



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRIA EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTINOS DEL GÉNERO  
*MACROBRACHIUM* (DECAPODA: CARIDEA: PALAEMONIDAE) EN DOS  
SISTEMAS DE OASIS (CUENCAS HIDROLÓGICAS) DE BAJA CALIFORNIA  
SUR, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OPTAR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS  
(LIMNOLOGÍA)

PRESENTA:  
BIÓL. OLIVA CAMPOS TORRES

DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. ALEJANDRO M. MAEDA MARTINEZ  
POSGRADO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

COMITÉ TUTORAL:  
Dr. RAMIRO ROMÁN CONTRERAS  
POSGRADO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA  
Dr. GOPAL MURUGAN  
POSGRADO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

MÉXICO, D. F. DICIEMBRE 2013

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas que a distancia o cercanía siempre apoyaron, compartieron lecturas, opinaron, corrigieron, me acompañaron en los momentos de estudio, enfermedad, y felicidad.

Agradezco al Dr. Alejandro M. Maeda Martínez por haber confiado en mi persona, por la paciencia, amabilidad, paternidad, alegrías en esos buenos momentos compartidos y por la dirección de este trabajo. Al Dr. Gopal Murugan por la tutoría, consejos académicos y personales, el apoyo y la fraternidad que me brindó. Al Dr. Ramiro Román Contreras por la tutoría, su paciencia y escucha ante mis dudas académicas y existenciales. A la Dra. Adela Monreal Gómez por la tutoría, sus atinadas sugerencias y apoyo en todos los sentidos. A los Dres. José Luis Villalobos Hiriart y Dr. Jorge Ciro Pérez por su atenta lectura de este trabajo y por sus comentarios de tutoría y sus correcciones. A la Dra. Hortencia Obregón Barboza por el apoyo en las fotos de los langostinos, la capacitación de los procedimientos para la elaboración de los análisis moleculares y su grata compañía en las horas extenuantes de trabajo. Al Mtro. Horacio Bervera León por esos buenos momentos de ocurrencias que me hacían reír tanto y por el acompañamiento a la recolecta de langostinos en los oasis. Al Sr. José Camacho por la ayuda y enseñanza en la recolecta de los langostinos y su gran compañerismo y divertidos momentos. Al CIBNOR por el apoyo en sus instalaciones principalmente al Laboratorio de Carcinología en el cual desarrolle mi trabajo de Tesis. A Lic. Lupita García y Lic. Yahira Mercado del CIBNOR por su apoyo en todo momento. Al Mtro. Humberto García Velazco por el aprendizaje compartido.

Agradezco a mi alma mater La UNAM por hacer de mí una persona de valores, principios y profesionalista que pretende utilizar estos conocimientos para un beneficio común en la sociedad. Al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por el apoyo económico en la presentación del trabajo de Tesis en la Summer Meeting The Crustacean Society & Latin American Association of Carcinology en Costa Rica y en el Congreso de Alumnos de Posgrado. A la Dra. Gloria Vilaclara, Mtra. Diana Juárez, Mtra. Chantal Ruíz, Lupita Godoy y Lic. Gabriela Almaraz por el apoyo brindado. A las instalaciones del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

A mi Familia (Mamá, papá y herman@s) y familia putativa que de forma incondicional, estuvieron mi ausencia y festejaron conmigo mis buenos momentos. A mi Pecesito que fue tantas veces a verme solo por el hecho de sentirme más cerca, gracias por el apoyo en todo momento.

Gracias también a mis queridos amigos, que me visitaron y me dejaron tantos lindos recuerdos, a los que me permitieron entrar en su vida durante estos casi dos años de convivir y divertirnos en esa maravillosa y casi mítico desierto y mar.

Se agradece al CONACyT por la beca de maestría con número de registro 420182.

Se agradece al proyecto intitulado “Un análisis de los efectos del cambio climático en un sistema biológico de un hábitat crítico: Los oasis de la Península de Baja California” bajo el módulo Macroartrópodos acuáticos, el cual fue financiado por SEMARNAT-CONACYT.

## DEDICATORIA

A mis Padres que tanto amo.

