1235; -sin fecha- 4 ejemplares CNCR 10619, San José del Cabo, 19 Sep 1946, 1 macho (77 mm Lt) CNCR 235, 10 Sep 1946, 3 ejemplares CNCR 236; Sinaloa: Río Baluarte, 3 hembras (de 62 a 74 mm Lt) EMU 0840; Jalisco: Cuitzmala, 20 Feb 1984, 9 ejemplares (entre 40 y 87 mm Lt) CNCR 3121; Colima: Tecomán 18 Ene 1943 1 macho (62 mm Lt) CNCR 328 etiquetados como *M. acanthochirus*, Puerto Juárez, 23 Jun 1986, 1 hembra CNCR 20804; Michoacán: Mexcaltitán, 31 Jul 1984, 12 machos, Río Murga, 28 Jul 1984, 1 ejemplar CNCR 3538, La Villita, 15 Dic 1994, 2 ejemplares CNCR 12986; Oaxaca: Río Valdeflores 25 May 1962 2 ejemplares CNCR 331 etiquetados como *M. acanthochirus*.

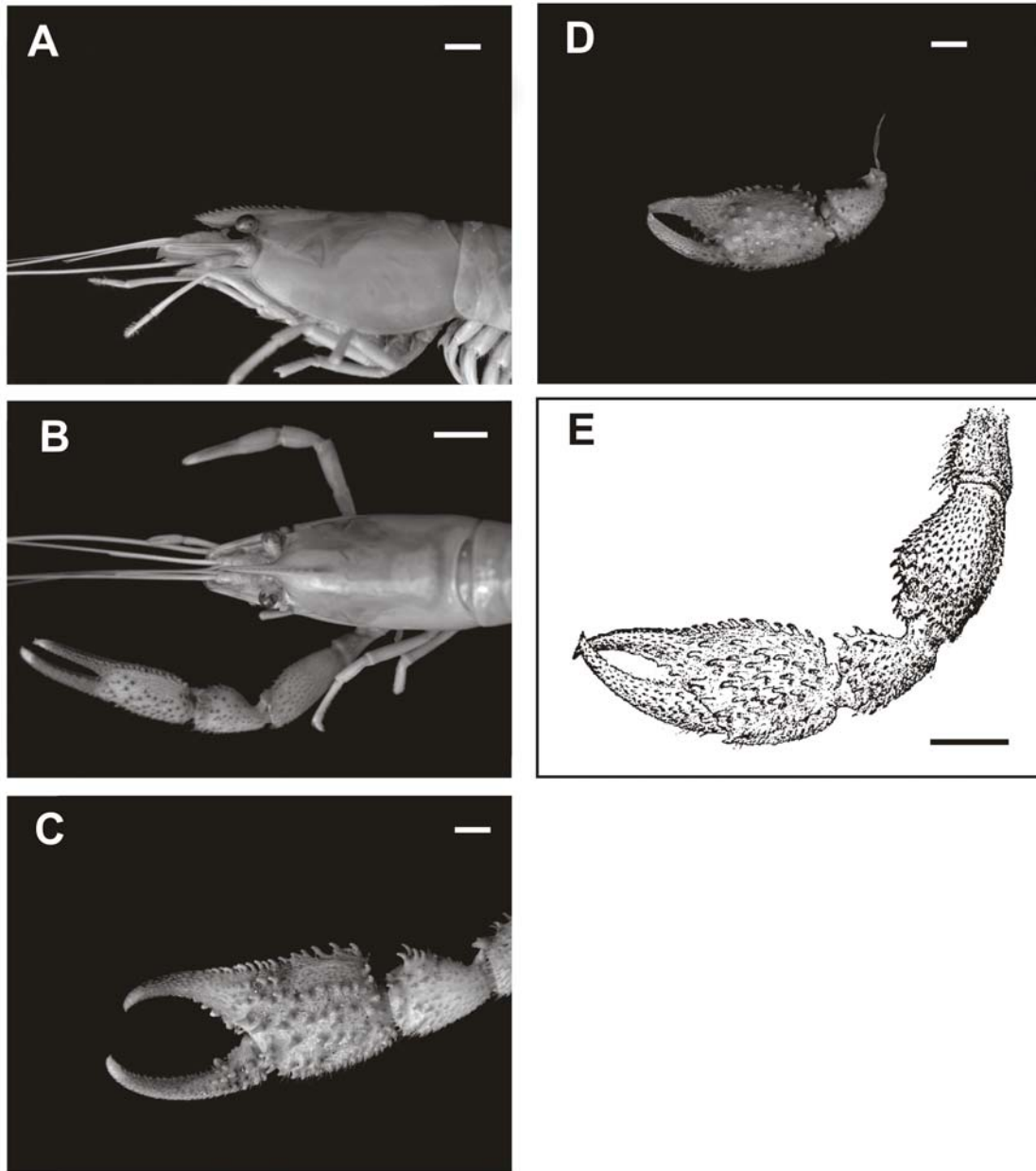


Figura 9. *Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895) proveniente de Boca de la Sierra (CIB-801. A) Vista lateral del caparazón, B) vista dorsal del caparazón, C) detalle de la quela, D) quela del material tipo del Museo Nacional de Historia Natural de Paris (sintipo) y E) quela según Bouvier, 1895. La barra representa 10 mm en todos los casos.

Macrobrachium hobbsi Villalobos-Hiriart y Nates, 1990

(Figura 10)

Sinonimia: *Macrobrachium hobbsi* Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Wicksten y Hendrickx, 2003.

Localidad tipo: Río El Naranjo, Chiapas.

Diagnos: En general son ejemplares de talla pequeña, el rostro es recto y alcanza el final del pedúnculo antenular, en el margen dorsal presenta de 13 a 16 dientes de los cuales 4 a 6 están colocados detrás del margen de la órbita, en el margen ventral tiene de 3 a 4 dientes. El segundo par de pereiópodos presenta quelas asimétricas, la quela mayor presenta el carpo más corto que la palma e igual que el mero. En la palma se aprecian pequeñas espínulas cubiertas por pubescencia. La palma es cerca de dos veces más larga que alta y los dedos presentan bordes cortantes rectos.

Distribución en la península: Con el presente trabajo, esta especie tiene los primeros registros en la península. Fue una especie con amplia distribución principalmente en la vertiente Pacífico desde la cuenca de La Purísima hasta la cuenca Plutarco Elías Calles. Se encontró en aguas con temperaturas entre 22 y 32.5°C, pH de 6.7 a 8.9 y SDT de 0.3 a 1.1 g/L. Debido a su amplia distribución, se encontró en co-ocurrencia con las otras cinco especies (Tabla II).

Distribución en México: Esta especie es endémica de México con distribución anfiamericana, por la vertiente del Pacífico se ha registrado en Guerrero: Río Murga; Oaxaca: Río Astuta; Chiapas: Río Lagartero, Arroyo Ocuilapa, Río Cintalapa y Río Chacamax. Por la vertiente del Atlántico se registró en Veracruz: Río La Palma (Villalobos-Hiriart y Nates, 1990).

Comentarios: Los ejemplares grandes se parecen a *M. olfersii* de tallas semejantes. Una característica importante para distinguirlos es el espacio entre los bordes cortantes de la segunda quela grande. Se puede diferenciar de *M. michoacanus* por la presencia de pubescencia en la quela mayor. Por la vertiente del Golfo de California, se registró en Mulegé y Boca de la Sierra.

Material examinado: Recolectado en este trabajo: B.C.S.: Mulegé, Nov. 2004, 3 ejemplares, Ojo de Agua, 14 Jul 2004, 3 machos (entre 64.4 y 79.3 mm Lt) y 1 hembra ovígera (61.5 mm Lt), San Isidro, 15 Jul 2004, 5 machos (entre 49.3 y 69.8 mm Lt) y 4 ejemplares, Camino a San Juanico 1 macho (53 mm Lt), San Pedro de la Presa, 30 May 2004, 3 hembras (entre 53.5 t 68.4 mm Lt) y 8 ejemplares, Presa de Guadalupe, 6 ejemplares, San Basilio, 3 machos (entre 47 y 72.8 mm Lt) y otros 9 ejemplares, Las Paredes, 30 May 2004, 4 machos (entre 46.2 y 56 mm Lt) y 51 ejemplares juveniles y hembras, El Caracol, 29 May 2004, 3 machos (entre 50 y 63.2 mm Lt) y 7 ejemplares más, 14 Jul 2004, El Colorado, 02 Mar 2004, 1 macho (67.2 mm Lt) y 6 hembras, Los Potreros, 06 Oct 2002, 7 machos, 2 hembras (52.3 y 63.6 mm Lt), San Pedro de la Soledad, 25 Nov 2004, 1 hembra, Boca de la Sierra, 8 Sep 2004, 1 ejemplar. Nayarit: Los Salazares, 14 Ago 2003, 2 machos (65.2 y 66.8 mm Lt) y 4 hembras ovígeras.

Material de colecciones: B.C.S.: Mulegé, 1895, 16 ejemplares (entre 39.5 y 56.4 mm Lt) en el lotes de sintipos de *M. digueti*, Ojo de Agua, 1 Jul 2004, 4 machos (entre 59 y 68 mm Lt) y 9 hembras (entre 69 y 91mm Lt) UABC-009, La Purísima, 1 Jul 2004, 10 ejemplares (entre 56.2 y 73.2 mm Lt) UABC-008, San Isidro, 2 Jul 2004, 3 machos (entre 72.5 y 77.2 mm Lt) UABC-006, Mercecuaco, 16 May 1998, 7 ejemplares (entre 43.6 y 69.2 mm Lt) UABC-002, Paso Iritú, 3 machos (entre 42.1 y 52.1 mm Lt); Nayarit: Río

Huaynamota, 3 Jul 1991, 1 macho (69.2 mm Lt) CNCR 13357, Chiapas: Río Grande, 14 Feb 1985, 3 machos (entre 68.9 y 79.7 mm Lt) CNCR 5605, Río Urbina, 10 Jun 2002, 1 ejemplar CNCR 13335, El Naranjo, J.C. Nates, CNCR 2939 (Holotipo), 1 macho (67.5 mm Lt).

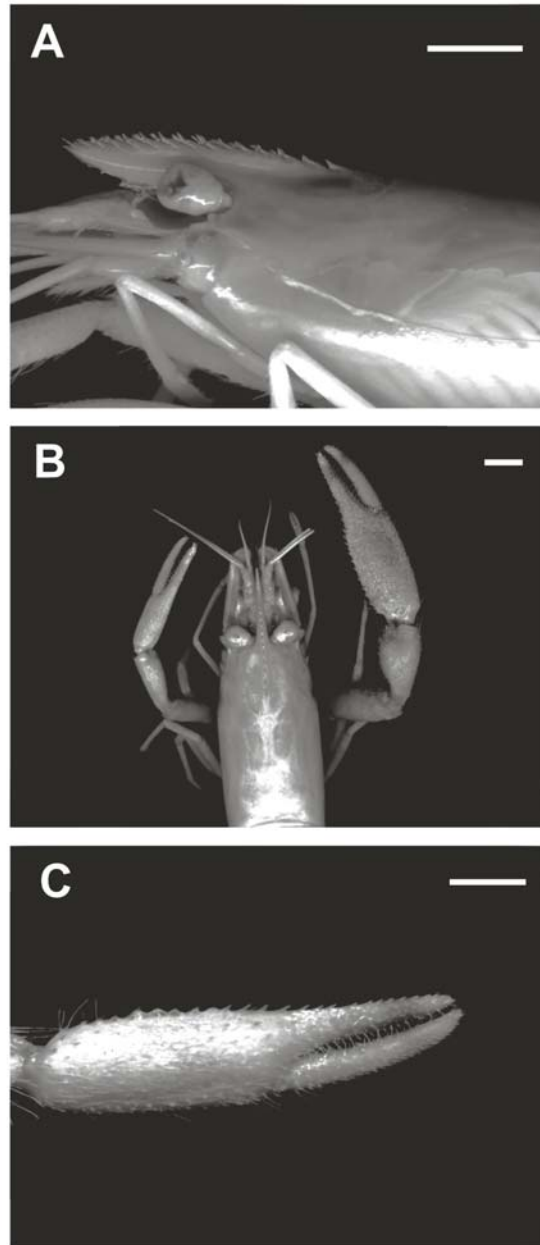


Figura 10. *Macrobrachium hobbsi* Villalobos-Hiriart y Nates, 1990 proveniente de Paso Irita (CIB-824). A) Vista lateral del caparazón, B) vista dorsal del caparazón, C) detalle de la quela. La barra representa 10 mm en todos los casos.

Macrobrachium michoacanus Villalobos-Hiriart y Nates, 1990

(Figura 11)

Sinonimia: *Macrobrachium michoacanus* Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993; Wicksten y Hendrickx, 2003.

Localidad tipo: Río Mexcalhuacán, Michoacán.

Diagnosis: Rostro recto que alcanza el último segmento del pedúnculo antenular, en el borde dorsal presenta 14 o 15 dientes de los cuales 5 o 6 están por detrás del margen orbital, en el borde ventral tiene de 3 a 4 dientes. El segundo par de pereiópodos presenta quelas desiguales en forma y tamaño. El mero es 1.5 veces más largo que el carpo. La palma presenta espinas distribuidas por la cara externa y una escasa pubescencia. La palma es menos de dos veces tan larga como alta. Los dedos tienen bordes cortantes rectos.

Distribución en la península: Con el presente trabajo se registra por primera vez en la península. Se encontraron ejemplares en las cuencas de la vertiente Pacífico en cuerpos de agua con temperaturas entre 22 y 31°C, pH de 7.4 a 9.3 y SDT de 0.7 a 3.56 g/L. Esta especie se encontró en co-ocurrencia con las otras cinco del género en diferentes sitios (Tabla II).

Distribución en México: Endémica de México, esta especie se ha registrado en Jalisco: Río Cuitzmala; Michoacán: presa Morelos, Río Chucatlán, Río Papoyutla; Guerrero: Río Murga, Río Aguas Blancas; Oaxaca: Río Valdeflores (Villalobos-Hiriart y Nates, 1990).

Comentarios: Solamente se había registrado desde Jalisco hasta Oaxaca, ahora se reporta para la vertiente del Pacífico de B.C.S. en las cuencas Plutarco Elías Calles y Las Pocitas.

Esta especie es muy semejante a *M. digueti* pero difiere en la forma de los bordes cortantes de la segunda quela grande, en *M. digueti* es hueco y en *M. michoacanus* es recto. Diferencias con *M. hobbsi* se aprecian en el arreglo de las espinas de la palma y la ausencia de pubescencia.

Material examinado: Recolectado en este trabajo: B.C.S.: Rancho Las Cuevas, 30 May 2004, 2 machos (57.9 y 74.2 mm Lt), El Cardalito, 19 Nov 2003, 1 hembra ovígera (59.4 mm Lt), Santiago, 19 May 2004, 2 machos (57 y 71 mm Lt) y 1 hembra (64 mm Lt), Los Potreros, 24 Jul 2003, 1 macho (45.6 mm Lt) y 2 ejemplares más.

Material de colecciones: B.C.S.: San Basilio, 15 May 1998, 5 machos (entre 51.5 y 75.2 mm Lt) y 2 hembras UABC-001, Paso Iritú, 16 May 1998, 9 machos (entre 39.7 y 70.3 mm Lt) y 13 hembras (entre 34 y 65 mm Lt) UABC-004, Jalisco: Chamela, 25 Jul 1998, 2 ejemplares, CNCR 191, 19 Jun 1991, 3 ejemplares CNCR 192, 12 Sep 1991, 1 ejemplar CNCR 196, Camino a Puerto Vallarta arroyo las Aletas, 17 Sep 1973, 1 ejemplar CNCR 195, 3 ejemplares CNCR 209; Guerrero: Río Salitrera, Zihuatanejo, 22 Jul 1987, 1 macho (17.1 mm Lt) y 1 hembra ovígera CNCR 13292; Oaxaca: Río Galván, 31 Mar 1995, 1 macho (84.7 mm Lt).

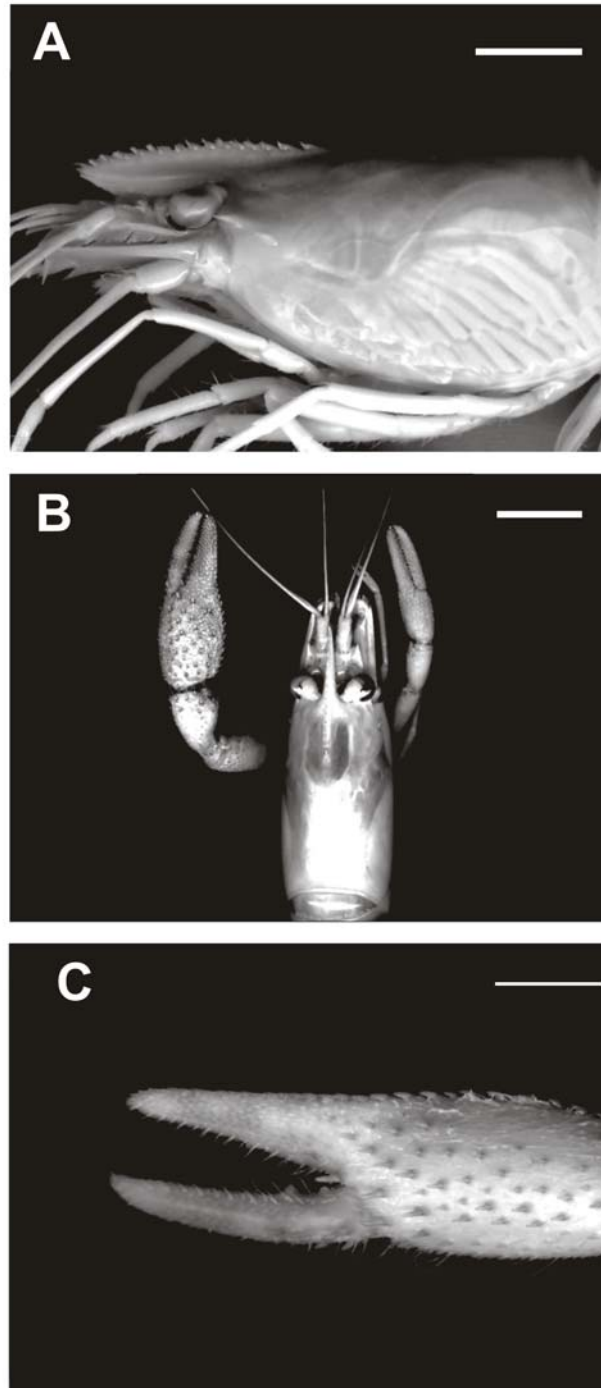


Figura 11. *Macrobrachium michoacanus* Villalobos-Hiriart y Nates, 1990 proveniente de Las Cuevas (CIB-829). A) Vista lateral del caparazón, B) vista dorsal del caparazón, C) detalle de la quela. La barra representa 10 mm en todos los casos.

Macrobrachium olfersii (Wiegmann, 1836)

(Figura 12)

Sinonimia: *Palaemon Olfersii* [sic] Wiegmann, 1836; *Macrobrachium olfersi* Holthuis, 1952; Villalobos, 1968; Wicksten y Hendrickx, 2003; *Macrobrachium olfersii* Schmitt, 1933; Villalobos, 1967; Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Hernández-Aguilera *et al.*, 1996.

Localidad tipo: Costa de Brasil.

Diagnosis: El rostro es recto y casi alcanza el final el tercer artejo del pedúnculo antenular. El margen dorsal presenta de 12 a 16 dientes, tres de los cuales están por detrás de la órbita, en el margen ventral hay de 1 a 4 dientes. Los segundos pereiópodos presentan quelas desiguales. En la quela grande el carpo es más corto que la palma y tan largo como el mero. La palma es casi 1.5 veces tan larga como alta, presenta setas y una densa pubescencia. El dácilo es ligeramente más corto que la palma; los bordes cortantes son huecos y presentan setas así como varios dentículos a todo lo largo.

Distribución en la península: Con el presente trabajo se registra por primera vez en la península, principalmente en la vertiente del Pacífico. Por el lado del Golfo de California, se registró en el extremo sur peninsular. Se encontró en co-ocurrencia con otras cuatro especies en cuerpos de agua con temperaturas de 19 a 35°C, pH de 8.1 a 8.4 y SDT de 0.26 a 0.61 g/L.

Distribución en México: Sinaloa: Río Baluarte; Nayarit: Río Santiago, Arroyo Bogadero; Michoacán: Mexcaltitán, Arroyo San Nicolás; Guerrero: Presa Morelos, Zihuatanejo; Oaxaca: Río Tehuantepec; Chiapas: El Naranjo (Wicksten y Hendrickx, 2003); Veracruz: Río Tamazunchale (Holthuis, 1952).

Distribución general: Desde el Río Baluarte, Sinaloa hasta El Naranjo, Chiapas (Wicksten y Hendrickx, 2003); por la vertiente del Atlántico desde San Agustín, Florida hasta Santa Catarina, Brasil (Wicksten y Hendrickx, 2003; Bowles *et al.*, 2000).

Comentarios: Anteriormente sólo conocido para la región del Atlántico, empero Wicksten y Hendrickx (2003) lo reportaron recientemente en el Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas En B.C.S. este taxon fue detectado en la vertiente del Pacifico desde la cuenca La Purísima hasta la cuenca Plutarco Elías Calles, así como en la vertiente del Golfo de California en la cuenca de San José del Cabo. Una de las características más conspicuas para distinguir *M. olfersii* de otros langostinos, fue señalada por Boone (1931) quién mencionó que la densa pubescencia sobre la palma es muy particular en esta especie.

Material examinado: Recolectado en este trabajo: B.C.S.: Ojo de Agua, 14 Jul 2002, 3 ejemplares, San Javier, 22 Sep 2004 1 ejemplar, San Juanito Nuevo, 23 Sep 2004, 1 macho (55 mm Lt), Tres Pozas, 23 Sep 2004, 6 machos (entre 61 y 69 mm Lt) y 24 ejemplares, El Cardalito, 19 Nov 2003, 8 machos (entre 40.6 y 52.6 mm Lt), El Mechudo, 3 ejemplares, Todos Santos, 26 Feb 2004, 1 macho (65.2 mm Lt) y 1 hembra ovígera (46.6 mm Lt), 26 Nov 2004, 1 macho (57 mm Lt) y 1 hembra ovígera (59 mm Lt), San Pedrito, 9 Jul 2005, 2 machos (27-31 mm Lt), Arroyo San José, 26 Nov 2004, 3 machos (entre 45 y 63 mm Lt), Poza de Santa Rosa, 14 Dic 2003, 5 machos (entre 36.9 y 73.9 mm Lt), 25 Nov 2004, 3 machos (entre 57.3 y 65.8 mm Lt); Nayarit: Los Salazares, 14 Ago 2003, 3 machos (entre 50.8 y 61.8 mm Lt).

Material de colecciones: B.C.S: Merecuaco, 16 May 1998, 7 ejemplares; Nayarit: Río Santiago, 1 macho (78.7 mm Lt) CNCR 11208, Arroyo Bogadero, 13 Ago 1991, 2 machos (70 y 72 mm Lt) CNCR 11488, 3 macho, CNCR 11489; Michoacán: Mezcaltitán,

13 Ago 2003, 1 macho (56.4 mm Lt) CNCR 22237; Guerrero: presa Morelos, Zihuatanejo, 18 Abr 1974, 7 machos (entre 50 y 59.4 mm Lt) CNCR 259; Oaxaca: Río Tehuantepec, 17 Abr 1974, 1 ejemplar, CNCR 256; Chiapas: Río Novillero, Jun 2002, 1 macho (42.8 mm Lt) CNCR 22023.

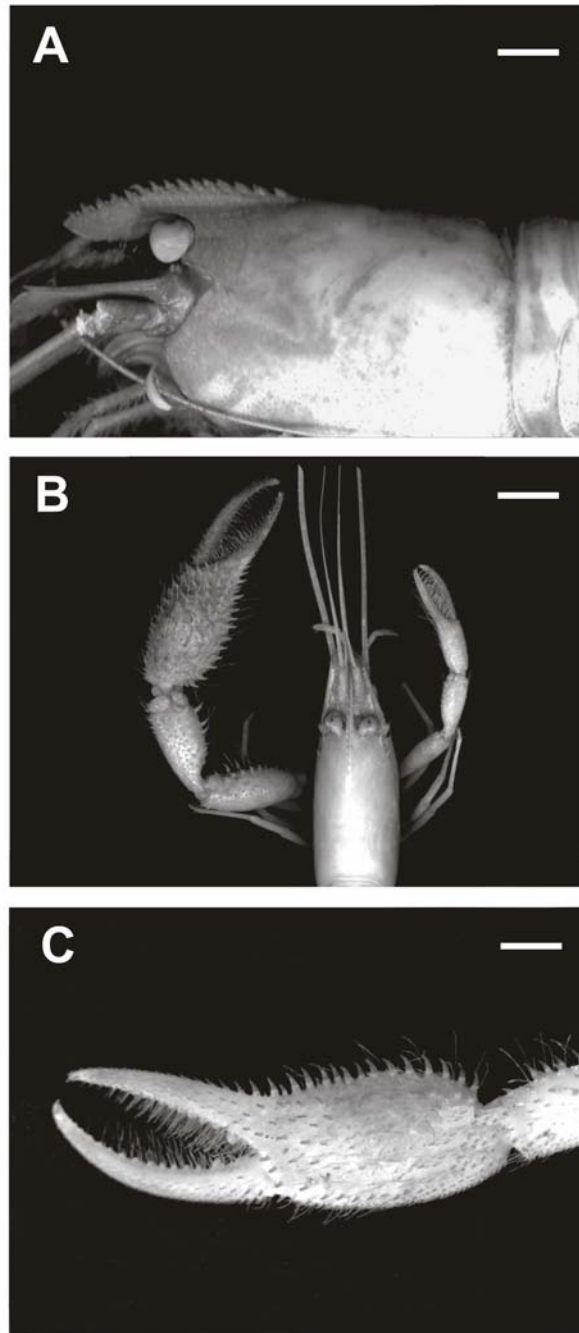


Figura 12. *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) proveniente de El Cardalito (CIB-834). A) Vista lateral del caparazón, B) vista dorsal del caparazón, C) detalle de la quela. La barra representa 10 mm en todos los casos.

Macrobrachium tenellum (Smith, 1871)

(Figura 13)

Sinonimia: *Palaemon tenellum* Smith, 1871; *Palaemon longipes* Lockington, 1878; *Palaemon forceps* Bouvier, 1895; *Macrobrachium acanthurus* Schmitt, 1933; *Macrobrachium tenellum* Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Román-Contreras, 1979; Wicksten, 1983; Ríos, 1989; Wicksten, 1989; Román-Contreras, 1991; Wicksten y Hendrickx, 1992; 2003.

Localidad tipo: Polvón, Nicaragua.

Diagnos: El rostro es muy largo, rebasa el largo del pedúnculo antenular y del escafocerito. El borde dorsal del rostro presenta de 8 a 10 dientes, de los cuales 6 a 8 están colocados en la mitad proximal y los otros cerca de la punta; solo un diente se encuentra por detrás del margen de la órbita; en el borde ventral del rostro hay de seis a siete dientes. Las segundas quelas son delgadas y semejantes en forma y tamaño. El carpo es más largo que el mero y que la palma. Los dedos son rectos, delgados y con pubescencia.

Distribución en la península: Esta especie había sido registrada en el oasis de Mulegé y el estero de San José del Cabo, con el presente estudio se amplía su distribución a la vertiente pacífico de la península. Se encontró en co-ocurrencia con las otras cinco especies del género en algunos cuerpos de agua (Tabla II), con temperaturas de 17 a 33°C, pH de 6.7 a 8.9 y SDT de 0.5 a 1.6 g/L.

Distribución en México. B.C.S.: Mulegé y La Paz; Sinaloa: Mazatlán Laguna Caimanero y El Rosario; Nayarit: Colomó, Mezcaltitán, San Blás; Jalisco: Río Cuitzmala; Michoacán; Río Balsas, Arroyo Playa Azul; Guerrero: Laguna de Coyuca; Oaxaca: Bahía

Tangola Tangola; Chiapas: Río Coatán (Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Wicksten, 1983; Wicksten y Hendrickx, 2003).

Distribución general. Del Golfo de California a Perú (Holthuis, 1952; Wicksten, 1983).

Comentarios. Esta especie fue registrada con mayor frecuencia en sitios de la vertiente Pacífico que del Golfo de California y fue muy abundante en los sitios donde se encontró.

Taxonómicamente es fácil distinguir esta especie del resto de los langostinos, presenta las segundas quelas delgadas, semejantes en forma y tamaño, además el rostro es largo y curvado hacia arriba con un diente terminal a manera de punta bífida.

Material examinado: Recolectado en este trabajo: B.C.S.: Mulegé, 28 Feb 2004, 11 ejemplares, 21 Sep 2004, 2 machos (77.2 y 91.8 mm Lt) y 4 hembras (entre 58 y 68.5 mm Lt ovígeras), 11 Nov 2004, 3 machos (entre 95.5 y 130.4 mm Lt) y 5 hembras (entre 56 y 72.6 mm Lt), Las Cuevas, 30 May 2004, 4 machos (entre 86 y 111.3 mm Lt), Mercuraco, 4 machos (entre 84.6 y 110 mm Lt), 1 hembra (68.9 mm Lt), Corral de Piedra, 1 macho (88.2 mm Lt) y 4 hembras (entre 63 y 73.7 mm Lt), El Caracol, 29 May 2004, 11 machos (entre 58.3 y 85.6), 8 hembras (entre 45 y 67.3 mm Lt) y 8 ejemplares, La Poza, 10 Jul 2005, 2 machos (28.8- 30.2 mm Lt) y 4 hembras (28.5- 30.3 mm Lt), San Pedrito, 9 Jul 2005, 11 machos (49- 72 mm Lt) y 4 hembras (42.2- 47.7 mm Lt), San José del Cabo, 08 Sep 2004, 9 machos (entre 57.7 y 111.5 mm Lt) y 7 hembras (entre 64.7 y 72.2 mm Lt); Nayarit: Colomó, 13 Ago 2003, 1 macho (115.3 mm Lt) y 1 hembra (82.1 mm Lt), Mezcaltitán, 13 Ago 2003, 8 machos (entre 112.9 y 128.5 mm Lt) 15 hembras (entre 90 y 92 mm Lt ovígeras).

Material de colecciones: B.C.S.: Mulegé, 1894, 9 ejemplares (entre 58.7 y 112.2 mm Lt) y 5 hembras ovígeras (entre 74 y 80.2 mm Lt) etiquetados como *M. acanthurus* MNHN

6476, 12 ejemplares (entre 77 y 107m Lt) y 2 hembras ovígeras (73.8 y 79.8 mm Lt) etiquetadas como *M. acanthurus* MNHN 6377, 8 Jul 1899, 1 macho (91.5 mm Lt), 7 hembras (entre 50.5 y 67.9 mm Lt) y 1 hembra ovígera (72.8 mm Lt) UABC-005; Sinaloa: Escuinapa, 25 Mar 1974, 2 ejemplares CNCR 185, Estero Botadero, 25 Mar 1974, 1 macho (88.6 mm Lt) CNCR 296, Laguna Caimanero, 2 machos (71 y 104.8 mm Lt) CNCR 1665, Estero Urías, 25 Oct 1973, 1 hembra (76.8 mm Lt) CNCR 2593; Nayarit: San Blas, 26 Mar 1974, 1 macho (88.7 mm Lt) CNCR 2594; Michoacán: Río Balsas (entre Michoacán y Guerrero), 20 Sep 1976, 1 macho (82.3 mm Lt) CNCR 305; Guerrero: Laguna de Coyuca, 4 ejemplares CNCR 186, 1 ejemplar CNCR 2209, Zihuatanejo, 2 hembras (60 y 62.6 mm Lt) CNCR 1804, Río Balsas, 1 ejemplar CNCR 1819, Laguna Coyula, 09 May 1984, 1 macho (75.1 mm Lt) CNCR 2627; Chiapas: Río Coatán, 03 Oct 1970, 1 macho (119.2 mm Lt) CNCR 295.

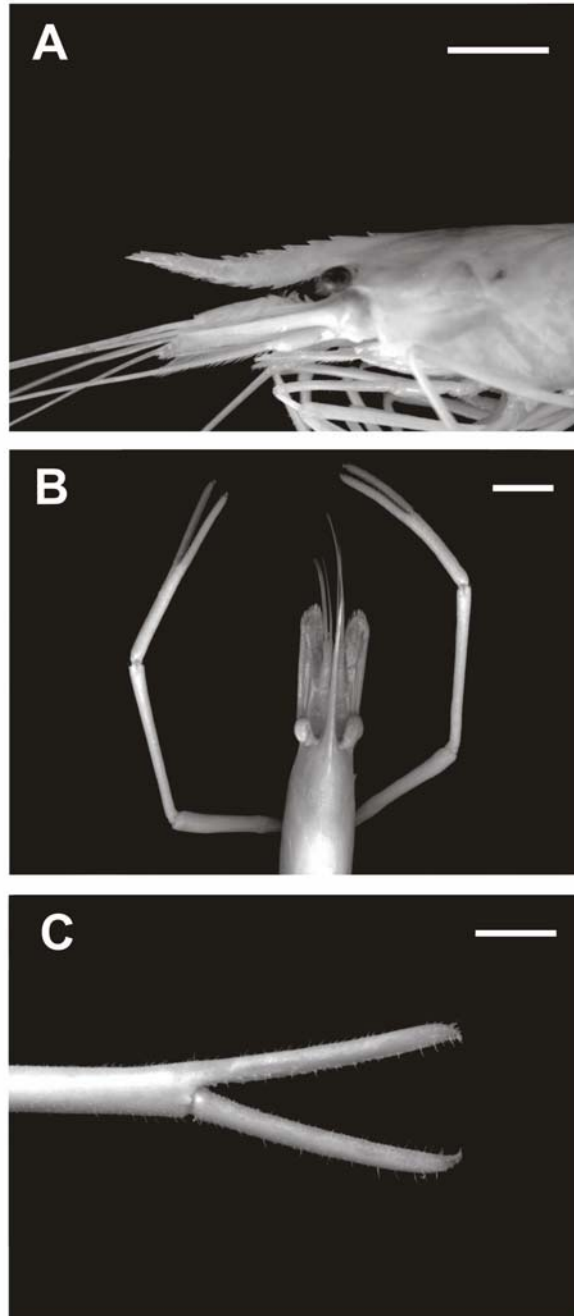


Figura 13. *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) proveniente de Mulegé (CIB-840). A) Vista lateral del caparazón, B) vista dorsal del caparazón, C) detalle de la quela. La barra representa 10 mm en todos los casos.

OTRAS ESPECIES DE *MACROBRACHIUM* REVISADAS EN COLECCIONES

Macrobrachium acanthochirus Villalobos, 1967.

Comentarios: Es muy cercano a *M. digueti* y *M. olfersii*, pero se puede diferenciar por el arreglo de los dientes de los bordes cortantes. Villalobos (1967) ofrece varias ilustraciones como el rostro, quelas, pereiópodos y se aprecia que los dedos son similares al esquema de Bouvier (Fig. 10 E). Se comparó el holotipo (ver en material de *M. digueti* CNCR 328) con los ejemplares de la península y del Museo Nacional de Historia Natural de Paris (sintipos) encontrando una gran similitud entre los caracteres diagnóstico y distribución geográfica, por lo que en la presente revisión se considera un sinónimo de *M. digueti*.

Macrobrachium acanthurus (Wiegmann, 1836).

Comentarios: Biogeográficamente es una especie confinada a la vertiente del Atlántico. Presenta una distribución desde los Estados Unidos hasta Brasil (Holthuis, 1952; Bowles *et al.*, 2000). Es morfológicamente muy similar a *M. tenellum*, pero se diferencia por la coloración en vivo, ya que *M. acanthurus* es oscura y *M. tenellum* es translúcida con algunas motas amarillas en las articulaciones de los pereiópodos. El rostro en *M. acanthurus* es más corto y los dientes dorsales del rostro están regularmente dispuestos (Rodríguez de la Cruz, 1965; Holthuis, 1952; Hernández-Aguilera *et al.*, 1996). Del material depositado en las colecciones, se compararon 190 ejemplares de *M. tenellum* y 90 de *M. acanthurus* y se encontró consistencia en las diferencias mencionadas anteriormente son consistentes, de tal manera que en la vertiente del Pacífico sólo se presenta *M. tenellum* y en la vertiente del Atlántico es *M. acanthurus*.

Macrobrachium carcinus (Linnaeus, 1758).

Comentarios: Es la especie de este género que alcanza la mayor talla en la vertiente del Atlántico (Bowles *et al.*, 2000). Morfológicamente es semejante a *M. americanum* y resulta muy difícil separar las dos especies en el laboratorio. Holthuis (1952) señaló que *M. carcinus* es ligeramente más grande que *M. americanum* y que la proporción del carpo en *M. carcinus* es más del doble de largo que de alto. Estas características son algo subjetivas, ya que para hacer una buena comparación se deberían tener machos adultos de la misma talla.

Macrobrachium faustinum (De Saussure, 1857).

Comentarios: Esta especie es nativa de las Antillas menores, se revisaron ejemplares de la isla Guadeloupe, Francia (MNHN 3654 6 machos entre 65.8 y 83.3 mm Lt). Muy semejante a *M. olfersii* y es el ejemplar con el cual Bouvier hizo la comparación (llamándolo *P. spinimanus*) para determinar a *M. digueti* como nueva especie. Su palma es más larga y cubierta de setas respecto a *M. digueti*.

Macrobrachium heterochirus (Wiegmann, 1836).

Comentarios: Es una especie restringida a la vertiente del Atlántico, presenta el rostro corto y arqueado con 10 a 12 dientes en el borde dorsal, de los cuales 4 o 5 están por detrás de la órbita, en el borde ventral presenta de 2 a 4 dientes. Los segundos pereiópodos presentan quelas desiguales. En la quela mayor, el carpo es más de tres veces

tan largo como alto. En los bordes cortantes de ambos dedos hay 8 denticulos distribuidos en la mitad proximal y el resto de los bordes es liso.

Macrobrachium occidentale Holthuis, 1950.

Comentarios: Confinado a la vertiente del Pacifico, es considerada la especie hermana de *M. heterochirus*. El rostro es corto y casi alcanza la mitad del pedúnculo antenular. El segundo par de pereiópodos tiene quelas asimétricas. En la quela mayor, el carpo es en forma de cono y es menos de tres veces tan largo que alto. Los dedos son ligeramente más huecos que en *M. heterochirus* y presenta setas en los bordes cortantes, las que a su vez cubren de 5 a 8 denticulos distribuidos hasta casi al final del borde cortante. El límite norte de distribución de esta especie es hasta el río Baluarte, Sinaloa (Wicksten y Hendrickx, 2003).

Clave de identificación para los langostinos de género *Macrobrachium* del noroeste de México.

1)	- Segundos pereiópodos sub iguales en forma y tamaño (isoquelas)	2)
	- Segundos pereiópodos desiguales en forma o tamaño (heteroquelas)	3)
2)	- Rostro arqueado, alcanza casi el final del pedúnculo antenular; carpo de la segunda quela grande más corto que la mitad de la palma y el doble o menos de largo que alto. Dáctilo con un diente en la mitad del borde cortante y uno en el tercio proximal del dedo fijo <i>Macrobrachium americanum</i>	
	- Rostro más allá del pedúnculo antenal y recurvado hacia arriba en la segunda mitad; carpo de la segunda quela grande casi el doble de largo que la palma <i>Macrobrachium tenellum</i>	
3)	- Rostro corto y arqueado, no alcanza más allá del segundo segmento del pedúnculo antenular. Bordes cortantes de la segunda quela grande con setas a lo largo que cubren de 5 a 8 dientes semejantes en tamaño..... <i>Macrobrachium occidentale*</i>	
	- Rostro recto, alcanza el final del segundo segmento del pedúnculo antenular	4)
4)	- Bordes cortantes de la segunda quela grande rectos (sin espacio evidente)	5)
	- Bordes cortantes de la segunda quela grande curvos (dejan un espacio)	6)
5)	- Pubescencia evidente a lo largo de la segunda quela grande que no deja ver el arreglo de espinas, palma alargada casi al doble de lo alto, carpo tan largo como el mero <i>Macrobrachium hobbsi</i>	
	- Pubescencia escasa, palma de la segunda quela grande es casi 1.2 veces tan larga como alta, mero 1.3 a 1.5 veces más largo que el carpo. Espinulación de la palma más evidente que en la especie anterior..... <i>Macrobrachium michoacanus</i>	
6)	- Rostro recto, ligeramente recurvado hacia abajo, el dáctilo de la segunda quela grande es 1.3 veces más largo que la palma, no hay setas a lo largo de la quela. Bordes cortantes con 3-4 denticulos proximales <i>Macrobrachium digueti</i>	
	- Rostro recto, dáctilo de la segunda quela grande más corto que la palma, con setas y/o pubescencia en la quela. Bordes cortantes con 9 a 12 denticulos, carpo 1.1 veces más largo que el mero..... <i>Macrobrachium olfersii</i>	

* No presente en la Península, pero registrado en Nayarit y otras localidades hacia el sur de México.

DECÁPODOS COMPLEMENTARIOS

Además de las especies de *Macrobrachium* recolectados en los oasis, se registraron cuatro especies de decápodos que comúnmente no son propios de estos cuerpos de agua.