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	11
1. RESUMEN .....	14
2. INTRODUCCIÓN.....	16
3. ANTECEDENTES .....	29
4. OBJETIVOS .....	34
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	34
4.2. OBJETIVOS PARTICULARES .....	34
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	36
5.1. Cuenca Santa Rita .....	37
5.1.1. Sistema de oasis de la Cuenca Santa Rita .....	37
5.2. Cuenca Las Pocitas-San Hilario.....	38
5.2.1. Sistema de oasis de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario .....	38
6. MATERIAL Y MÉTODOS .....	40
6.1. Trabajo de campo.....	40
6.1.1. Recolecta de langostinos .....	40
6.1.2. Características del hábitat.....	41
6.2. Trabajo de laboratorio .....	41
6.2.1. Sistemática de <i>Macrobrachium</i> .....	41
6.2.1.1. Taxonomía morfológica .....	43
6.2.1.1.1. Determinación de la clase de talla y sexo .....	44
6.2.1.1.2. Fórmula rostral .....	45
6.2.1.1.3. Identificación de ejemplares de talla pequeña (5 a 15 mm) .....	46

6.2.1.2. Análisis molecular.....	47
6.2.1.2.1. Identidad molecular (16S ARNr ADNmt) .....	47
6.2.1.2.2. Análisis filogenético de haplotipos 16S ARNr ADNmt .....	48
6.2.2. Construcción de Índices de Integridad Ecológica (IIE) ( modelo <i>Macrobrachium</i> ) .....	48
6.3. Presentación de resultados .....	49
(1) Características del hábitat registradas del 2009 al 2012.....	49
(2) Diversidad de especies de <i>Macrobrachium</i> .....	50
(3) Índices de Integridad Ecológica (IIE).....	52
7. RESULTADOS .....	53
7.1. Características del hábitat registradas del 2009 al 2012.....	53
7.1.1. Eventos climáticos de alta perturbación .....	53
7.1.2. Variables de la calidad del agua registradas del 2009 al 2012.....	54
7.1.3. Sistema de oasis de la Cuenca Santa Rita .....	56
7.1.4. Sistema de oasis de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario .....	66
7.2. Diversidad de especies de <i>Macrobrachium</i> .....	76
7.2.1. Sistemática.....	77
7.2.2. Identificación de ejemplares de talla pequeña (5 a 15 mm) .....	93
7.2.3. Análisis de haplotipos.....	99
7.2.3.1. Relación filogenética de las especies de <i>Macrobrachium</i> .....	100
7.2.3.2. Distancia genética intra-especies .....	102
7.2.3.3. Distancia genética inter-especies .....	104
7.3. Distribución de especies y haplotipos en las cuencas de estudio .....	105
7.3.1. Distribución de las especies en las cuencas de estudio en los años 2009, 2010, 2011, 2012 .....	105
7.3.1.1. Distribución de las especies en los oasis de estudio.....	106

7.3.1.2. Distribución, hábitat y clases de talla por especie .....	116
7.3.2. Distribución de haplotipos en las cuencas de estudio .....	119
7.4. Construcción de Índices de Integridad Ecológica (IIE) .....	122
7.4.1. Metodología.....	123
7.4.1.1. Realizar un muestreo para recolectar langostinos.....	123
7.4.1.2. Tomar nota de las características del hábitat .....	123
7.4.1.3. Determinación taxonómica de los ejemplares recolectados.....	123
7.4.1.4. Aplicación de la Carta de Valoración del IIE.....	124
7.4.1.5. Aplicación de la Carta de Valoración del Estado de Salud del oasis.....	124
7.4.1.6. Reporte del Estado de Salud del oasis.....	124
7.4.2. Cartas de Valoración de los atributos bióticos y abióticos para establecer el IIE de cuatro oasis .....	125
8. DISCUSIÓN .....	127
8.1. Características del hábitat.....	127
8.2. Diversidad de especies de <i>Macrobrachium</i> .....	129
8.3. Distribución de las especies en las cuencas de estudio.....	134
8.4. Índices de Integridad Ecológica.....	138
9. CONCLUSIONES.....	141
10. RECOMENDACIONES .....	144
11. LITERATURA CITADA.....	146
APÉNDICE I .....	165
Formato de Morfología Básica del Género <i>Macrobrachium</i> .....	165
APÉNDICE II .....	166
Clases de talla.....	166



APÉNDICE III .....	167
Protocolo para la extracción de ADN utilizando el método Cell & Tissue Puregene Kit ® .....	167
APÉNDICE IV .....	169
Protocolo para la amplificación del fragmento del gen 16S.....	169
APÉNDICE V .....	171
Protocolo para la purificación de A DN utilizando el método Gel Band Purification Kit ® .....	171
APÉNDICE VI.....	172
Porcentaje de congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica (16S).....	172
APÉNDICE VII.....	180
Número, clases de talla y sexo de los ejemplares examinados de cinco especies de <i>Macrobrachium</i> . .....	180
APÉNDICE VIII.....	191
Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012, en los 10 oasis de estudio de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.....	191