Suborden Dendrobranchiata Bate, 1888

Familia: Penaeidae Rafinesque, 1815

Género: *Litopenaeus* Pérez-Farfante, 1969

Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)

Comentarios: Un espécimen fue recolectado en el arroyo costero de San Gregorio en co-ocurrencia con la jaiba azul (ver más abajo). Una hembra de 152 mm Lt (CIB-890) fue capturada en la localidad Santa Fe junto con ejemplares de *Macrobrachium*, y dos hembras de 72 y 74 mm Lt (CIB-891), capturadas en la Poza de Santa Rosa en co-ocurrencia también con ejemplares de *Macrobrachium*. Las dos primeras localidades son de la vertiente Pacífico (sitios 33 y 61 del Anexo III respectivamente), las cuales representa nuevos registros en la distribución de esta especie. Esta especie se reconoce por la típica coloración blanca de sus pereiópodos. En el laboratorio se observan las tres cicatrices del sexto somita abdominal, la espina hepática y antenal prominentes y el telson desarmado (Hendrickx, 1995a; Pérez-Farfante y Kensley, 1997).

Suborden: Pleocyemata Burkenroad, 1963

Infraorden: Caridea Dana, 1852

Familia: Palaemonidae Rafinesque, 1815

Género: *Palaemonetes* Heller, 1869

Palaemonetes hiltoni Schmitt, 1921

Comentarios: Un macho de 26 mm Lt y hembra de 24 mm Lt (CIB-892) fueron recolectados en el oasis de Mulegé y cuatro ejemplares en Todos Santos (sitios 20 y 67, respectivamente del Anexo III). En ambas localidades se encontraron en co-ocurrencia con ejemplares de *Macrobrachium*. Esta especie suele confundirse con juveniles de *M. tenellum*, sin embargo el rasgo más importante que hay que observar para diferenciarlos es la ausencia de espina hepática en *P. hiltoni* (Hendrickx, 1995a).

Infraorden: Astacidea Latreille, 1802

Familia: Cambaridae Hobbs, 1942

Género: *Procambarus* Ortmann, 1905

Procambarus clarkii (Girard, 1852)

Comentarios: Esta especie fue recolectada en 11 localidades desde el norte de la Península en la región de Tijuana hasta la mitad en la cuenca de San Ignacio, todas las localidades de recolecta fueron en la vertiente Pacífico (sitios 1 a 11 del Anexo III). Siete hembras (30- 48 mm Lt), cuatro machos (43-63 mm Lt) y cinco ejemplares (< 30 mm Lt) fueron recolectados en el Arroyo el Descanso (UABC-010). Un macho (36 mm Lt) en el Arroyo San Carlos (UABC-011). Dos machos (33-40 mm Lt) y dos hembras (66.2-73.5 mm Lt) en el Arroyo Las Ánimas (3 UABC-012). Nueve hembras (22.2-76.5 mm Lt) y ocho machos (64.2-72.6 mm Lt) en el Arroyo Santo Tomás (4 UABC-013). Un macho (106.8 mm Lt) en el Arroyo San Telmo (UABC-014). Una hembra (69.8 mm Lt) en el Rancho Los Aguajes (UABC-015). Seis hembras (40-80.3 mm Lt) y dos machos (63.8 y 72.2 mm Lt) en el Arroyo San Juan de Dios (UABC-016). Tres machos (38- 81 mm Lt) en el Arroyo Cataviña (UABC-017). Diez machos (48.2-78.2 mm Lt) y seis hembras (42-

4.5 mm Lt) en el Oasis San Ignacio (UABC-018); cuatro machos (36-79.3 mm Lt) (CIB-897). Seis ejemplares del Arroyo San Joaquín (UABC-019). Un macho (78.2 mm Lt) en El Sauzal (UABC-020; dos machos (72-76.8 mm Lt) (CIB-893). Adicionalmente, una hembra (70.4 mm Lt) fue recolectada en la localidad San Luis Río Colorado, en el estado de Sonora. Dos machos en el Río Nazas, Durango (107 y 128 mm Lt) y una pareja de macho (90 mm Lt) y hembra (98 mm Lt) en el Río Culiacán, Sinaloa. Con excepción del registro de Santo Tomás, todas las localidades aquí mencionadas representan nuevos registros para esta especie. Los ejemplares revisados presentaron los ganchos en el isquío del tercer y/o del cuarto pereiópodo como lo señaló Villalobos (1950).

Infraorden: Brachyura Latreille, 1802

Familia: Portunidae Rafinesque, 1815

Género: *Callinectes* Stimpson, 1860

Callinectes arcuatus Ordway, 1863

Comentarios: Un espécimen de la jaiba azul de aproximadamente 160 mm ancho de caparazón fue registrado en el arroyo costero de San Gregorio junto con el camarón blanco, previamente mencionado (sitio 33 del Anexo III). Esta especie puede confundirse con *C. bellicosus*, sin embargo la diferencia principal son los dientes frontales, los cuales son más agudos en *C. arcuatus* al igual que las espinas laterales del caparazón (Hendrickx, 1995b).

Otra especie de decápodo (aún no registrada de manera silvestre) se ha introducido en la región sur de la Península con fines de acuicultura.

Infraorden: Astacidea Latreille, 1802

Familia: Parastacidae Huxley, 1879

Género: *Cherax* Erichson, 1846

Cherax quadricarinatus von Martens, 1868

Comentarios: Se revisaron 5 machos (90.2-110 mm Lt) y 5 hembras (108-142 mm Lt) (CIB-895) del sistema de cultivo del CIBNOR donados gentilmente por el Dr. Villarreal (responsable del proyecto de Optimización del cultivo de la langosta australiana). Esta especie es nativa de Australia, y se introdujo en Baja California Sur a partir de 1998 para cultivo en estanques. Una característica diagnóstica evidente en los machos adultos de esa especie es la presencia de una mancha roja en la palma.

3.3. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

A partir de las medidas tomadas en las segundas quelas de los ejemplares (Figura 6), se realizó un Análisis de Función Discriminante, el cual mostró cuatro grupos de langostinos. La función más importante que apoyó el agrupamiento fue la proporción de la longitud del carpo/ longitud de la palma, con esta medida se explicó el 91% de la varianza total (Tablas III y IV). Fue muy clara la separación de *M. tenellum* del resto de las especies, ya que las restantes cinco formas quedaron discriminadas en solo dos grupos, uno donde se agruparon las especies del grupo *olfersii* y en el otro *M. americanum* (Figura 14). Un análisis más enfocado al “grupo *olfersii*” se realizó con los promedios de los valores canónicos, lo cual confirma la afinidad de *M. hobbsi* con *M. olfersii* y *M. digueti* con *M. michoacanus* (Figura 15).

Tabla III. Promedio de las variables medidas en el segundo pereiópodo grande de las especies de *Macrobrachium* para el Análisis de Función Discriminante (media \pm error estándar en mm).

	<u>Longitud mero</u> Longitud carpo	<u>Longitud carpo</u> Longitud palma	<u>Longitud palma</u> Alto palma	<u>Longitud dácilo</u> Longitud palma
<i>M. americanum</i>	1.3 \pm 0.05	0.5 \pm 0.03	3.0 \pm 0.03	0.9 \pm 0.05
<i>M. digueti</i>	1.4 \pm 0.02	0.6 \pm 0.01	1.1 \pm 0.03	1.0 \pm 0.04
<i>M. hobbsi</i>	1.0 \pm 0.05	0.8 \pm 0.04	2.3 \pm 0.1	0.9 \pm 0.03
<i>M. michoacanus</i>	1.4 \pm 0.02	0.7 \pm 0.05	1.4 \pm 0.04	1.0 \pm 0.03
<i>M. olfersii</i>	1.0 \pm 0.07	0.8 \pm 0.02	1.5 \pm 0.03	0.9 \pm 0.02
<i>M. tenellum</i>	0.7 \pm 0.05	1.7 \pm 0.02	3.1 \pm 0.07	0.9 \pm 0.03

Tabla IV. Coeficientes estandarizados de las variables canónicas para el Análisis de Función Discriminante.

	Raíz 1	Raíz 2	Raíz 3	Raíz 4
<u>Longitud del carpo</u>				
Longitud de la palma	0.917	-0.477	-0.388	0.384
<u>Longitud del mero</u>				
Longitud del carpo	-0.190	-1.017	0.013	0.245
<u>Longitud de la palma</u>				
Alto de la palma	0.694	-0.485	0.521	-0.458
<u>Longitud del dáctilo</u>				
Longitud de la palma	-0.272	-0.142	-0.511	-0.855
<u>Varianza acumulada</u>	0.91	0.98	0.99	1.0

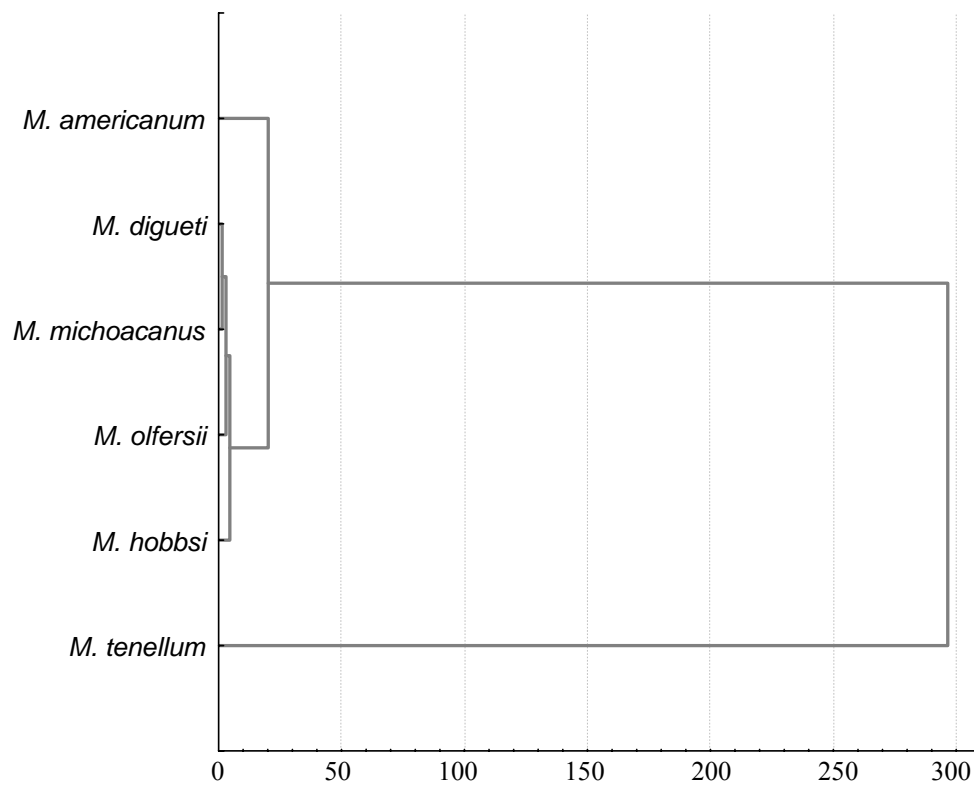


Figura 14. Agrupamiento de las especies de *Macrobrachium* de la península de Baja California por el Análisis de Función Discriminante (promedio de la distancia cuadrada de Mahalanobis).

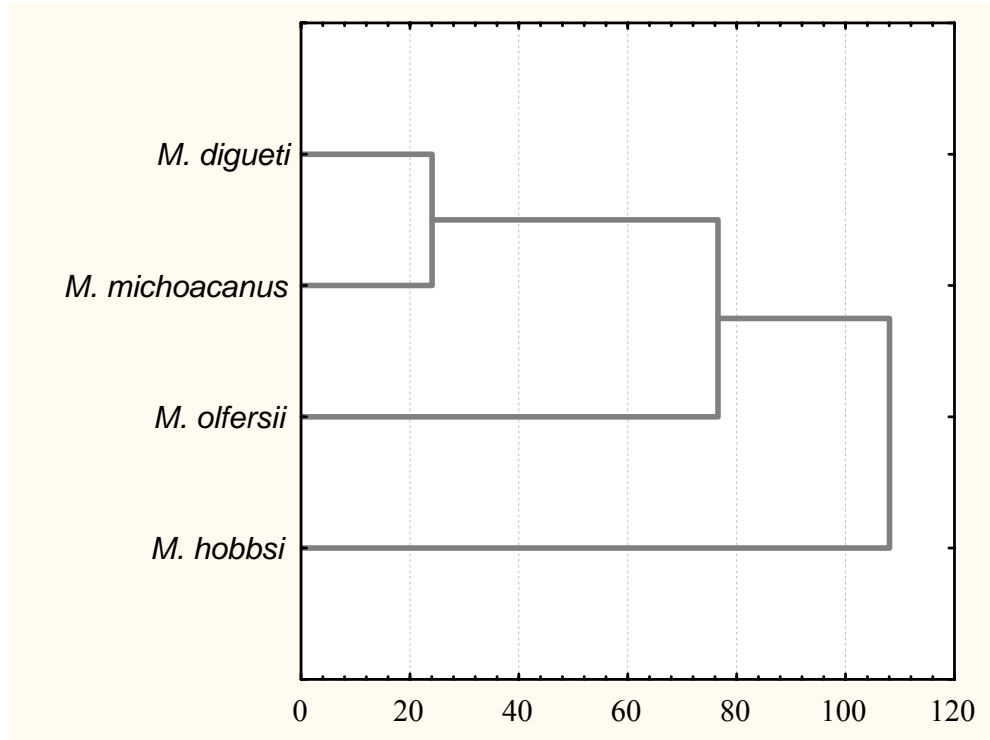


Figura 15. Agrupamiento de las especies del grupo *olfersii* de la Península Baja California por medio del Análisis de Función Discriminante (promedio de las distancias cuadradas de Mahalanobis).

A partir de los datos obtenidos en la Colección Nacional de Crustáceos, se realizó otro Análisis de Función Discriminante incorporando los datos de los ejemplares tipo del grupo *olfersii*. Esto confirmó que se agrupan *M. hobbsi* con *M. olfersii* y en otro grupo *M. digueti*, *M. acanthochirus* y *M. michoacanus* (Figuras 16 A y B).

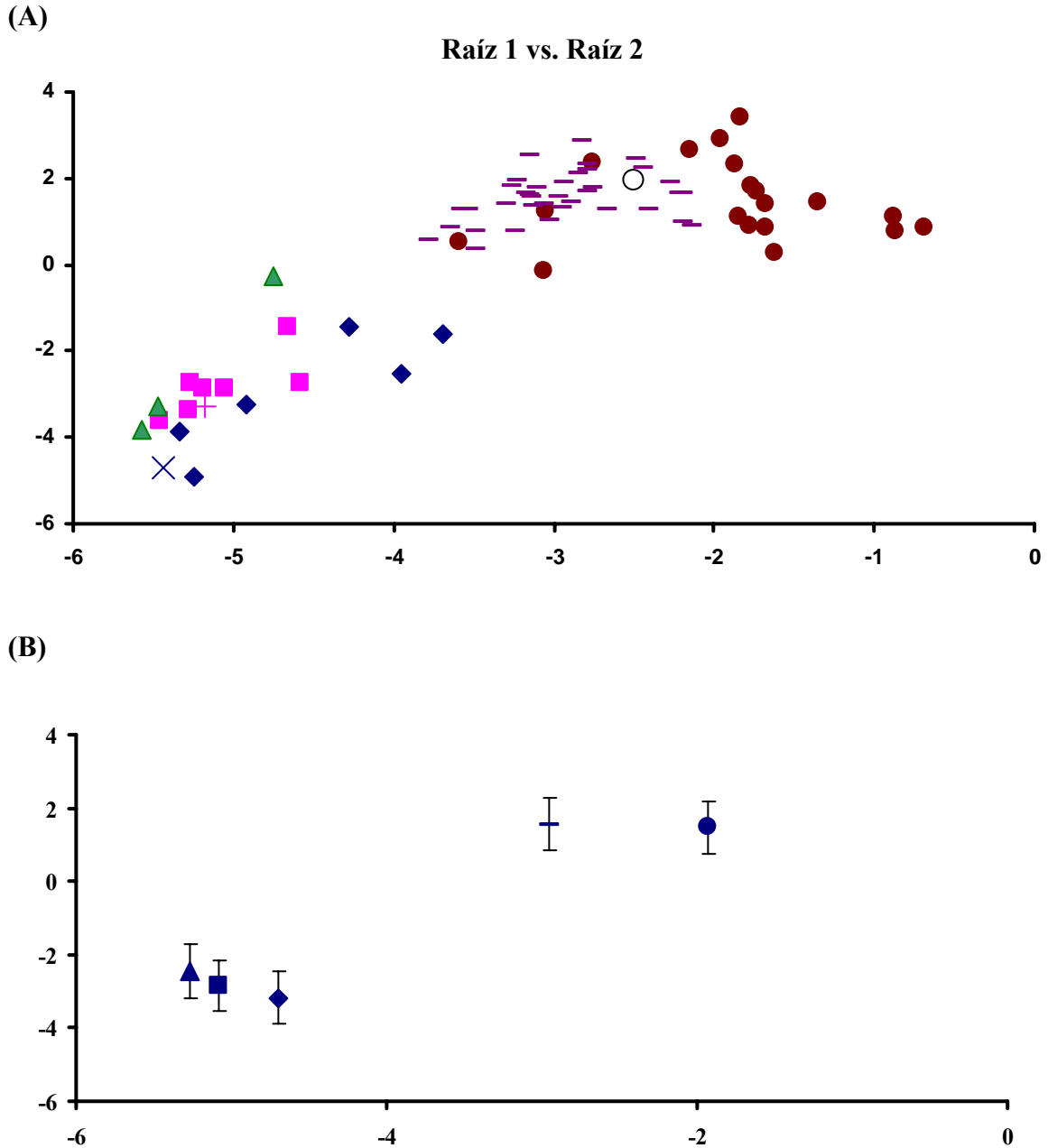


Figura 16. (A) Dispersión de los valores canónicos de la raíz 1 (eje X) vs. raíz 2 (eje Y) para las especies del “grupo *olfersii*”, los símbolos \times , $+$, \circ indican el dato tomado del Holotipo de la Colección Nacional de Crustáceos para *M. michoacanus*, *M. acanthochirus* y *M. hobbsi* respectivamente. (B) Promedio y desviación estándar de cada una de las especies registradas.

▲ *M. digueti* (n= 3), ■ *M. acanthochirus* (n= 8), ◆ *M. michoacanus* (n= 7), ● *M. hobbsi* (n= 20) y — *M. olfersii* (n= 37).

3.4. ANÁLISIS MOLECULAR

Se realizaron disecciones en 96 ejemplares, de los cuales 30 fueron machos adultos cuyas secuencias se emplearon para los análisis filogenéticos. Las secuencias obtenidas tuvieron un tamaño de 480pb y su composición nucleotídica resultó rica en adenina y timina (\pm 60%). Los sitios conservados fueron 402 y 78 sitios variables, de los cuales 55 fueron parsimoniosamente informativos. La comparación entre secuencias indicó un total de 14 haplotipos (Anexo IV). Las especies identificadas como *M. digueti* y *M. michoacanus* se agruparon con una similitud del 100% (5 secuencias), lo mismo sucedió con algunas secuencias de *M. hobbsi* y *M. olfersii* que resultaron en nueve haplotipos. Para *M. tenellum* se obtuvieron tres haplotipos (4 secuencias) y para *M. americanum* un haplotipo (2 secuencias).

El modelo evolutivo que mejor explicó la sustitución del ADN fue el de Tamura-Nei más parámetro de distribución gamma (TrN+G), cuyos valores son:

Base: A = 0.2952; C = 0.1250; G = 0.2206; T = 0.359

Nst = 6

Rmat = (1.0; 5.92; 1.0; 1.0; 9.28)

Gamma = 0.1958.

Los análisis filogenéticos realizados con el programa DNAMAN para los 14 haplotipos mostraron cuatro ramas, una de las cuales agrupa a los nueve haplotipos de las especies de *M. hobbsi*-*M. olfersii* con una similitud del 98.9 al 100% (Figura 17). Dentro del grupo *hobbsi-olfersii*, la distancia genética por el método de Nei no fue mayor del 1.1%, lo mismo se obtuvo con los haplotipos de *M. tenellum*. Comparando entre grupos, la distancia más amplia fue entre el grupo *olfersii* con los haplotipos de *M. tenellum* (10.7

a 11.4%) y la más corta se observó entre *M. digueti* y el grupo *olfersii* (5.5 a 6.6%). Al incluir en el análisis secuencias obtenidas del GenBank de las especies *M. acanthochirus*

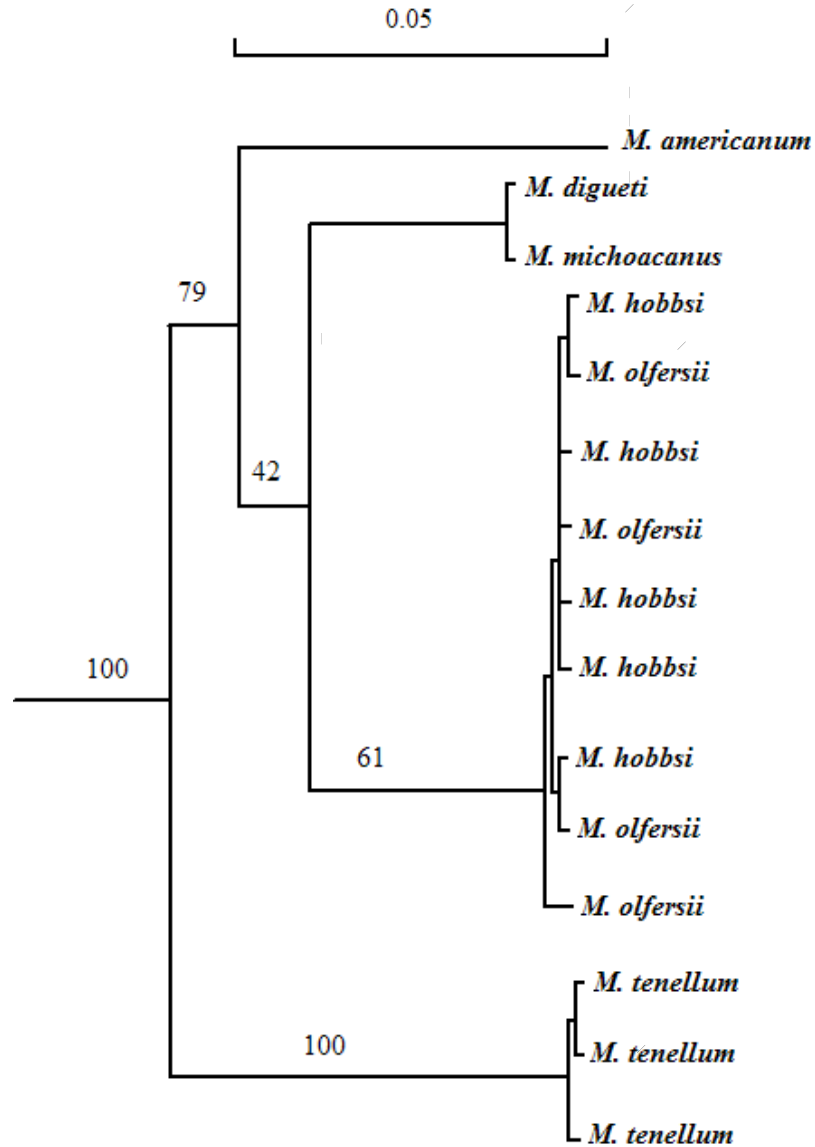


Figura 17. Árbol filogenético construido con el programa DNAMAN para los 14 haplotipos de langostinos de la península de Baja California. Los números de las ramas indican los valores de bootstrap con 2500 repeticiones.

(AY 377837), *M. olfersii*, *olfersii* de Brasil (AY 377848), *M. olfersii* de México (AY 377849) y *M. carcinus* (AY 282779) se observó que hay un agrupamiento con las secuencias de las especies de la Península. Se encontró un 0% de distancia genética entre secuencias de *M. hobbsi* y *M. olfersii* (haplotipos 4 y 9); *M. hobbsi* (haplotipos 7 y 12); *M. hobbsi* y *M. olfersii* de Brasil (haplotipo 8 y GenBank); así como *M. digueti* y *M. acanthochirus* (haplotipo 15 y GenBank). Entre *M. americanum* y *M. carcinus* (haplotipo 17 y GenBank) la distancia fue de 0.2% (Tabla V y Figura 18).

Por el método de Kimura2, la distancia genética se estimó solamente entre las secuencias de los ejemplares de la Península con 480pb. El agrupamiento fue semejante al del método de Nei, aunque los valores fueron relativamente mayores (Tabla VI). En este caso, la distancia dentro del grupo *olfersii* fue de 0.2 a 1.1% y solamente se agruparon con 0% los haplotipos 6 y 7 (*M. hobbsi* y *M. olfersii* respectivamente). El grupo de *M. tenellum* tuvo una distancia de 0.2 a 0.4%; mientras que la distancia más grande se encontró entre los haplotipos de *M. tenellum* y el grupo *olfersii* con 12.9%.

Finalmente se estimó la distancia genética por máxima verosimilitud (ML) con el programa PAUP. Bajo este criterio no se agruparon haplotipos con 0% de distancia, sin embargo se mantuvieron las tendencias observadas con los análisis anteriores (Tabla VII). En el grupo *hobbsi-olfersii* la distancia de los nueve haplotipos fue entre 0.00209 y 0.00868.

Tabla V. Distancia genética (bajo la diagonal) determinada con el programa DNAMAN. Sobre la diagonal la diferencia en el número de bases. Los haplotipos de la Península fueron comparados con las secuencias de las geminadas obtenidas del GenBank (n= 438pb).

	1	2	3	4	5	6	7
(1) <i>M. tenellum</i>		1	2	49	50	49	50
(2) <i>M. tenellum</i>	0.002		1	49	50	49	50
(3) <i>M. tenellum</i>	0.005	0.002		47	49	47	49
(4) <i>M. olfersii</i>	0.112	0.112	0.109		4	3	1
(5) <i>M. olfersii</i>	0.114	0.114	0.112	0.009		4	3
(6) <i>M. olfersii</i>	0.112	0.112	0.109	0.005	0.009		3
(7) <i>M. hobbsi</i>	0.114	0.114	0.112	0.002	0.007	0.007	
(8) <i>M. hobbsi</i>	0.109	0.109	0.107	0.002	0.007	0.002	0.005
(9) <i>M. hobbsi</i>	0.112	0.112	0.109	0.0	0.009	0.005	0.002
(10) <i>M. hobbsi</i>	0.114	0.114	0.112	0.002	0.011	0.007	0.005
(11) <i>M. olfersii</i>	0.116	0.116	0.114	0.005	0.009	0.009	0.002
(12) <i>M. hobbsi</i>	0.114	0.114	0.112	0.002	0.007	0.007	0.0
(13) Bra <i>M. olfersii</i>	0.109	0.109	0.107	0.002	0.007	0.002	0.005
(14) Méx <i>M. olfersii</i>	0.114	0.114	0.112	0.016	0.021	0.016	0.018
(15) <i>M. digueti</i>	0.109	0.109	0.109	0.062	0.062	0.062	0.064
(16) <i>M. acanthochirus</i>	0.109	0.109	0.109	0.062	0.062	0.062	0.064
(17) <i>M. americanum</i>	0.118	0.118	0.116	0.098	0.093	0.098	0.096
(18) <i>M. carcinus</i>	0.121	0.121	0.118	0.100	0.096	0.100	0.098

Tabla V. Continuación...

	8	9	10	11	12	13	14
(1) <i>M. tenellum</i>	47	49	50	51	50	47	50
(2) <i>M. tenellum</i>	47	49	50	51	50	47	50
(3) <i>M. tenellum</i>	46	47	49	50	49	46	49
(4) <i>M. olfersii</i>	1	0	1	1	1	1	7
(5) <i>M. olfersii</i>	3	4	5	4	3	3	9
(6) <i>M. olfersii</i>	1	2	3	4	3	1	7
(7) <i>M. hobbsi</i>	2	2	2	2	0	2	8
(8) <i>M. hobbsi</i>		1	2	3	2	0	6
(9) <i>M. hobbsi</i>	0.002		1	2	1	1	8
(10) <i>M. hobbsi</i>	0.005	0.002		3	2	2	8
(11) <i>M. olfersii</i>	0.007	0.005	0.007		1	3	9
(12) <i>M. hobbsi</i>	0.005	0.002	0.005	0.002		2	8
(13) Bra <i>M. olfersii</i>	0.0	0.002	0.005	0.007	0.005		6
(14) Méx <i>M. olfersii</i>	0.014	0.016	0.018	0.021	0.018	0.014	
(15) <i>M. digueti</i>	0.059	0.062	0.064	0.066	0.064	0.059	0.050
(16) <i>M. acanthochirus</i>	0.059	0.062	0.064	0.066	0.064	0.059	0.050
(17) <i>M. americanum</i>	0.096	0.098	0.100	0.096	0.096	0.096	0.091
(18) <i>M. carcinus</i>	0.098	0.100	0.103	0.098	0.098	0.098	0.89

Tabla V. Continuación...

	15	16	17	18
(1) <i>M. tenellum</i>	47	47	52	53
(2) <i>M. tenellum</i>	47	47	52	53
(3) <i>M. tenellum</i>	47	47	51	52
(4) <i>M. olfersii</i>	27	27	43	44
(5) <i>M. olfersii</i>	27	27	41	42
(6) <i>M. olfersii</i>	27	27	43	44
(7) <i>M. hobbsi</i>	28	28	42	43
(8) <i>M. hobbsi</i>	26	26	42	43
(9) <i>M. hobbsi</i>	27	27	43	44
(10) <i>M. hobbsi</i>	28	28	44	45
(11) <i>M. olfersii</i>	29	29	42	43
(12) <i>M. hobbsi</i>	28	28	42	43
(13) Bra <i>M. olfersii</i>	26	26	42	43
(14) Méx <i>M. olfersii</i>	21	21	39	38
(15) <i>M. digueti</i>		0	36	35
(16) <i>M. acanthochirus</i>	0.0		36	35
(17) <i>M. americanum</i>	0.082	0.082		1
(18) <i>M. carcinus</i>	0.080	0.080	0.002	

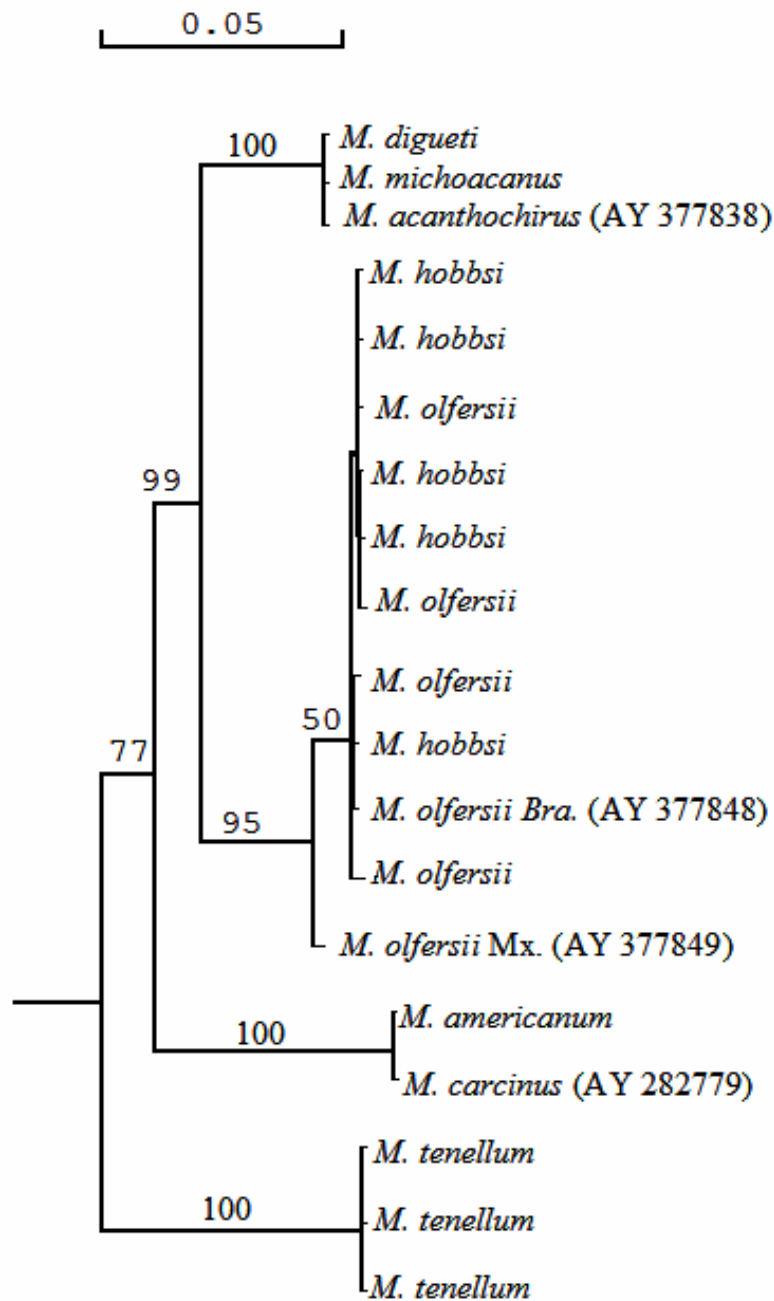


Figura 18. Árbol filogenético construido con el programa DNAMAN incluyendo secuencias de las especies geminadas del Atlántico occidental tomadas del GenBank. Los números de las ramas indican los valores de bootstrap con 2500 repeticiones.

Tabla VI. Distancia genética estimada por el método de Kimura2 (bajo la diagonal) y número de diferencia de bases (sobre la diagonal) de los 14 haplotipos de *Macrobrachium* de la península de Baja California (n= 480pb).

	1	2	3	4	5	6	7	8
(1) <i>M. tenellum</i>		1	2	60	58	62	62	58
(2) <i>M. tenellum</i>	0.002		1	60	58	62	62	58
(3) <i>M. tenellum</i>	0.004	0.002		58	57	60	60	57
(4) <i>M. olfersii</i>	0.126	0.126	0.122		1	3	3	3
(5) <i>M. hobbsi</i>	0.122	0.122	0.119	0.002		2	2	2
(6) <i>M. hobbsi</i>	0.129	0.129	0.126	0.006	0.004		0	2
(7) <i>M. olfersii</i>	0.129	0.129	0.126	0.006	0.004	0.0		2
(8) <i>M. olfersii</i>	0.122	0.122	0.119	0.006	0.004	0.004	0.004	
(9) <i>M. hobbsi</i>	0.126	0.126	0.122	0.009	0.006	0.006	0.006	0.002
(10) <i>M. hobbsi</i>	0.126	0.126	0.122	0.009	0.006	0.002	0.002	0.002
(11) <i>M. hobbsi</i>	0.126	0.126	0.122	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002
(12) <i>M. olfersii</i>	0.129	0.129	0.126	0.009	0.006	0.006	0.006	0.011
(13) <i>M. digueti</i>	0.118	0.118	0.118	0.065	0.062	0.068	0.068	0.062
(14) <i>M. americanum</i>	0.127	0.127	0.124	0.107	0.104	0.104	0.104	0.104

Tabla VI. Continuación...

	9	10	11	12	13	14
(1) <i>M. tenellum</i>	60	60	60	62	56	61
(2) <i>M. tenellum</i>	60	60	60	62	56	61
(3) <i>M. tenellum</i>	58	58	58	60	56	59
(4) <i>M. olfersii</i>	4	4	2	4	31	51
(5) <i>M. hobbsi</i>	3	3	1	3	29	50
(6) <i>M. hobbsi</i>	3	1	1	3	32	50
(7) <i>M. olfersii</i>	3	1	1	5	32	50
(8) <i>M. olfersii</i>	1	1	1	5	29	50
(9) <i>M. hobbsi</i>		2	2	6	31	48
(10) <i>M. hobbsi</i>	0.004		2	4	31	48
(11) <i>M. hobbsi</i>	0.004	0.004		4	31	51
(12) <i>M. olfersii</i>	0.013	0.009	0.009		31	48
(13) <i>M. digueti</i>	0.065	0.065	0.065	0.065		40
(14) <i>M. americanum</i>	0.107	0.101	0.107	0.101	0.083	

Tabla VII. Distancia genética por máxima verosimilitud determinada con el programa PAUP (bajo la diagonal) y número de diferencia de bases (sobre la diagonal) de los diferentes haplotipos de *Macrobrachium* de la península de Baja California. Las secuencias de *Palaemonetes australis* y *Palaemon serenus* fueron tomados del GenBank (n= 480pb).

	1	2	3	4	5
(1) <i>M. tenellum</i>		1	2	51	52
(2) <i>M. tenellum</i>	0.00208		1	51	52
(3) <i>M. tenellum</i>	0.00419	0.00208		50	51
(4) <i>M. hobbsi</i>	0.19309	0.19309	0.18854		1
(5) <i>M. olfersii</i>	0.20088	0.20088	0.19624	0.00211	
(6) <i>M. olfersii</i>	0.18251	0.18251	0.17806	0.00423	0.00647
(7) <i>M. hobbsi</i>	0.18771	0.18771	0.18321	0.00641	0.00872
(8) <i>M. hobbsi</i>	0.18771	0.18771	0.18321	0.00209	0.00427
(9) <i>M. hobbsi</i>	0.18782	0.18782	0.18333	0.00209	0.00427
(10) <i>M. olfersii</i>	0.18827	0.18827	0.18376	0.00638	0.00868
(11) <i>M. hobbsi</i>	0.18333	0.18333	0.17886	0.00422	0.00645
(12) <i>M. olfersii</i>	0.19309	0.19309	0.18854	0.00635	0.00863
(13) <i>M. digueti</i>	0.19295	0.19295	0.19295	0.08417	0.08886
(14) <i>M. americanum</i>	0.21785	0.21785	0.21284	0.13711	0.13548
(15) <i>Palaemonetes australis</i>	0.76320	0.77420	0.77420	0.64521	0.64521
(16) <i>Palaemon serenus</i>	0.80053	0.81198	0.81198	0.72866	0.72866

Tabla VII. Continuación...

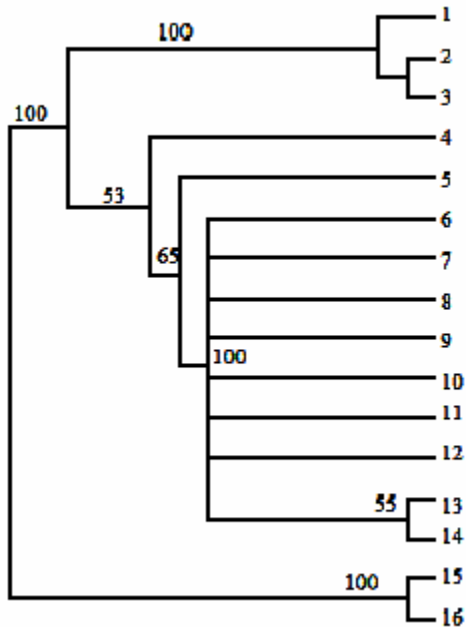
	6	7	8	9	10
(1) <i>M. tenellum</i>	49	50	50	50	50
(2) <i>M. tenellum</i>	49	50	50	50	50
(3) <i>M. tenellum</i>	48	49	49	49	49
(4) <i>M. hobbsi</i>	2	3	1	1	3
(5) <i>M. olfersii</i>	3	4	2	2	4
(6) <i>M. olfersii</i>		1	1	1	3
(7) <i>M. hobbsi</i>	0.00209		2	2	4
(8) <i>M. hobbsi</i>	0.00209	0.00423		2	4
(9) <i>M. hobbsi</i>	0.00209	0.00423	0.00423		2
(10) <i>M. olfersii</i>	0.00638	0.00860	0.00860	0.00421	
(11) <i>M. hobbsi</i>	0.00422	0.00640	0.00640	0.00209	0.00209
(12) <i>M. olfersii</i>	0.01081	0.01311	0.00855	0.00856	0.00858
(13) <i>M. digueti</i>	0.07692	0.08049	0.08049	0.08054	0.08073
(14) <i>M. americanum</i>	0.13711	0.14145	0.13274	0.14154	0.14186
(15) <i>Palaemonetes australis</i>	0.65708	0.65708	0.65708	0.64521	0.63560
(16) <i>Palaemon serenus</i>	0.74177	0.74177	0.74177	0.72866	0.74130

Tabla VII. Continuación...