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5 -1 Ubicación geográfica de las cuencas hidrológicas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario y de los sistemas de oasis bajo estudio en Baja California Sur, México. ....	39
Figura 6.2.1.1.1-1. Esquema que muestra el método de medición de la longitud del cefalotórax sin rostro (LC) en ejemplares de la especie <i>Macrobrachium</i> (modificado de Román-Contreras, 1979). ....	44
Figura 6.2.1.1.1-2. Morfología externa del género <i>Macrobrachium</i> que muestra la ubicación del apéndice masculino (AM) de acuerdo Hernández (2007). ....	45
Fig. 7.1.2-1. Fotografías del oasis San Pedro de la Presa: A. 12 de junio del 2011, B. 18 de marzo del 2012, C. 18 de marzo del 2012. ....	57
Fig. 7.1.2-2. Fotografías del oasis Santa María de Toris: A. 02 de agosto del 2009, B. 12 de julio del 2010, C. 18 de marzo del 2012. ....	59
Fig. 7.1.2-3. Fotografías del oasis San Ignacio: A. 01 de agosto del 2009, B. 12 de julio del 2010, C. 18 de marzo del 2012. ....	61
Fig. 7.1.2-4. Fotografías del oasis Agua de León: A. 01 de agosto del 2009, B. 12 de julio del 2010, C. 18 de marzo del 2012. ....	63
Fig. 7.1.2-5. Fotografías del oasis Agua Verde: A. 18 de julio del 2009, B. 03 de julio del 2011, C. 17 de marzo del 2012. ....	65
Fig. 7.1.2-6. Fotografías del oasis Las Cuevas: A. 2009, B. 26 de junio del 2011, C. 26 de junio del 2011. ....	67
Fig. 7.1.2-7. Fotografías del oasis La Cuchilla: A. 26 de julio del 2009, B. 26 de junio del 2011, C. 27 de marzo del 2012. ....	69
Fig. 7.1.2-8. Fotografías del oasis Huatamote: A. 27 de julio del 2009, B. 26 de junio del 2011, C. 23 de marzo del 2012. ....	71
Fig. 7.1.2-9. Fotografías del oasis El Pilar: A. 26 de junio del 2011, B. 26 de junio del 2011, C. 26 de junio del 2011. ....	73
Fig. 7.1.2-10. Fotografías del oasis Santa Fe: A. 18 de julio del 2009, B. 14 de julio del 2010, C. 17 de marzo del 2012. ....	75
Figura 7.2-1. Número de especies registradas en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	76

Figura 7.2.1-1. Hembra adulta de <i>Macrobrachium americanum</i> Bate, 1868 de San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	79
Figura 7.2.1-2. Macho adulto de <i>Macrobrachium digueti</i> (Bouvier, 1895) de San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. Morfotipo, macho adulto de <i>M. michoacanus</i> Villalobos-Hiriart y Nates, 1990.....	83
Figura 7.2.1-3. Macho adulto de <i>Macrobrachium occidentale</i> Holthuis, 1950 de Las Cuevas, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.....	86
Figura 7.2.1-4. A-D. Machos adultos de <i>Macrobrachium olfersii</i> (Wiegmann, 1836) de Santa María de Toris, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. Morfotipo <i>hobbsi</i> recolectado en San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita..	90
Figura 7.2.1-5. Macho adulto de <i>Macrobrachium tenellum</i> (Smith, 1871) de Agua de León, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.....	92
Figura 7.2.2-1. A. Rostro de <i>Macrobrachium americanum</i> , B. Mismo rostro con cresta rostral lateral marcada para caracterizar su forma. ....	93
Figura 7.2.2-2. A. Rostro de <i>Macrobrachium digueti</i> , B. Mismo rostro con cresta rostral lateral marcada para caracterizar su forma.....	94
Figura 7.2.2-3. A. Rostro de <i>Macrobrachium olfersii</i> , B. Mismo rostro con cresta rostral lateral marcada para caracterizar su forma.....	94
Figura 7.2.2-4. A y B. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium americanum</i> con clase de talla 1 ( 9.7 mm). C y D. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium digueti</i> con clase de talla 2 ( 10.3 mm). E y F. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium olfersii</i> con clase de talla 2 (10.4 mm) .....	95
Figura 7.2.2-5. A y B. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium americanum</i> con clase de talla 2 ( 13.9 mm). C y D. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium digueti</i> con clase de talla 2 ( 13.4 mm). E y F. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium olfersii</i> con clase de talla 2 (13.1 mm).. .....	96
Figura 7.2.2-6. A y B. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium americanum</i> con clase de talla 3 ( 16.6 mm). C y D. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium digueti</i> con clase de talla 3 ( 15.1 mm). E y F. Rostro de un ejemplar de <i>Macrobrachium olfersii</i> con clase de talla 3 (16.4 mm).. .....	97
Figura 7.2.3.1-1. Árbol filogenético de haplotipos 16S ARNr ADNmt del género <i>Macrobrachium</i> procedentes de las cuencas hidrográficas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.....	101