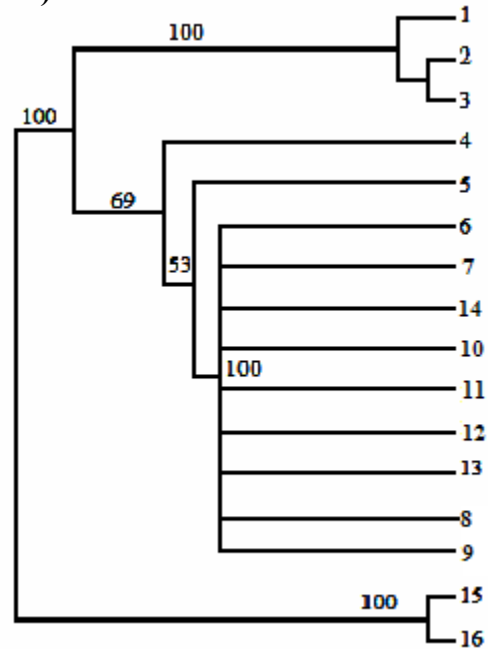
	11	12	13	14	15	16
(1) <i>M. tenellum</i>	49	51	48	52	96	97
(2) <i>M. tenellum</i>	49	51	48	52	97	98
(3) <i>M. tenellum</i>	48	50	48	51	97	98
(4) <i>M. hobbsi</i>	2	3	29	43	89	93
(5) <i>M. olfersii</i>	3	4	30	43	89	93
(6) <i>M. olfersii</i>	2	5	27	43	90	94
(7) <i>M. hobbsi</i>	3	6	28	44	90	94
(8) <i>M. hobbsi</i>	3	4	28	42	90	94
(9) <i>M. hobbsi</i>	1	4	28	44	89	93
(10) <i>M. olfersii</i>	1	4	28	44	88	94
(11) <i>M. hobbsi</i>		3	27	43	88	94
(12) <i>M. olfersii</i>	0.00638		28	42	89	95
(13) <i>M. digueti</i>	0.07729	0.08088		36	92	97
(14) <i>M. americanum</i>	0.13772	0.13333	0.11435		90	96
(15) <i>Palaemonetes australis</i>	0.63560	0.64521	0.69490	0.65921		39
(16) <i>Palaemon serenus</i>	0.74130	0.75211	0.80430	0.77428	0.12731	

Al aplicar los análisis de Vecino más cercano (NJ), Máxima Parsimonia (MP) y Máxima Verosimilitud (ML) con el programa PAUP, se obtuvieron topologías similares a las que se habían obtenido con el programa DNAMAN, en donde claramente se agrupan los haplotipos de las especies *M. hobbsi* y *M. olfersii*. Los haplotipos de *M. tenellum* forman un grupo separado del resto de las especies (Figura 19).

A) Neighbour Joining



B) Máxima Verosimilitud



C) Máxima Parsimonia

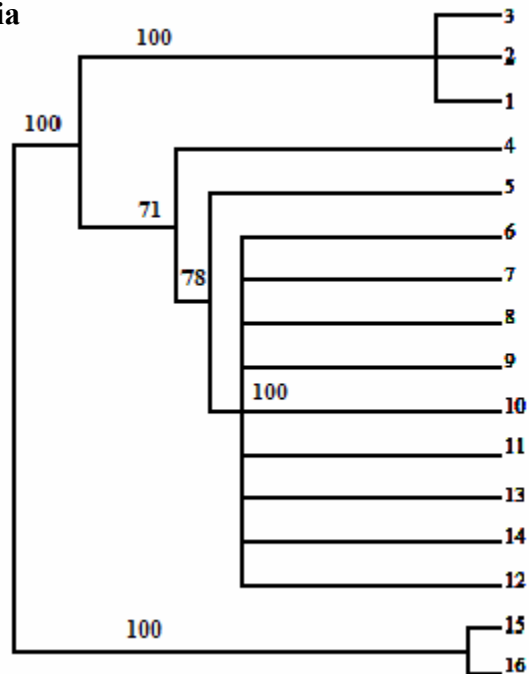


Figura 19. Árboles obtenidos con el programa PAUP. Los números al final de las ramas corresponden a *M. tenellum* (1-3), *M. americanum* (4), *M. digueti* y *M. michoacanus* (5), *M. hobbsi* (6, 8, 9, 10 y 12) y *M. olfersii* (7, 11, 13 y 14). En todos los casos se emplearon como grupos externos secuencias de *Palaemonetes australis* (15) y *Palaemon serenus* (16) obtenidas del GenBank (AF 439517 y AF 169725, respectivamente).

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN

4.1. TAXA REGISTRADOS

En México se han registrado 17 especies de langostinos del género *Macrobrachium*, de las cuales ocho concurren en la vertiente del océano Pacífico (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993; Román-Contreras *et al.*, 2000; Wicksten y Hendrickx, 2003). Los resultados obtenidos en el presente trabajo hacen notar la importancia en biodiversidad de la península de Baja California, ya que con seis especies, alberga al 80% de las especies de *Macrobrachium* registradas para el Pacífico mexicano. Con base en lo extensivo que fueron los muestreos, así como por los registros de las colecciones visitadas, se sugiere que el límite norte de distribución para estos langostinos es el paralelo 27°.

Es interesante de destacar el resultado de riqueza de especies relacionada con el área de muestreo. En este sentido, los oasis de la península de Baja California, representan en su conjunto un área de aproximadamente 75km² (Maya *et al.*, 1997). Es un área mínima comparada con los sistemas de agua dulce del centro y sur de México, además, los oasis de la península están ubicados en un ecosistema de desierto con un limitado volumen de agua superficial.

4.2. ASPECTOS TAXONÓMICOS

Como producto de la poca variabilidad fenotípica de los langostinos, su clasificación taxonómica suele ser complicada, así lo mencionaron Holthuis (1952), Villalobos (1968) y Murphy y Austin (2002; 2003), no obstante, por los caracteres mencionados en las claves de identificación y descripción de las especies, se lograron determinar seis especies, de todas ellas se revisaron machos adultos. Sin embargo, la determinación a nivel especie de hembras y juveniles es complicada, y fue aún más complicado ya que en algunos sitios se encontró la co-ocurrencia de varias especies. En este sentido, Bruce (1992) mencionó que es un gran problema la identificación precisa de los *Macrobrachium* si se carece de machos adultos con los segundos pereiópodos desarrollados. En otras ocasiones los ejemplares capturados perdían uno de sus apéndices con los cuales se identifica a las especies. Al respecto, Mossolin y Bueno (2003) mencionaron que sus langostinos recolectados en Brasil rápidamente perdían alguno de sus pereiópodos grandes por lo que cerca del 35% de los ejemplares que ellos capturaron estaban incompletos. Lo mismo se observó en las colecciones de los museos visitados, no es común encontrar ejemplares completos y resulta difícil determinar las especies principalmente del “grupo *olfersii*”. Para poder identificar sin la necesidad de tener a los machos adultos, se ha planteado la posibilidad de registrar el color de los langostinos. Ocasionalmente pudimos anotar la coloración de algunos ejemplares, sin embargo, no es confiable basar la determinación solo con el patrón de colores. La coloración puede tener variación para una misma especie en función de la disponibilidad de alimento, condición del hábitat o estadio de vida. Además, los ejemplares fijados pierden rápidamente su color, lo que resulta poco práctico al trabajar con especímenes depositados en

colecciones. Otro punto interesante que complica la taxonomía por colores, es lo subjetivo que puede ser dicha descripción, por ejemplo, Bowles *et al.* (2000) describieron el patrón de coloración de especie *M. acanthurus* como:

es de color “amarillo-pardo pálido con motas rojas”, en el caparazón se presentan tres bandas verticales “rojo púrpura”, las quelas son de color “verde oscuro” y llegan a ser “azules en la parte distal”;

En tanto que para la misma especie, la descripción que hizo Hedgpeth (1949) fue:

es de color “verdoso” y las quelas “no son tan coloridas” y están cubiertas de lodo.

Al momento de coleccionar los langostinos en los oasis, se observó que algunos ejemplares suelen cambiar de color desde un tono translúcido hasta amarillo o blanco opaco, probablemente por el estrés de la captura y manejo.

Una séptima especie (*M. occidentale* Holthuis, 1950) que se distribuye en el noroeste de México por el lado continental (Wicksten y Hendrickx, 2003) no se ha podido registrar en los oasis de la península. Sin embargo Álvarez *et al.* (1996) mencionaron que precisamente es en los cuerpos de agua dulce donde podríamos registrar nuevas especies de decápodos, principalmente porque se desconocen muchos sitios, y por la falta de investigadores que se dedican a trabajar en los cuerpos de agua dulce. Por esta razón se incluyó en la clave de identificación (página 56) ya que no se descarta su posterior recolecta en los oasis, sin embargo, para probar esta hipótesis, se requiere de un monitoreo adicional.

4.3. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

Los resultados que mostró el Análisis de Función Discriminante brindan soporte a la hipótesis de que los ejemplares de quelas asimétricas guardan una estrecha relación entre ellos, así lo señaló Villalobos (1969) al nombrarlos como el “grupo *olfersii*”. En cambio, las especies de quelas subiguales (isoquelas) no se agrupan entre sí, manteniendo su identidad como se observa en los clados de la figura 14. Las características diagnósticas que se pudieron obtener de las descripciones originales (Anexo V), muestran de alguna manera que es muy fácil caer en errores de identificación. Al mismo tiempo que se confirma la poca variabilidad morfológica que presenta el grupo, como lo mencionaron Holthuis (1952) y Villalobos (1968). En la descripción de las especies *M. hobbsi* y *M. michoacanus*, se destaca que la forma de la palma y de los bordes cortantes son las características más importantes para determinar las especies y separarlas de las formas más cercanas. Con los datos analizados se pudo confirmar que al menos las especies hasta ahora reconocidas como *M. acanthochirus*, *M. digueti* y *M. michoacanus* pueden ser una sola especie. En las figuras 9 y 11 se aprecia la forma de la quela del segundo par de pereiópodos y el patrón de ornamentación de la superficie externa de la palma, las cuales son muy semejantes. Así, la forma de los dedos de la segunda quela grande puede ser una variación de la misma especie. En el otro caso, se observa que *M. hobbsi* está más relacionado con *M. olfersii* ya que la ornamentación de espinas y setas en la palma del segundo pereiópodo grande son similares (Figuras 10 y 12). Además, hasta hoy, ambas especies son las únicas que han sido registradas como anfiamericanas (Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Wicksten y Hendrickx, 2003) y en algunos lugares de la península fueron recolectadas en co-ocurrencia (Tabla II). Como lo mencionó Somers (1989), la variación

morfológica puede tener implicaciones ecológicas, fisiológicas y taxonómicas, y los *Macrobrachium* de la península son un ejemplo. El soporte del análisis morfométrico de estas observaciones se muestra en la figura 16 y en las tablas III y IV. Posiblemente la variación en la forma de los dedos y desarrollo de la segunda quela grande sea el reflejo de una jerarquía social. Así lo explicaron Dimmock *et al.* (2004) al estudiar la variación de las formas de *M. australiense* en donde un macho asume cierto dominio y crece rápidamente mostrando ciertas diferencias, mencionaron también que cambios en las condiciones ambientales podrían favorecer la expresión de algún carácter morfológico. Adicionalmente, en *M. amazonicum* se observaron cambios en la talla de los segundos pereiópodos como un efecto de la densidad de cultivo (Moraes-Riodades y Valenti, 2006).

4.4. ANÁLISIS MOLECULAR

Debido a las topologías obtenidas con los diferentes programas (Figuras 17 a 19) y a los valores de distancia genética (Tablas V VI y VII) se brinda soporte a la hipótesis de que las formas *M. hobbsi* y *M. olfersii* puedan ser tratadas como la misma especie. Lo anterior se sustenta porque los valores de distancia genética dentro del grupo *olfersii* no fueron superiores al 5%, por lo que no hay suficiente evidencia para tratarlas como especies diferentes. Murphy *et al.*, (2004) mencionaron que con secuencias obtenidas de un fragmento del gen 16S, se pudieron clarificar las relaciones taxonómicas y definir los límites de las especies morfológicamente conservadas de los langostinos de Australia.

Bruyn *et al.* (2003) mencionaron que también con fragmentos del gen 16S, diferencias entre haplotipos de *M. rosenbergii* estimadas por el método de Kimura 2, pueden variar hasta 5 o 6%, lo cual es muy alto a nivel de especies. Mashiko y Numachi (2000) demostraron que a lo largo de un gradiente ambiental en ríos y estuarios de Japón, se encontraron variaciones a nivel genético en *M. nipponense* (de Haan). Con lo anterior, se apoya la idea de que la variación haplotípica del grupo formado por *M. hobbsi* y *M. olfersii* corresponde a una especie polimórfica.

En el caso de las formas *M. digueti* y *M. michoacanus*, la solución es más clara, solamente se formó un haplotipo al comparar las tres secuencias de *M. digueti* con las cinco de *M. michoacanus* (Figura 17), nuevamente se confirma lo que el Análisis de Función Discriminante agrupó. Así, las morfoespecies de las figuras 9 y 11 son la misma entidad genética (16S). Estos resultados apoyan la idea de que taxonómicamente, algunos rasgos morfológicos pueden ser influenciados por las condiciones ambientales (Villalobos, 1968; Mashiko y Numachi, 2000; Dimmock *et al.*, 2004; Murphy *et al.*, 2004). También la variación morfológica puede ser la respuesta a cierta jerarquía social (Dimmock *et al.*, 2004). Una clara señal de este agrupamiento de especies se respalda cuando se analizan las secuencias de las formas *M. digueti* y *M. michoacanus* con la de *M. acanthochirus* del GenBank. La similitud de las secuencias es de 100% y nuevamente confirma el agrupamiento que se tuvo con los análisis morfométricos (Figuras 16 B, 18 y Tabla V).

Las topologías obtenidas de los diferentes algoritmos de filogenia molecular, mostraron consistencia en el agrupamiento de las especies. Por lo anterior, no se puede apoyar la hipótesis de que la forma de las quelas (isoquelas o heteroquelas) tenga un

soporte filogenético, al menos analizado con el fragmento del gen 16S. Esto se confirma al revisar las figuras 17 a 19, en donde se aprecia que *M. americanum* y *M. tenellum* quedan agrupados en clados diferentes. Para ambas especies, las diferencias encontradas por el método de Kimura2 son mayores al 10% (Tablas V, VI y VII) por lo que la identidad de cada una no genera problemas. En este sentido, Murphy y Austin (2005) mostraron que las especies de langostinos nativas de Australia han tenido diferentes orígenes y no evolucionaron a partir de un ancestro común.

Respecto al uso de herramientas moleculares (como en este caso, un fragmento del gen 16S) para su aplicación en taxonomía y sistemática, es una ventaja que no se debe desaprovechar. Como se mencionó anteriormente hay ocasiones en que no es posible la captura de machos adultos para identificar a las especies, en cambio, si se tiene solamente un ejemplar y se extrae el ADN, es posible hacer la comparación de las secuencias y saber de qué especie se trata. Este fue el caso de otras 20 secuencias de hembras de langostinos y que se lograron determinar (100% de similitud) con las de los machos ya identificados. Particularmente, en la localidad Las Vinoramas, los ejemplares recolectados fueron solamente hembras y al hacer la comparación de las secuencias, se obtuvo 100% de similitud con las de los machos de *M. americanum* de otras localidades.

En estudios como este, donde la identidad de las especies es conflictiva y los límites entre especies suelen ser poco claros, la “molecularización de la taxonomía” (Lee, 2004) juega un papel importante para resolver los límites de las especies. Al respecto, la identidad de las especies reconocidas bajo el concepto morfológico deberá tomarse con cautela ya que la evidencia molecular sugiere que se trata de especies con variación morfológica que no se había demostrado (ver capítulo 4.5 más adelante).

Recientemente, Jayachandran (2001) propuso la división de los langostinos en dos subgéneros: *Macrobrachium*, que incluya a todas las especies que presentan quelas simétricas y la punta del telson alcanzando o rebasando la porción distal de la espina uropodial; el otro, *Allobrachium*, que incluya a las especies de quelas asimétricas (heteroquelas) y la punta del telson que no alcanza el extremo distal de la espina uropodial. El material revisado en este trabajo no muestra dichas consistencias, por lo que no se acepta la división del grupo hasta que se tenga evidencia molecular que soporte la propuesta anterior como una característica que agrupa filogenéticamente a ambas formas.

OTRAS ESPECIES REGISTRADAS

Respecto a los decápodos complementarios, el registro de *L. vannamei* es interesante debido a su distribución natural. Esta especie es de afinidad tropical (Boone, 1931) con un intervalo de distribución desde el sur del Golfo de California hasta Perú (Hendrickx, 1992; 2005). En el presente estudio se registraron ejemplares en la región occidental de la Península, la cual se caracteriza por condiciones templado-cálidas influenciada por la corriente de California (Brusca y Wallerstein, 1979), donde *L. stylirostris* tiene su distribución natural (Hendrickx, 1995a). La presencia de *L. vannamei* en la costa occidental de la Península posiblemente fue causada por un inapropiado manejo de una granja de acuicultura de esta especie cercano a los sitios de muestreo (San Gregorio y Santa Fe del Anexo III). La falta de planeación en las actividades del cultivo de camarón ha promovido la introducción de especies “exóticas” en diferentes áreas biogeográficas. Debido a su gran tolerancia a enfermedades, *L. vannamei* (nativo del Pacífico Este, Boone, 1931) ha sido exitosamente introducido para acuicultura en el

Atlántico occidental (Bowles *et al.*, 2000), así como en Asia, desde India hasta Indonesia (Funge-Smith y Briggs, 2003).

La presencia de *L. vannamei*, *Callinectes arcuatus* y *Palaemonetes hiltoni* en algunos cuerpos de agua dulce, probablemente es explicada por su tolerancia a cambios osmóticos. Rosas-Vásquez y Sánchez-Zamora (1994), mencionaron que los crustáceos costeros muestran diferentes mecanismos de adaptación como la regulación osmótica para tolerar los cambios ambientales. Particularmente los peneidos, parecen ser exitosos para resistir cambios de salinidad (Balbi *et al.*, 2005). La jaiba azul, *C. arcuatus* es bien conocida como una especie que tolera condiciones eurialinas en las lagunas costeras (Brusca, 1980; Paul, 1982). Por su parte, el camarón *P. hiltoni* es una especie marina que invade sistemas de estuarios y puede tolerar salinidades hasta 22UPS (Hendrickx, 1995a). Todas estas especies fueron recolectadas en cuerpos de agua entre 0.26 y 4.1 g/L de sólidos disueltos totales, lo que demuestra su tolerancia a diferentes grados de salinidad.

El registro de especies marinas panámico- tropicales en los cuerpos de agua dulce puede ser debido a la oportunidad de incursionar desde la zona costera- salobre hacia el cuerpo de agua dulce durante eventos de lluvias extremas provocadas por huracanes. Así, la clasificación de especies “periféricas” o “complementarias” mencionada por Follett (1960) y Ruiz-Campos *et al.* (2003) para los peces de agua dulce, puede ser aplicada con los crustáceos aquí registrados.

El caso del cangrejo rojo *Procambarus clarkii* es un ejemplo de la invasión progresiva de esta especie en los cuerpos de agua dulce. Huner (1980) mencionó que la especie es nativa del Centro-Sur de los Estados Unidos, mientras que Campos y Rodríguez-Almaráz (1992) mencionaron que es nativa del Río Bravo, entre “San Antonio

y El Paso”. La especie ha sido introducida en muchas localidades de México y Estados Unidos (Huner, 1980; Hobbs, 1989), así como en otros países a diferentes latitudes (Holdicht, 1999; Campos, 2005; Barbarersi y Gherardi, 2006). La presencia de *P. clarkii* en arroyos de la península de Baja California, así como en otras localidades fuera de la cuenca del Río Bravo, ha sido promovida por introducciones humanas (Campos y Rodríguez-Almaraz, 1992). En el presente trabajo se registran nuevas localidades y se determina que el límite sur de su distribución en la Península es en la cuenca de San Ignacio (27° 10'N, 112° 52'W), unos 550 km al sur de Santo Tomás, registro mencionado por Campos y Rodríguez-Almaraz (1992; Hernández *et al.*, en prensa).

Por otro lado, la invasión (introducción) de *P. clarkii* puede provocar un impacto negativo en las poblaciones de las especies nativas. Esta especie ha causado detrimento en la vegetación acuática provocando cambios drásticos en la comunidad de invertebrados y vertebrados (Gil-Sánchez y Alba-Tercedor, 2002). También actúa como hospedero intermedio en la transmisión de numerosos parásitos (ISSG, 2007). Experimentos de campo y de laboratorio mostraron que *P. clarkii* es depredador de los huevos de anfibios nativos en los arroyos de las montañas de Santa Mónica, California (Gamradt y Kats, 1996). La actividad invasiva de este cangrejo, podría reducir las poblaciones locales de anfibios, por lo que representa un potencial de pérdida de diversidad en los cuerpos de agua dulce de la península.

Adicionalmente, el establecimiento de una granja de cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* en el sur de la península delata los erróneos planes de manejo y promoción de cultivo de especies en Baja California. Se ha reportado que esta especie es un fuerte competidor (Williams *et al.*, 2001) y portador de una amplia variedad

de parásitos como microsporidios, bacterias, hongos, protozoarios y temnocéfalos (Villarreal y Peláez, 1999). Estos parásitos podrían fácilmente dispersarse entre la fauna nativa, como las especies de *Macrobrachium* cercanas a la granja. En otros estados de México, *C. quadricarinatus* se encuentra fuera de control en algunos cuerpos de agua dulce y progresivamente ha invadido diferentes ríos, donde habitan varias especies de decápodos nativos (Bortolini *et al.*, 2007).

4.5. DE LOS CONCEPTOS DE ESPECIE

Si bien es cierto que el concepto de especie biológica es el más aceptado entre los biólogos, en el presente estudio no se puede aplicar dicho concepto de manera estricta, ya que no fue posible observar la posibilidad de intercruzas de las diferentes poblaciones. Sin embargo cruza entre *M. rosenbergii* y *M. carcinus* fueron realizadas en Venezuela sin que se lograra obtener copulación (Graziani *et al.*, 2003); en tanto que por inseminación artificial, se obtuvieron cigotos pero no se desarrollaron más allá de la gastrulación. Graziani *et al.* (op.cit.) concluyeron que no hay riesgo de hibridación entre las especies anteriormente mencionadas.

Bajo el concepto de especie biológica, no se considera la variación intraespecífica que existe entre los machos y las hembras de las especies de *Macrobrachium*, ni los cambios anatómicos dentro de una misma especie. Dichos cambios pueden ser provocados por la edad, temporada reproductiva o algún otro factor (Mayr, 2000) como la jerarquía dentro de la estructura social (Dimmock *et al.*, 2004). El registro de seis

especies de langostinos reconocidas en el presente trabajo bajo el concepto de especie morfológica, les confiere el estatus de especies válidas ya que cumplen con las características diagnósticas (Cracraft, 2000). Sin embargo, el concepto de especie morfológica (y/o tipológica) tampoco considera la variación que puede haber en las poblaciones (Cracraft, 2000). Para el caso de los *Macrobrachium*, las claves de identificación solamente consideran a la especie tomando como referencia la morfología del macho adulto. Es posible que ciertas especies fueron descritas con base en un solo ejemplar capturado (Cracraft, 2000; Cai y Ng, 2002), en otros casos, no se tienen ilustraciones de la especie, o bien, no existen nuevos registros a partir de su descripción (Cai y Ng, 2002). El análisis molecular mostró que algunas secuencias similares (98 a 100%) provienen de morfoespecies diferentes. Este resultado hace suponer que el concepto de especie biológica complementado con los aspectos genéticos, propuesto por Dobzhansky (en Paterson, 1993) justifica el agrupamiento que se observa en los árboles filogenéticos construidos a partir del fragmento del gen 16S (Figuras 17 a 19).

4.6. ORIGEN DE LOS LANGOSTINOS EN LA PENÍNSULA

De acuerdo con el análisis biogeográfico del noroeste mexicano, la península de Baja California debe considerarse como Neártica (Álvarez-Castañeda *et al.*, 1995). Particularmente en la Península, Ramamoorthy *et al.* (1993) mencionaron que la topografía fragmentada y climas extremos son factores que favorecen la formación de “islas biológicas” y que albergan numerosos endemismos. Respecto a la fauna de agua dulce,

Castro-Aguirre *et al.* (1999) señalaron que la clasificación ecótica de los peces estuarino-lagunares, tiene como hipótesis el movimiento de poblaciones desde el mar hacia las aguas continentales. Esta hipótesis ya había sido planteada por Follet (1960) para explicar la presencia de peces de agua dulce en la península de Baja California. Teniendo en cuenta que tanto para los peces como para los langostinos el hábitat es el mismo, no se descarta el mismo origen para los langostinos aquí estudiados. Al respecto, Bouvier (1895) mencionó que el origen de los langostinos en Mulegé (y en consecuencia, en la península de Baja California) se remonta a tiempos anteriores al levantamiento del istmo de Centroamérica. En ese tiempo (Mioceno), ancestros marinos que formaban tres especies ampliamente dispersas en el Pacífico y en el Atlántico, se fueron adaptado progresivamente a la vida en las aguas dulces. Para explicar la amplia distribución geográfica del grupo, Hedgpeth (1949) propuso que la dispersión se realizó por el transporte de larvas o juveniles en las lagunas costeras y deltas estuarinos desde tiempos del Pleistoceno. Fièvet *et al.* (2001) mencionaron al respecto que el origen de la fauna de agua dulce actual (peces y langostinos), son derivados de formas marinas ancestrales que de alguna manera fueron invadiendo los cuerpos de agua dulce. Así mismo, Castro-Aguirre *et al.* (1999) señalaron que la clasificación ecótica de los peces estuarino-lagunares, tiene como hipótesis el movimiento de poblaciones desde el mar hacia las aguas continentales. Por lo anterior, no se descarta el mismo origen para los langostinos que se han establecido en los cuerpos de agua dulce de la península.

La presencia de especies geminadas por ambos lados del continente americano, puede ser explicada considerando la hipótesis de que algunos palemónidos tuvieron su dispersión desde tiempos en que había comunicación entre el Atlántico y Pacífico

(Villalobos, 1968). Al analizar la forma de la segunda quela grande en varias especies de *Macrobrachium*, Villalobos (1968) propuso que el “grupo *olfersii*”, conformado por especies con alta similitud morfológica (Tabla I) podrían representar una misma especie con ciertas variaciones producto del aislamiento poblacional. Al respecto, las especies de *Macrobrachium* que hoy reconocemos en los oasis de la Península, así como a lo largo de su distribución por ríos que vierten hacia el Pacífico Este Tropical, podrían ser un complejo derivado de una especie ancestral del Atlántico (*M. olfersii*). Dicha especie no ha mostrado diferenciación morfológica y ha sido registrada recientemente en el Pacífico por Wicksten y Hendrickx (2003). En este sentido, Durham y Allison (1960) mencionaron que la fauna marina del Pleistoceno ha cambiado, pero la evolución orgánica es poco detectable; si esto es cierto, entonces los langostinos de la península, que pudieron originarse del lado continental, hoy en día no han mostrado rasgos morfológicos que los separe. Prueba de ello es que no se encontró evidencia morfológica ni molecular suficiente para considerar que se trata de diferentes especies (e.g. las especies de *M. olfersii* de Brasil y de la península (Figura 18).

Se ha dado mucha atención al Istmo de Panamá como una barrera de dispersión de organismos marinos y poca atención se ha dedicado al Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) como una barrera de dispersión de los organismos terrestres y dulceacuícolas. Desde el principio del Mioceno, el CVTM ha fragmentado los drenajes ribereños dando paso a eventos vicariantes en un gran número de organismos acuáticos incluyendo salamandras, sapos y peces (Mateos *et al.*, 2002). Probablemente las formas de *M. olfersii* que observó Villalobos (1968) sean una evidencia de la ruta de dispersión de esa especie.

De acuerdo con los datos del presente estudio, los cuerpos de agua dulce de la península (arroyos, oasis y pozas) son dominados en la región norte por el cangrejo rojo *P. clarkii* (desde Tijuana hasta San Ignacio) y en el sur, por los langostinos del género *Macrobrachium* (desde Mulegé hasta San José del Cabo). Las poblaciones del norte, fueron introducidas por el hombre, mientras que en el sur, probablemente se trata de vestigios de antiguas formas que invadieron los arroyos desde la época del Pleistoceno (Bouvier, 1895; Hedgpeth, 1949). Desde entonces, lograron establecerse debido a la ausencia de especies de naturaleza ecológica similar (Follett, 1960), por lo que hoy en día representan formas vicarias.

4.7. LA CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES DE *MACROBRACHIUM*

Respecto al manejo de la fauna en los oasis, Maya *et al.* (1997) mencionaron que uno de los grandes problemas para preservar los oasis ha sido evitar la sobreexplotación de los cuerpos de agua. Algunos lugareños mencionan que al irse reduciendo el cuerpo de agua quedan expuestos muchos organismos (peces y langostinos) y al paso el tiempo la poza o el ojo de agua se seca. En varios sitios visitados el espejo de agua ya no existe (tomando como referencia las localidades mencionadas por Ruiz-Campos *et al.*, 2003), y en consecuencia la flora y fauna acuática desapareció.

A pesar de que no hay un seguimiento del estado de las poblaciones de langostinos en los oasis, poco a poco los langostinos van desapareciendo de sus sitios

naturales, un ejemplo es la virtual desaparición de *M. digueti* de su localidad tipo, el oasis de Mulegé. No se tienen registros de esta especie posteriores a la publicación de Holthuis (1952). Gran parte del deterioro ambiental en este y otros cuerpos de agua se deben al continuo crecimiento urbano, extracción del agua, así como la construcción de presas y bordos. Este tipo de modificaciones en el ambiente limitan los movimientos de los langostinos y adicionalmente ponen en riesgo la flora y fauna local, como lo señalaron León de la Luz y Domínguez (2006) y Ruiz-Campos *et al.* (2003; 2004; 2006). Todos ellos coinciden en que el principal factor que atenta contra la integridad de los cuerpos de agua dulce en la Península es la alteración humana. Lo mismo mencionó Santos (2006) quién detectó que las alteraciones y destrucción del hábitat para langostinos de agua dulce en Hawai, recientemente han conducido a la extinción de algunas poblaciones de *Halocaridina rubra*. Desde el punto de vista de la biodiversidad, Álvarez *et al.* (1996) mencionaron que particularmente el crecimiento urbano y explotación de los acuíferos han promovido la pérdida de poblaciones de crustáceos que habitaron sitios tan pequeños como una cueva. De continuar la explotación de los cuerpos de agua, traerá como consecuencia la pérdida de especies. Señalaron también que precisamente por tratarse de especies cuya distribución es restringida y la capacidad de dispersión es limitada, se deben considerar como especies raras. Así mismo, Darwall y Vie (2005) indicaron que por el deterioro ambiental, la biodiversidad de la mayoría de los cuerpos de agua continental se considera en riesgo. En este sentido, las especies de *Macrobrachium* de la península de Baja California están amenazadas debido a las modificaciones del hábitat y la introducción de especies exóticas. De acuerdo con Wilcove *et al.* (1998), otro de los grandes problemas que pone en riesgo a la biodiversidad son la destrucción del hábitat

(por pérdida o degradación) y la introducción de especies exóticas. De los sitios visitados, 51% muestran signos de explotación del cuerpo de agua para uso humano. En 12 de los sitios el cauce del agua está interrumpido por pequeñas presas y en la mayoría de los sitios con langostinos, la comunidad acuática ha sido modificada por la introducción de peces exóticos como lo mostraron Ruiz-Campos *et al.* (2003; 2004; 2006). Respecto a la fauna exótica, Huner (1980) señaló que la introducción de crustáceos no nativos resultará en cambios ecológicos, salvo que, los exóticos ocupen un nicho completamente desocupado, lo cual rara vez ocurre. Ante este riesgo se han identificado dos zonas del estado de Baja California Sur relacionadas con granjas de langosta australiana de agua dulce. La ubicación de estas granjas es muy próxima a los sitios en donde se han registrado langostinos. Este crustáceo exótico (*Cherax quadricarinatus* o langosta australiana) potencialmente puede ser causa de alteraciones ecológicas negativas. Lodge *et al.* (2000) reportaron que invariablemente esta especie ha escapado de los sistemas de cultivo, por lo que el riesgo de que suceda lo mismo en los oasis es inminente. Recientemente Bortolini *et al.* (2007) reportaron que en ciertos lugares de México, ejemplares de *C. quadricarinatus* ya se encuentran de manera silvestre en ríos de las cuencas de los estados de Morelos y Tamaulipas. La langosta australiana se considera un invasor agresivo que puede competir y desplazar a los langostinos nativos (Williams *et al.*, 2001). Como consecuencia de ello, en algunos países y ciudades de los Estados Unidos, ya se han tomado medidas de carácter legal para evitar la introducción y cultivo de esta especie (Lodge *et al.*, 2000). Debido a que el control o eliminación de especies exóticas es una tarea difícil, las autoridades mexicanas deberían prestar atención al respecto y prohibir también la introducción de exóticos en la península. Desde su

introducción a la península de Baja California en 1998, la langosta australiana ha estado confinada en sistemas de cultivo que hasta ahora han sido eficientes para evitar su escape (Villarreal, com. pers.), lo cual se ha demostrado con el paso de dos huracanes cerca de la granja (en 2003) y no se produjeron daños al sistema de cultivo. Sin embargo, el riesgo existe y tal vez ahora es tiempo de tomar medidas de protección.

Una segunda especie de Astacidea, el acocil rojo (*Procambarus clarkii*) ha sido recolectada en los arroyos de la cuenca de San Ignacio y varios arroyos hacia el norte de la península. El oasis de San Ignacio es la localidad tipo de un pez endémico de la península que rápidamente ha mermado su población a consecuencia de los exóticos introducidos (Ruiz-Campos *et al.*, 2003).

Hasta ahora, no hay evidencia de la co-ocurrencia y competencia entre la fauna nativa de decápodos (*Macrobrachium* spp.) y los decápodos exóticos (e.g. *P. clarkii* ó *C. quadricarinatus*), pero la posibilidad existe y se puede evitar con acciones de control que limiten las introducciones en nuevas localidades.

Las acciones que se toman por conocer y preservar nuestra biodiversidad generalmente dedican sus esfuerzos a ciertos grupos (de mayor afinidad al hombre) dejando a los invertebrados como de segunda importancia. En este caso, los crustáceos quedaron abandonados y es ahora que surge cierto interés por ellos y sus sitios. Josh y Martin (2004) mencionaron que cualquier acción en contra de los exóticos se justifica, debido a los efectos negativos que provocan en el ecosistema y la potencial pérdida de biodiversidad. Al respecto, algunas medidas de protección podrían darse a las cuencas en donde no se han encontrado exóticos y que a su vez poseen langostinos nativos, como serían las cuencas Alfredo V. Bonfil, El Coyote, y Plutarco Elías Calles, en especial esta

última, la cual alberga a cinco de las seis especies registradas. Para esto, es necesario la identificación de los indicadores bióticos y abióticos de los oasis, así como conocer la composición específica (biodiversidad) y estudios de dinámica poblacional de las especies lo cual es el factor clave para proponer acciones de manejo y conservación.

A pesar del potencial de aprovechamiento de los langostinos, la mayoría de los trabajos tratan sobre registros, localidades de recolecta y listados sistemáticos. En la península se carece también de una normatividad que regule su extracción, ya que en varias localidades se pescan para consumo local sin regulación, incluso en la Delegación de SEMARNAT desconocen de la presencia y extracciones de langostinos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Después de un extenso muestreo a lo largo de la península de Baja California se puede confirmar que los langostinos del género *Macrobrachium* tienen su límite norte de distribución en las inmediaciones del paralelo 27°.

La presencia de seis morfoespecies de *Macrobrachium* hace resaltar la importancia en biodiversidad de la Península, albergando el 80% de las especies reconocidas para la vertiente Pacífico de México.

Los análisis morfométricos y moleculares aquí realizados sugieren que las especies morfológicas *M. hobbsi* y *M. olfersii* son la misma especie genética, que por prioridad taxonómica deberá nombrarse *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836).

Así mismo, los análisis obtenidos para las especies morfológicas *M. digueti*, *M. acanthochirus* y *M. michoacanus* indican que no hay evidencia suficiente para considerarlas especies genéticamente diferentes y, por prioridad taxonómica, el sinónimo válido sería *Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895).

Por la evidencia molecular (16S ARNr) y morfométrica, en la presente tesis se reconocen en la Península cuatro especies de langostinos del género *Macrobrachium*:

Macrobrachium americanum Bate, 1868; *Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895); *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) y *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871).

Las especies confinadas a los cuerpos de agua dulce de la Península de Baja California son morfológica y genéticamente (16S) semejantes a las que se presentan en la vertiente Pacífico de México.

Las poblaciones de *Macrobrachium* registradas en el presente trabajo, representan relictos biogeográficos en ambientes mesofílicos cuya presencia se remonta a la evolución geológica y climática peninsular.

CAPÍTULO 6

RECOMENDACIONES

Intensificar los muestreos en los cuerpos de agua dulce para incrementar los registros de las especies de *Macrobrachium* en la Península.

Experimentar la hipótesis de que los ejemplares del “grupo *olfersii*” pueden cambiar la forma de la segunda quela grande como respuesta a ciertas características ambientales ó de comportamiento.

Desarrollar técnicas de cultivo para las especies de langostinos nativos, considerando las necesidades bióticas y abióticas de los langostinos de los oasis.

Proponer planes de manejo y aprovechamiento de los recursos naturales incluyendo la protección y conservación de las especies nativas de flora y fauna.

La identidad de las especies de *Macrobrachium* deberá estudiarse bajo la perspectiva del análisis molecular, y confirmar con otros genes la evidencia de la variación morfológica.

Evitar los programas de introducción y cultivo de especies exóticas en sistemas abiertos cerca de los biotopos de los oasis.

CAPÍTULO 7**LITERATURA CITADA**

Acuña G. E. P. 2002. Estructura genética, variación isoenzimática y morfología de tres especies de *Macrobrachium* spp. de Veracruz y Tabasco, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México 187 Pp.

Álvarez F., J. L. Villalobos-Hiriart y E. Lira. 1996. Decapoda. 103-129. *En*: J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano, eds. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México I: hacia una síntesis de su conocimiento. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad-Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Álvarez S., P. Galina y L. Grismer. 1997a. Anfibios y reptiles. 125-142. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. SIMAC-CIB. México.

Álvarez S., P. Galina y G. Arnaud. 1997b. Mamíferos. 249-259. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. SIMAC-CIB.

Álvarez-Arellano A. y J. Gaytán-Morán. 2005. Rehabilitación y conservación de los humedales. Puntos comparativos entre los manantiales de Todos Santos y el oasis de Azraq, Jordania. 93-95. *En*: R. Rodríguez-Estrella, M. Cariño-Olvera y C. Aceves-García, eds. Reunión de análisis de los oasis de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.

Álvarez-Ruiz M., J. Cabrera-Peña y Y. Solano-López. 1996. Morfometría, época reproductiva y talla comercial de *Macrobrachium americanum* (Crustacea: Palaemonidae) en Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 44: 127-132.

Arriaga L. 1997. Introducción. 1-2. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. SIMAC-CIB. México.

Arriaga L., S. Díaz, R. Domínguez y J. L. León. 1997. Composición florística y vegetación. 69-106. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. SIMAC-CIB. México.

Balbi, F., J. Rosas, J., A. Velásquez, T. Cabrera y C. Maneiro, 2005. Acclimation to low salinity of postlarvae of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) from two commercial hatcheries. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* [online], 40 (2): 109-115. http://scielo-test.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-1957200500200003&lng=en&nrm=iso. [acceso 22 August 2006].

Barbaresi, S. y F. Gherardi. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Biological Invasions* 39 (3): 175-191

Barriga-Sosa I. D., M. D. L. Jiménez-Badillo, A. L. Ibáñez y J. L. Arredondo-Figueroa. 2004. Variability of tilapias (*Oreochromis* spp.) introduced in Mexico: morphometric,

meristic and genetic characters. *Journal of Applied Ichthyology* 20: 7–14.

Bate S. 1868. On a new genus with four new species of freshwater Prawns. *Proceedings of the Zoological Society of London* 363-368.

Blázquez M. C. 1997. Test del uso de reptiles como elementos de evaluación para la conservación. 143-155. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. *Los oasis de la península de Baja California*. SIMAC-CIB. México.

Boone L. 1931. A collection on anomuran and macruran crustacea from the bay of Panama and the fresh waters of the canal zone. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 63: 137-189.

Bortolini J. L., F. Álvarez y G. Rodríguez-Almaráz. 2007 On the presence of the Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in México. *Biological Invasions* 9 (5): 615-620.

Bouvier E. L. 1895. Sur les Palémons recueillis dans les eaux douces de la Basse-Californie par M. L. Diguët. *Bulletin du Muséum de Histoire Naturelle Paris* 1: 159-162.

Bowles D. E., K. Aziz y Ch. L. Knight. 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and an assessment of threats to their survival. *Journal of Crustacean Biology* 20: 158-171.

Bruce, A. J. 1992. A re-description of *Macrobrachium handschini* (Roux, 1933) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Hydrobiologia* 231: 131-139.

Brusca, R. C., 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. 2^a Ed. The University of Arizona Press. 513 pp.

Brusca, R. y B. R. Wallerstein, 1979. Zoogeographic patterns of idoteid isopods in the northeast Pacific, with a review of shallow-water zoogeography of the area. *Bulletin of the Biological Society of Washington* 3: 67-105.

Bruyn M., J. A. Wilson y P. B. Mather. 2003. Huxley's line demarcates extensive genetic divergence between eastern and western forms of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Molecular phylogenetics and Evolution* 30: 251-257.

Cai Y. y P. K. L. Ng. 2002. The freshwater palaemonid prawns (Crustacea: Decapoda: Caridea) of Myanmar. *Hydrobiologia* 487: 59-83.

Cabot E. 1988. The Eyeball Sequence Editor. V. 3.2©.

Campos, M. R. 2005. *Procambarus (Scapulicambarus) clarkii* (Girard, 1852), (Crustacea: Decapoda: Cambaridae). Una langostilla no nativa en Colombia. *Academia Colombiana de Ciencias exactas Físicas y Naturales* 111: 295-302

Campos E. y G. Rodríguez-Almaraz. 1992. Distribution of the red swarm crayfish *Procambarus clarkii* (Girard 182) (Decapoda; Cambaridae) in Mexico: an update. *Journal of Crustacean Biology* 12 (4): 627-630.

Castro-Aguirre J. L., H. S. Espinosa-Pérez y J. J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. LIMUSA. México, D.F. 711 Pp.

Cariño-Olvera M. 2005. Importancia sociocultural de los oasis sudcalifornianos. 67-75. *En* R. Rodríguez-Estrella, M. Cariño-Olvera y C. Aceves-García, eds. Reunión de análisis de los oasis de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.

Collins P. 1998. Laboratory evaluation of the freshwater prawn, *Macrobrachium borellii*, as a predator of mosquito larvae. *Aquatic Science* 60: 22–27.

Cracraft J. 2000. Species concepts in theoretical and applied biology: a systematic debate with consequences. 3-14. *En*: Q. Wheller y R. Meier, eds. Species concepts and phylogenetic theory. A debate. Columbia University Press, New York.

Crandall K. y J. F. Fitzpatrick. 1996. Crayfish molecular systematics: using a combination of procedures to estimate phylogeny. *Systematic Biology* 45 (1): 1-26.

Darwall W. R. y J. C. Vie. 2005. Identifying important sites for conservation of freshwater biodiversity: extending the species-based approach. *Fisheries Management and Ecology* 12: 287–293.

Dimmock A., I. Williamson y P. B. Mather. 2004. The influence of environment on the morphology of *Macrobrachium australiense* (Decapoda: Palaemonidae). *Aquaculture International* 12: 435-456.

Durham J. W. y E. C. Allison. 1960. Geologic history of Baja California and its marine faunas. *Systematic Zoology* 9 (3): 47-89.

Ferrusquía-Villafranca I. 1993. Geology of Mexico: A synopsis. 3-107. *En*: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa, eds. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford, New York, 812 Pp.

Fièvet E., S. Dolédec y P. Lim. 2001. Distribution of migratory fishes and shrimps along multivariate gradients in tropical islands streams. *Journal of Fish Biology* 59: 390-402.

Follett W. I. 1960. The freshwater fishes. Their origins and affinities. *Systematic Zoology* 9: (3) 212-232.

Funge-Smith S. y M. Briggs. 2003. The introduction of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris* into the Asia-Pacific region. Paper presented in the International workshop

“International mechanisms for the control and responsible use of alien species in aquatic ecosystems”. 26-29 August, 2003. People's Republic of China. 17 Pp.

Gamradt S. y L. B. Kats. 1996. Effect of introduced crayfish and mosquitofish on California newts. *Conservation Biology* 10 (4): 1155-1162.

Graziani, C., C. Moreno, E. Villarroel, T. Orta, C. Lodeiros y M. De Donato. Hybridization between the freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) and *M. carcinus* (L.). *Aquaculture* 217: 81-91.

Gil-Sánchez JM, Alba-Tercedor J (2002) Ecology of the native and introduced crayfishes *Austropotamobius pallipes* and *Procambarus clarkii* in southern Spain and implications for conservation of the native species. *Biological Conservation* 105: 75-80

Grismer L. 1994. The origin and evolution of the peninsular herpetofauna of Baja California, México. *Herpetological Natural History* 2 (1): 51-106.

Grismer L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific islands and the islands of the sea of Cortez. University of California Press. Singapore. 399 Pp.

Grismer L., J. A. McGuire, and B. D. Hollingsworth. 1994. A report on the herpetofauna of the Vizcáno peninsula, Baja California, México, with a discussion of its Biogeographic

and Taxonomic implications. Bulletin of the Southern California Academy of Science 93 (2): 45-80.

Guzmán-Poo J. R. 2005. Aves del estero de San José, San José del Cabo, B.C.S. 17-51. *En* R. Rodríguez-Estrella, M. Cariño-Olvera y C. Aceves-García, eds. Reunión de análisis de los oasis de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.

Hedgpeth J. 1949. The north american species of *Macrobrachium* (river shrimp). The Texas Journal of Science 1: 28-38.

Hendrickx, M., 1992. Distribution and zoogeographic affinities of decapod crustaceans of the Gulf of California. Proceedings of the San Diego Society of Natural History, 20: 1-12.

Hendrickx M. E. 1994. Catálogo de crustáceos y estomatópodos. Colección de referencia Estación Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México 134 Pp.

Hendrickx M. E. 1995a. Camarones. 417-538. *En*: Fisher W., F. Kupp, W. Shneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. H. Niem, eds. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental. Plantas e Invertebrados. I.

Hendrickx M. E. 1995b. Cangrejos. 565-636. *En*: Fisher W., F. Kupp, W. Shneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. H. Niem, eds. Guía FAO para la identificación de especies para los fines d la pesca. Pacífico Centro Oriental. Plantas e Invertebrados. I.

Hendrickx, M., 2005. Crustacea 6: Decapoda. In: M. Hendrickx, R. C. Brusca y L. T. Findley eds. Listado y distribución de la macrofauna del Golfo de California. Arizona-Sonora Desert Museum. 159-194.

Hernández L., G. Murugan, G. Ruiz-Campos y A. M. Maeda-Martínez. 2007. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) from the Baja California peninsula, México. *Journal of Crustacean Biology* 27(2): 351–369.

Hernández-Aguilera, J. L., R. E. Toral-Alamzán, and J. A. Ruíz-Nuño. 1996. Especies catalogadas de crustáceos estomatópodos y decápodos par el golfo de México, río Bravo, Tamps. a Progreso, Yuc. Secretaría de Marina-Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. 132pp.

Hillis D. M., M. W. Allard y M. M. Miyamoto. 1993. Analysis of DNA sequences data: Phylogenetic inference. *Methods in Enzymology* 224: 456-487.

Hobbs, H. H. Jr., 1989. An illustrated checklist of the american crayfishes (Decapoda: Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae). *Smithsonian Contribution to Zoology* 480: 1-236.

Holdich, D. M., R. Gydemo y W. D. Rogers. 1999. A review of possible methods for controlling alien crayfish populations. *Crustacean Issues* 11: 245-270

Holthuis L.B. 1950. Preliminary descriptions of the twelve new species of palemonid prawns from american waters (Crustacea Decapoda). *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 53: 93-99.

Holthuis L. 1951. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. I. The subfamilies Euryrhynchinae and Pontoniinae. *Occasional Papers of the Allan Hancock Foundation* 11: 1-332.

Holthuis L. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. *Occasional Papers of the Allan Hancock Foundation* 12: 1-396.

Huner J. 1980. Information about the biology and culture of the red crawfish *procambarus clarki* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) for fisheries managers of Latin America. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM* 2: 1- 6.

ISSG 2007 Global Invasive Species Database. *Procambarus clarkii*. Available fom: <http://www.issg.org/database/species/search.asp?sts=sss&st=sss&fr=1&sn=procambarus+clarkii&rn=&hci=23&ei=156&x=14&y=19> [Accessed 13st july 2007]

Jayachandran K. V. 2001. Palaemonid prawns biodiversity, taxonomy biology and management. Science Publisher. India. 624 Pp.

Jiménez M. L., C. Palacios y A. Tejas. 1997. Los macroartrópodos. 107-124. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. SIMAC-CIB. México.

Josh D. y P. Martin. 2004. Role of Ecological History in Invasive Species Management and Conservation. *Conservation Biology* 18 (1):267-269.

Kumar, S., K. Tamura, B. I. Jakobsen y M. Nei. 2001. MEGA 2: Molecular Evolutionary Genetics Analysis software. *Bioinformatics* 17: 1244-1245.

Lee M. S. Y. 2004. The molecularization of taxonomy. *Invertebrate Systematics* 18: 1-6.

León de la Luz J. L., R. Domínguez, J. J. Pérez-Navarro y M. Domínguez. 2005. La vegetación de los oasis de Baja California Sur. 9-15. *En* R. Rodríguez-Estrella, M. Cariño-Olvera y C. Aceves-García, eds. Reunión de análisis de los oasis de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.

León de la Luz, J. L., y R. Domínguez. 2006. Hydrophytes of the oases in the Sierra de la Giganta of central Baja California Sur, Mexico: floristic composition and conservation status. *Journal of Arid Environments* 67 (4): 553-565

León-Portilla M. 1988. Historia natural y crónica de la antigua California. Adiciones a la noticia de Miguel Venegas (edición, notas preliminares y apéndices). Instituto de Investigaciones Históricas. Universidad Nacional Autónoma de México. 482 Pp.

Lockington W. N. 1878. Notes on Pacific coast Crustacea. *Bulletin of the Essex Institute* 10: 159-165.

Lodge, D., A. Taylor, D. Holdich, y J. Skurdal. 2000. Reducing impacts of exotic crayfish introductions: new policies needed. *Fisheries* 25: 21-23.

Martin, J. W. y G. E. Davis, 2001. An up date classification of the recent Crustacea. *Los Angeles Natural History Museum* 39: 1-124.

Mashiko K. y K. Numachi. 2000. Derivation of populations with different-sized eggs in the palemonid prawn *Macrobrachium nipponense*. *Journal of Crustacean Biology* 20 (1): 118-127.

Mateos M., O. I. Sanjur y R. C. Vrijenhoek. 2002. Historical biogeography of the livebearing fish genus *Poeciliopsis* (Poeciliidae: Cyprinodontiformes). *Evolution* 56: 972-984.

Maya Y., R. Coria y R. Domínguez. 1997. Caracterización de los oasis. 5-25. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz, México.

Mayr E. 2000. The Biological Species Concept. 17-29. *En*: Q. Wheeler y R. Meier, eds. *Species Concepts and Phylogenetic theory: a debate*. Columbia Press, New York.

McLaughlin, P. 1980. Comparative morphology of recent Crustacea. W.H. Freeman and Company, San Francisco, California. 177pp.

Moraes-Riodades P. y W. Valenti. 2006. Effects of stocking density on population structure of Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* raised in ponds. Trabajo presentado en el congreso de la World Aquaculture Society en Forencia, Italia. Mayo 9-13.

Mossolin E. y S. L. Bueno. 2003. Relative growth of the second pereiopod in *Macrobrachium olfersi* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 76: 363-376.

Murphy N. P. y C. M. Austin. 2002. A preliminary study of 16S rRNA sequence variation in Australian *Macrobrachium* shrimps (Palaemonidae: Decapoda) reveals inconsistencies in their current classification. *Invertebrate Systematics* 16: 697-701.

Murphy N. P. y C. M. Austin. 2003. Molecular taxonomy and phylogenetics of some species of Australian palaemonids shrimps. *Journal of Crustacean Biology* 23 (1): 169-177.

Murphy N. P., J. W. Short y C. M. Austin. 2004. Re-examination of the taxonomy of the *Macrobrachium australiense* Holthuis (Decapoda: Palaemonidae) species complex: molecular evidence for a single species. *Invertebrate Systematics* 18: 227-232.

Murphy N. P. y C. M. Austin. 2005. Phylogenetic relationships of the globally distributed freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): biogeography, taxonomy and the convergent evolution of abbreviated larval development. *Zoologica Scripta* 34 (2): 187-197.

Page R. D. M. y E. C. Holmes. 1998. *Molecular Evolution. A phylogenetic approach.* Blackwell. Gran Bretaña. 347pp.

Palumbi S. R., A. P. Martin, S. Romano, W. O. Mac Millan, L. Stice y G. Grabowsky. 1991. *The simple fool's guide to PCR.* University of Hawaii. 28p.

Paterson H. E. H. 1993. Evolution and the recognition concept of species. The Johns Hopkins University Press. Londres. 234 Pp.

Paul, R. K., 1982. Observations on the ecology and distribution of the swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) in the Gulf of California Mexico. *Crustaceana*, 42: 96-100.

Pérez-Farfante I, y B. Kensley. 1997. Penaeoid and sergestois shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*. 175: 1-233.

Pineda E., R. Rodríguez-Estrella, L. Arriaga y L. Rubio. 1997. Variaciones estacionales de la avifauna y estructura de la vegetación. 197-220. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz, México.

Ponce-Palafox J., F. C. Arana-Magallón, H. Cabanillas-Beltrán y H. Esparza-Leal. 2002. Bases biológicas y técnicas para el cultivo de los camarones de agua dulce nativos del Pacífico Americano *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *M. americanum* (Bate, 1868). *CIVA 2002*: 534-546 (<http://www.civa2002.org>).

Posada D. y K. Crandall. 1998. Modeltest: testing the modelo f DNA substitution. *Bioinformatics* 14: 817-818.

Ramamoorthy T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. 1993. Introduction. 29-34. *En*: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa, eds. Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford, New York, 812 Pp.

Riddle, B. R., D. J. Hafner, L. F. Alexander, y J. R. Jaeger. 2000. Cryptic vicariance in the historical assembly of a Baja California Peninsula desert biota. *Proceedings of the National Academy of Science* 97: 14438-14443.

Ríos R. 1989. Un catálogo de camarones carideos de Mulegé y bahía Concepción, B.C.S. con anotaciones acerca de su biología, ecología, distribución geográfica y taxonomía. Tesis de Maestra. UABC. Ensenada. 208 p.

Robles R., C. Schubart, J. E. Conde, C. Carmona-Suárez, F. Álvarez, J. L. Villalobos-Hiriart y D. L. Felder. 2007 Molecular phylogeny of the American *Callinectes* Stimpson 1869 (Brachyura: Portunidae), based on two partial mitochondrial genes. *Marine Biology* 150: 1265-1274.

Rodríguez de la Cruz M. C. 1965. Contribución al conocimiento de los palemónidos de México: II. Palemónidos del Atlántico y vertiente oriental de México con descripción de dos especies nuevas. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras* 1: 72-112.

Rodríguez de la Cruz M. C. 1968. Contribución al conocimiento de los palemónidos de México: III Palemónidos del Golfo de California, con notas sobre la biología de *Macrobrachium americanum* Bate. FAO. Fisheries Report 2 (57): 373-380.

Rodríguez-Estrella R., L. Rubio y E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residentes e invernantes. 157-195. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz, México.

Román-Contreras R. 1979. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Macrobrachium tenellum* (Smith) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 6: 137-160.

Román-Contreras R. 1991. Ecología de *Macrobrachium tenellum* (Decapoda, Palaemonidae) en la laguna de Coyuca, Guerrero, Pacífico de México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 3: 87-96.

Román-Contreras R., A. L. Ortega y L. M. Mejía. 2000. *Macrobrachium vicconi*, new species, a freshwater shrimp from a rain forest in southeast Mexico, and comparison with congeners (Decapoda: Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology. 20: 186-194.

Rosas-Vázquez, C. y A. Sánchez-Zamora, 1994. Fisiología de la adaptación de los crustáceos decápodos al ambiente lagunar-estuarino. *En*: De la Lanza G. y C. Cáceres-Martínez, eds. Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, 305-332.

Rozas, J., J. C. Sánchez-Del Barrio, X. Messeguer, y R. Rozas. 2003. DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. *Bioinformatics* 19: 2496-2497.

Rubio L., R. Rodríguez-Estrella y E. Pineda. 1997. Huso del hábitat por aves residentes e invernantes. 221-248. *En*: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella, eds. Los oasis de la península de Baja California. Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz, México.

Ruiz-Campos G., J. L. Castro Aguirre, S. Contreras-Balderas, M. L. Lozano-Vilano, A. F. González-Acosta y S. Sánchez-González. 2003. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 143-155.

Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, C. Reyes-Valdez, y E. Torres-Balcazar. 2004. Estatus ecológico poblacional de *Fundulus lima* Vaillant, 1894 (Pisces: Fundulidae) en dos cuencas hidrológicas prioritarias de Baja California Sur, México. Libro de Resúmenes. IX Congreso Nacional de Ictiología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa.

Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas, C. A. Reyes-Valdez, J. De La Cruz-Agüero, y E. Torres-Balcazar. 2006. Distribution and Abundance of the Engangered killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae), in Oases of Central Baja California Peninsula, México. *The Southwestern Naturalist*, 51(4): 502-509.

Santos S. 2006. Patterns of genetic connectivity among anchialine habitats: a case study of the endemic Hawaiian shrimp *Halocaridina rubra* on the island of Hawaii. *Molecular Ecology* 15: 2699–2718.

Savage J. M. 1960. Evolution of a peninsular herpetofauna. *Systematic Zoology* 9 (3-4): 184- 212.

Schmitt W. 1933. Notes on shrimps of the genus *Macrobrachium* found in the United Status. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 23 (6): 312-317.

SEPESCA. 1988. Langostino. Seminario Nacional de cultivo y comercialización. FONDEPESCA. México. 361 Pp.

Smith S. 1871. List of the crustacea collected by J. A. Mc Neil in Central America. *Reports of the Peabody Academy of Sciences* 87-98.

Somers K. M. 1989. Allometry, isometry and shape in principal components analysis. *Systematic Zoology* 38 (2): 169-173.

Stock, J. M. y K. V. Hodges. 1989. Pre-Pliocene extension around the Gulf of California and the transfer of Baja California to the Pacific Plate. *Tectonics* 8: 99-115.

Swofford D. L. 2003. PAUP: Phylogenetic Análisis Using Parsimony. v.4.0. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.

Thompson J. D., T. J. Gibson, F. Plewniak, F. Jeanmougin y D. G. Higgins. 1997. The CLUSTAL X windows interfase. *Nucleid Acids Research* 24: 4876-4882.

Vandamme A. 2003. Basic concepts in molecular evolution. 1-23. *En*: Salemi y Vandamme, eds. *The Phylogenetic handbook a practical approach to DNA and protein phylogeny*. Cambridge, Gran Bretaña.

Villalobos F. A. 1950. Contribución al estudio de los cambarinos mexicanos. IX.- Estudio taxonómico de un grupo de especies del género *Procambarus*. *Anales del Instituto de Biología*. UNAM. 21 (2): 367-413.

Villalobos F. A. 1967. Estudio de los Palaemonidae de Mexico. 1. *Macrobrachium acanthochirus* n. sp., del suroeste de México. *Anales del Instituto de Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México 37: 167-173.

Villalobos F. A. 1968. Problemas de especiación en América de un grupo de Palaemonidae del género *Macrobrachium*. FAO. Fisheries Reports 3: 1055-1073.

Villalobos F. A. 1982. Decápoda. 215-239. *En*: S. Hurlbert y A. Villalobos-Figueroa, eds. Aquatic biota of Mexico, Central America and west Indies. San Diego State University-Universidad Autónoma Metropolitana, San Diego, California.

Villalobos-Hiriart J. L. y J. C. Nates-Rodríguez. 1990. Dos especies nuevas de camarones de agua dulce del género *Macrobrachium* Bate (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), de la vertiente occidental de México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 61: 1-11.

Villalobos-Hiriart J. L., A. Cantú, y E. Lira-Fernández. 1993. Los crustáceos de agua dulce de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural Vol. Esp. 44: 267-290.

Villarreal, H. y J. Peláez, 1999. Biología y cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*. CIBNOR. La Paz, Baja California Sur, 192 Pp.

Wicksten M. K. 1983. A monograph on the shallow water caridean shrimps of the Gulf of California, Mexico. Allan Hancock Monographs in Marine Biology 13: 1-59.

Wicksten M. K. 1989. A key to palaemonid shrimp of the Eastern Pacific region. *Bulletin of Southern California Academy of Sciences* 88 (1): 11-20.

Wicksten M. K. y M. E. Hendrickx. 1992. Checklist of penaeoid and caridean shrimps (Decapoda: Penaeoidea) from the Eastern Tropical Pacific. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History* 9: 1-11.

Wicksten M. K. y M. E. Hendrickx. 2003. An updated checklist of benthic marine and brackish water shrimps (Decapoda: Penaeoidea, Stenopodidea, Caridea) from the Eastern Tropical Pacific. 49-76. *En: M. Hendrickx, ed. Contributions to the study of Eastern Pacific Crustaceans. 2. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México.*

Wiegmann, A. F. 1836. Beschreibung einiger neuen Crustaceen des Berliner Museums aus Mexiko und Brasilien. *Archiv für Naturgeschichte* 2: 145-151.

Wilcove, D. S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips, y E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* 48: 607-616.

Williams, E. H., L. Bunkley-Williams, C.G. Lilyestrom y E. Ortiz-Corps. 2001. A review of recent introductions of Aquatic invertebrates in Puerto Rico and implications for the management of nonindigenous species. *Caribbean Journal of Science* 37: 246-251.

A N E X O S

ANEXO I

Protocolo para la extracción de ADN utilizando los reactivos del equipo Pure Gen ©

-Lisis celular

Eliminar el alcohol que tiene el tejido y agregar 300 μ L de solución de lisis celular, macerar con un pistilo de vidrio. Agregar 1.5 μ L de Proteinasa K mezclando varias veces. Incubar a 65°C toda la noche.

-Tratamiento de ARNasa

A la mañana siguiente, agregar 1.5 μ L de ARNasa y mezclar varias veces. Incubar a 37°C por 35 minutos.

-Precipitación de proteínas

Agregar 100 μ L de solución precipitadora de proteínas. Agitar en el vórtex y mantener en congelación por 5 minutos. Colocar en la centrífuga a 15000 rpm por 4 minutos a 20°C. Rotular tubos nuevos. Recuperar el sobrenadante en los tubos nuevos y agregar 300 μ L de Isopropanol mezclando perfectamente. Nuevamente colocar en la centrífuga a 15000 rpm por 5 minutos. Eliminar sobrenadante sin perder el pelet que se formó.

-Recuperar ADN

Agregar 300 μ L de etanol al 70% que está refrigerado y enjuagar el pelet. Colocar en la centrífuga a 15000 rpm por 8 minutos. Eliminar el sobrenadante sin perder el pelet. Dejar secar a temperatura ambiente. Agregar 40 μ L de solución hidratante guardar en refrigeración.

Una vez extraído el ADNt se verificó mediante electroforesis en gel de agarosa al 1% aplicando un voltaje de 70v durante 45 minutos. El gel fue visualizado en un fotodocumentador UVITEC (UVP Inc.). Los productos de ADNt fueron cuantificados con un biofotómetro Eppendorf (serie 22331) para conocer su concentración en ng/ μ L.

ANEXO II

Protocolo para la amplificación del fragmento del gen 16S

La amplificación del fragmento del gen 16S ARNr ADNmt se realizó empleando los iniciadores 16Sar 5'-CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT y 16Sbr 5'- CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T (Palumbi *et al.*, 1991).

La mezcla para PCR tuvo un volumen final de 50 μ L y consistió de:

- 100 ng / μ L de ADNt como templado,
- 5 μ L del buffer 10 \times para PCR,
- 0.6 μ L dNTP,
- 60 pMol iniciadores (16Sar y 16Sbr)
- 1 unidad de Taq polimerasa.

Las condiciones del termociclador fueron:

- Desnaturalización previa del ADNt a 95°C durante 5 min;
- 37 ciclos de desnaturalización a 94°C por 30 s,
- alineamiento a 50°C por 30 s,
- extensión a 72°C por 1 min y
- una extensión adicional a 72°C por 5 min.

Los productos de PCR fueron verificados por electroforesis en gel de agarosa al 1%, y visualizados en el fotodocumentador UVITEC (UVP Inc.). Una vez amplificado el fragmento del gen 16S, fue enviado para su purificación y secuenciación a la compañía Macrogen Inc. (Corea).

Anexo III

Localidades muestreadas a lo largo de la península de Baja California en busca de especies de *Macrobrachium*.

L o c a l i d a d	Latitud	Longitud	T°C	SDT	CON	pH	Decápodos registrados
1 Arroyo El Descanso	32° 12' 09.3"	116° 54' 47.8"		4.3	2.23	8.7	<i>Procambarus clarkii</i>
2 Arroyo San Carlos	31° 47' 51.6"	116° 30' 02.4"		0.91	1.4	7.3	<i>Procambarus clarkii</i>
3 Arroyo Las Ánimas	31° 37' 00"	116° 26' 00"					<i>Procambarus clarkii</i>
4 Arroyo Santo Tomás	31° 32' 12.9"	116° 39' 28"		1.56	2.5	8.3	<i>Procambarus clarkii</i>
5 Arroyo San Telmo	30° 56' 29.5"	116° 14' 57.6"		2.54	3.9	9.13	<i>Procambarus clarkii</i>
6 Rancho Los Aguajes	30° 31' 33.3"	115° 39' 09.2"					<i>Procambarus clarkii</i>
7 Arroyo San Juan de Dios	30° 06' 52.1"	115° 21' 17.2"					<i>Procambarus clarkii</i>
8 Arroyo Cataviña	29° 43' 37"	114° 42' 45.9"		0.09	0.14	8.01	<i>Procambarus clarkii</i>
9 Rancho San Gregorio	27° 40' 35"	113° 01' 00"					
10 San José de Castro	27° 32' 19.7"	114° 28' 20.7"	27.7	1.17	10.4	0.52	
11 Arroyo San Cristóbal (nte)	27° 31' 10.5"	114° 34' 36.5"	19.1	2.6	8.37	1.25	
12 Arroyo Rancho Nuevo	27° 28' 42.6"	114° 32' 21"	25.1	7.8	8.06	3.91	
13 Arroyo San Luciano	27° 19' 06"	112° 14' 36"					
14 Oasis San Ignacio	27° 18' 00"	112° 53' 00"	23.8	1.07	8.02	0.53	<i>Procambarus clarkii</i>
15 Santa Águeda	27° 15' 39.4"	112° 21' 01.3"	30.9	1.25	7.02	0.63	
16 San Joaquín	27° 11' 00"	112° 51' 00"	25	0.7	7.55	0.35	<i>Procambarus clarkii</i>
17 El Sauzal	27° 10' 00"	112° 52' 00"	27.8	0.78	7.46	0.39	<i>Procambarus clarkii</i>
18 San Zacarías	27° 08' 00"	112° 54' 00"	24.4	0.98	7.49	0.49	
19 San José de Magdalena	27° 04' 08"	112° 12' 07"	30.4	1.35	6.98	0.68	
20 Río Mulegé	26° 53' 00"	111° 57' 00"	31.1	2.47	7.74	1.24	<i>M. americanum, M. hobbsi, M. tenellum, Palemonetes hiltoni</i>
21 Arroyo La Trinidad	26° 45' 10.6"	112° 07' 39.6"	19.8	1.93	8.81	0.97	

22	Rancho San Narcisito	26° 44' 43.3"	112° 08' 48.3"	28	1.48	8.77	0.74	
23	Arroyo San Miguel	26° 42' 40.5"	112° 18' 15.8"	28.1	0.87	8.91	0.44	
24	Arroyo San Martín	26° 38' 14"	112° 17' 27"					
25	El Bombedor	26° 23' 11.7"	111° 36' 01"	26.7		1.06	0.53	
26	Poza en La Tasajera	26° 21' 17.4"	111° 49' 59.1"	21.8	0.67	8.08	0.34	
27	Arroyo La Tasajera	26° 20' 46"	111° 47' 12"					
28	Ojo de Agua	26° 19' 36.4"	111° 58' 40"	31.4	0.97	7.9	0.48	<i>M. hobbsi, M. olfersii</i>
29	Presa San Isidro	26° 14' 19.7"	112° 08' 04"	27.7	0.83	8.46	0.42	<i>M. hobbsi</i>
30	Carambucho	26° 12' 58"	112° 01' 12"	26.8	0.94	9	0.61	<i>M. hobbsi</i>
31	Arroyo La Purísima	26° 10' 58"	112° 05' 18"	31.4	0.97	7.9	0.48	<i>M. hobbsi</i>
32	Camino a San Juanico	26° 09' 32"	112° 07' 42"	30	1.84	8.94	10.9	<i>M. olfersii</i>
33	Arroyo San Gregorio	26° 05' 09.8"	112° 13' 31.4"	32.5	8.7	7.82	4.8	<i>Callinectes arcuatus</i> <i>Litopenaus vannamei</i>
34	San José de Comondú	26° 03' 32"	112° 07' 42"	25	0.41	7.49	0.16	
35	San Miguel de Comondú	26° 01' 57"	111° 49' 58"	25.5	0.37	7.51	0.18	
36	Presa de San Javier	25° 52' 07"	111° 32' 49"	33	0.68	7.83	0.34	<i>M. olfersii</i>
37	Rancho Los Dolores	25° 49' 53.1"	111° 31' 06.9"	26.5	0.69	7.3	0.35	
38	Poza de las Bramonas	25° 08' 53.8"	112° 02' 35.3"	24.9	5.64	9.05	2.83	
39	Presa Ihuajil	24° 58' 22"	111° 23' 37"	32	3.74	8.59	1.88	
40	Rancho San Lucas	24° 57' 44"	111° 20' 17"					
41	Rancho Frijolito	24° 57' 29"	111° 19' 06"	28.7	1.08	7.18	0.54	
42	San Luis Gonzaga	24° 54' 34"	111° 17' 21"	19.5	0.75	8.5	0.38	
43	Rancho Las Cuedas	24° 53' 59"	111° 14' 58"	24.3	0.68	8.7	0.34	
44	Presa de Guadalupe	24° 51' 30"	111° 01' 03"					<i>M. americanum, M. hobbsi</i>
45	San Pedro de la Presa	24° 50' 43"	110° 59' 32"	31	0.57	8.14	0.29	<i>M. americanum</i>
46	San Basilio	24° 50' 13"	111° 04' 37"	31.3	1.82	7.4	0.91	<i>M. hobbsi, M. michoacanus</i>
47	Poza Las Paredes	24° 49' 55.3"	110° 48' 25.2"	26.1	0.74	7.36	0.37	<i>M. americanum, M. hobbsi</i>

48	San Juanito nuevo	24° 49' 40.4"	111° 06' 19.1"	34.8	0.61	8.44	0.31	<i>M. americanum, M. olfersii</i>
49	Rancho Las Cuevas	24° 49' 00"	110° 52' 47.7"	30	1.04	8.1	0.52	<i>M. michoacanus, M. tenellum</i>
50	Rancho Tres Pozas	24° 48' 58"	111° 07' 33"	34.5	0.56	8.34	0.36	<i>M. americanum, M. olfersii</i>
51	Rancho Merecuaco	24° 48' 25"	111° 09' 03"	24.3	1.22	8.91	0.79	<i>M. americanum, M. hobbsi, M. tenellum</i>
52	Presa vieja	24° 48' 18.6"	111° 32' 52.6"	28	0.83	7.29	0.42	
53	Paso Iritú	24° 46' 55"	111° 09' 02"	28.5	1.41	9.32	0.71	<i>M. hobbsi, M. michoacanus,</i>
54	Corral de Piedra	24° 44' 16.3"	110° 55' 59.8"	24	1.68	8.1	0.84	<i>M. americanum, M. tenellum</i>
55	Poza en El Mechudo	24° 42' 18"	110° 41' 40"					<i>M. olfersii</i> <i>M. americanum, M. hobbsi, M. tenellum</i>
56	Rancho El Caracol	24° 31' 22"	111° 00' 08"	31.5	1.25	6.7	0.62	<i>tenellum</i>
57	Poza de La Matanza	24° 28' 47"	111° 03' 40.8"	30	1.85	7.43	0.92	<i>M. americanum</i>
58	Arroyo Las Pocitas	24° 24' 10"	111° 06' 12"	19	1.21		0.61	<i>M. hobbsi</i>
59	Poza El Colorado	24° 24' 07.9"	111° 06' 09.7"	22.1	7.07		3.56	<i>M. hobbsi</i>
60	El Cardalito	24° 23' 23.5"	111° 07' 01.9"	19	1.21		0.61	<i>M. michoacanus</i>
61	Santa Fe	24° 16' 44.2"	111° 14' 01.5"	22.7	2.24		1.13	<i>M. americanum, M. tenellum</i> <i>Litopenaeus vannamei</i>
62	Las Vinoramas	24° 11' 00"	110° 11' 00"	24	3		1.5	<i>M. americanum</i>
63	Arroyo San Antonio	23° 48' 30.7"	110° 03' 19.8"	24			0.45	
64	Arroyo Hondo	23° 48' 01.7"	110° 09' 01.4"	23			0.72	
65	Arroyo Buenos Aires	23° 41' 13.5"	109° 43' 51.1"	24			0.24	
66	Arroyo de Las Cuevas	23° 32' 20.7"	109° 40' 24.2"	23.7			0.2	<i>M. americanum, M. olfersii</i>
67	Todos Santos (canales)	23° 28' 35.6"	110° 12' 41.4"	26.3	0.75	7.11	0.34	<i>Palaemonetes hiltoni</i>
68	Arroyo San Jorge	23° 28' 19"	109° 48' 30"					
69	Todos Santos (2)	23° 27' 00"	110° 13' 00"	26.8	0.66	8.92	0.33	<i>M. americanum</i>
70	La Poza	23° 26' 13.4"	110° 14' 17.3"	23.5	0.66	8.92	0.33	<i>M. americanum, M. olfersii, m. tenellum</i>

71	Agua Caliente	23° 26' 00"	109° 47' 00"	25.5			0.15	
72	San Pedrito	23° 23' 28"	110° 12' 40"	25	4	7.33	2.01	<i>M. olfersii, M. tenellum</i>
73	Arroyo Boca de la Sierra	23° 23' 10"	109° 49' 11"	25.3	0.36	7.6	0.18	<i>M. digueti, M. hobbsi</i>
74	Arroyo La Tinaja	23° 21' 59"	109° 45' 29"					
75	Rancho San Antonio	23° 19' 53"	109° 50' 20.9"	27.2	0.59	8.02	0.3	<i>M. americanum</i>
76	Arroyo Los Potreros	23° 17' 00"	110° 01' 00"					<i>M. americanum, M. digueti, M. hobbsi, M. michoacanus</i>
77	S. Pedro de la Soledad	23° 14' 33.6"	109° 59' 29.2"	25.8	0.72	8	0.36	<i>M. hobbsi, M. michoacanus</i>
78	Arroyo La Cieneguita	23° 14' 02"	109° 54' 39.6"	25	0.63	8.37	0.32	
79	Presa de San Lázaro	23° 07' 14.3"	109° 48' 59.3"	27.6	0.55	7.15	0.28	
80	Arroyo San José	23° 03' 41.8"	109° 41' 01.6"	24	0.58	8.16	0.29	<i>M. olfersii</i>
81	Poza de Santa Rosa	23° 03' 32"	109° 41' 28"	23.9	0.58	8.1	0.26	<i>M. americanum, M. olfersii</i> <i>Litopenaeus vannamei</i>
82	Estero San José del Cabo	23° 03' 13.2"	109° 40' 32.8"	33.7	3.15	8.8	1.58	<i>M. americanum, M. tenellum</i>
83	Arroyo San Cristóbal (sur)	22° 57' 00"	109° 59' 00"					

T°C = temperatura en grados centígrados

SDT = sólidos disueltos totales (g/l)

CON = conductividad (uS/cm)

pH= potencial de hidrógeno (alcalinidad)

ANEXO IV
Sitios variables de los 14 haplotipos de *Macrobrachium* de la península.

Sitios	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Especies	6	6	7	8	9	9	9	0	0	0	0	0	0	1	1	4	4	4	5	7	
	1	9	5	7	1	2	3	1	4	5	6	8	9	0	2	7	8	9	3	9	
<i>M. tenellum</i>	G	A	T	A	A	A	G	C	G	A	T	T	A	G	C	T	T	C	G	A	
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>M. hobbsi</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. olfersii</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	A	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. olfersii</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. hobbsi</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. hobbsi</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. hobbsi</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. olfersii</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. hobbsi</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. olfersii</i>	A	*	C	G	G	*	A	*	T	G	*	*	*	A	-	G	C	T	T	G	
<i>M. digueti</i>	*	*	*	G	*	G	A	*	T	*	*	*	G	A	-	A	*	T	T	G	
<i>M. americanum</i>	*	T	*	G	*	*	*	T	T	*	C	G	G	A	-	G	*	T	T	T	

Sitios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Especies	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	0	0	0	1	1	2	2	2
	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	4	5	1	7	8	7	8	2	2	5
<i>M. tenellum</i>	T	C	A	A	T	T	T	G	G	T	T	G	C	T	A	G	G	T	C	G
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	T	*	*	*
<i>M. hobbsi</i>	*	A	G	G	C	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. olfersii</i>	*	A	G	G	C	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. olfersii</i>	*	A	*	G	C	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. hobbsi</i>	*	A	*	G	C	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. hobbsi</i>	*	A	*	G	C	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. olfersii</i>	*	A	*	G	C	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. hobbsi</i>	*	A	*	G	*	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. olfersii</i>	*	A	G	G	*	*	G	*	A	C	*	*	T	A	*	*	C	T	T	*
<i>M. digueti</i>	*	A	*	G	*	G	G	*	A	C	*	*	T	G	T	A	*	G	T	*
<i>M. americanum</i>	C	A	G	G	*	*	G	A	T	*	C	A	T	G	T	*	*	T	T	A

ANEXO IV. Continuación

Sitios	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Especies	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	7	7	7	
	6	9	0	1	2	3	4	0	2	8	0	1	2	3	4	2	3	6	8	9	
<i>M. tenellum</i>	G	C	G	A	C	T	A	C	T	A	A	T	G	A	A	A	T	A	T	T	
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>M. hobbsi</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. hobbsi</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. hobbsi</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. hobbsi</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	G	*	A	G	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. hobbsi</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. digueti</i>	*	A	*	*	*	T	*	T	C	C	G	C	A	T	*	*	A	G	*	A	
<i>M. americanum</i>	T	*	G	T	C	T	G	T	*	C	*	C	A	T	*	T	A	*	C	A	

Sitios	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
Especies	8	9	9	9	9	9	9	0	0	1	1	3	3	3	6	7	8	2	4	
	5	0	1	2	4	5	6	1	3	3	4	4	5	9	2	2	2	0	3	
<i>M. tenellum</i>	C	C	T	A	G	G	T	G	G	T	T	A	G	G	C	C	G	C	G	
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>M. tenellum</i>	*	*	*	*	*	*	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	T	*	*	*
<i>M. hobbsi</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	*	
<i>M. hobbsi</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	*	
<i>M. hobbsi</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	A	
<i>M. hobbsi</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	A	
<i>M. hobbsi</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	*	*	A	A	T	*	A	*	A	
<i>M. olfersii</i>	T	*	G	C	A	A	C	A	T	*	C	*	A	A	T	*	A	*	A	
<i>M. digueti</i>	T	T	G	T	A	A	*	T	*	C	*	G	A	A	T	*	A	*	*	
<i>M. americanum</i>	A	T	G	T	A	A	*	A	T	*	*	G	A	A	*	C	*	*	*	

ANEXO V
 Diagnósis de las diferentes especies de *Macrobrachium*
 del grupo *olfersii* de Baja California Sur.

M. olfersii (Wiegmann, 1836) (tomada de Holthuis, 1952)

Segundas patas muy desiguales, los dedos, especialmente el dáctilo son curvos y con un espacio. El armamento de los bordes cortantes es justamente como en *M. faustinum* [(sic.) *los bordes cortantes están provistos en la parte proximal con un diente muy grande a un lado del cual hay otros dos pequeños, el resto de los bordes cortantes presentan de 10 17 denticulos a todo lo largo*] así como el arreglo de las largas setas. La palma es ligeramente comprimida y robusta, es 1.5 veces a casi el doble tan larga como alta y casi tan larga como los dedos.

M. digueti (Bouvier, 1895)

“Esta especie es extremadamente cercana a *P. spinimanus* M. Edw., pero su rostro es más largo y armado de un gran número de espinas (14 a 16), su pinza grande es más corta, más ancha y completamente desprovista de pelos largos entre los dedos, finalmente no observamos pelos en la superficie externa de esta pinza y las espinas de su cara interna son menos numerosas que las del *P. spinimanus*, y más irregularmente dispuestas.”

M. acanthochirus Villalobos, 1967

“Pereiópodos del segundo par con la quela tan ancha como la longitud del dactilopodio; la longitud de la región palmar igual o ligeramente menor que la anchura. Mero tan largo como el dáctilo. Superficie externa de la palma de la quela provista de conspicuos tubérculos espinosos, excepto en dos zonas submarginales de la cara externa, en las que solo hay una densa pubescencia; tubérculos marginales internos de la porción dactilar muy juntos.”

M. michoacanus Villalobos-Hiriart y Nates, 1990

“Segundos pereiópodos muy desiguales en forma y tamaño. Quelas sin espacio entre los bordes cortantes. Qul pedo mayor sobrepasa al escafocerito con el tercio proximal del carpopodio. Palma comprimida lateralmente, su longitud es 1.2 a 1.3 veces la anchura, ligeramente más corta que el dactilopodio y más larga que el carpopodio; longitud del meropodio es 1.3 veces mayor que la del carpopodio y casi dos veces que la del isquipodio.”

M. hobbsi Villalobos-Hiriart y Nates, 1990

“Segundos pereiópodos desiguales en tamaño y similares en forma; ambos con los dactilopodios rectos y no dejando espacio entre los bordes cortantes. Longitud palmar del

quelípodo mayor 1.8 veces su anchura; superficie externa armada con espinas grandes en las porciones distal y ventral; área central con espinas pequeñas, cubiertas por densa pubescencia. Carpopodio más corto que la palma, 0.70 a 0.87 y menor o igual que el meropodio, 0.9 a 1.0.”

Primer publicación

Hernández L., Gopal Murugan, Gorgonio Ruiz-Campos and Alejandro M. Maeda-Martínez. 2007. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) from the Baja California peninsula, México. *Journal of Crustacean Biology* 27(2):351-369.