Figura 7.3.1.1-1. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis San Pedro de la Presa localizado en la sección alta de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	106
Figura 7.3.1.1-2. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Santa María de Toris localizado en la sección alta de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	107
Figura 7.3.1.1-3. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis San Ignacio localizado en la sección intermedia de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	108
Figura 7.3.1.1-4. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Agua de León localizado en la sección intermedia de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	109
Figura 7.3.1.1-5. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Agua Verde localizado en la sección baja de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	110
Figura 7.3.1.1-6. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Las Cuevas localizado en la sección alta de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	111
Figura 7.3.1.1-7. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis La Cuchilla localizado en la sección alta de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	112
Figura 7.3.1.1-8. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Huatamote localizado en la sección intermedia de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	113
Figura 7.3.1.1-9. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis El Pilar localizado en la sección intermedia de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	114
Figura 7.3.1.1-10. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Santa Fé localizado en la sección baja de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	115
Figura 10-1. Banco de germoplasma para la conservación "Oasis Rancho las Cuevas", cuenca Las Pocitas-San Hilario. A. Manantial permanente. B. La autora con un ejemplar de langostino del género <i>Macrobrachium</i> . ....	145

## LISTA DE TABLAS

Tabla 6. 3-1. Clasificación de los valores de los intervalos de salinidad según Hedgpeth (1957) .....	49
Tabla 7. 1.1-1. Valores de la precipitación mensual y anual, y de la temperatura máxima del aire registrados del 2008 al 2012 en la estación meteorológica de San Pedro de la Presa, Baja California Sur, México. ....	54
Tabla 7.1.2-1. Valores mínimos y máximos de las variables de la calidad del agua: temperatura, sólidos disueltos totales (SDT) y pH registrados en los años 2009 al 2012 en oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	55
Tabla 7.2.1-1. Sitios variables de las bases nitrogenadas de seis haplotipos de un fragmento del gen 16S de 25 individuos de <i>Macrobrachium americanum</i> de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario. ....	79
Tabla 7. 2.1-2. Sitios variables de las bases nitrogenadas de tres haplotipos un fragmento del gen 16S obtenidos de 36 individuos de <i>Macrobrachium digueti</i> de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario. ....	82
Tabla 7.2.1-3. Sitios variables de las bases nitrogenadas de quince haplotipos de un fragmento del gen 16S obtenidos de 65 individuos de <i>Macrobrachium occidentale</i> de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario. ....	85
Tabla 7. 2.1-4. Sitios variables de las bases nitrogenadas de veinte y siete haplotipos de un fragmento del gen 16S obtenidos de 69 individuos de <i>Macrobrachium offersii</i> de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario. ....	89
Tabla 7.2.1-5. Sitios variables de las bases nitrogenadas de cuatro haplotipos de un fragmento del gen 16S obtenidos de 7 individuos de <i>Macrobrachium tenellum</i> de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario. ....	92
Tabla 7.2.2-1. Criterios morfológicos para identificar ejemplares de talla pequeña de cinco especies del género <i>Macrobrachium</i> de la península de Baja California, México. ....	98
Tabla 7.2.3-1. Resumen general de los ejemplares de <i>Macrobrachium</i> utilizados y del análisis molecular realizado hasta la obtención de secuencias alineadas. .	99

Tabla 7.2.3.2-1. Número de bases diferentes y distancia genética entre haplotipos 16S de <i>Macrobrachium americanum</i> . .....	102
Tabla 7.2.3.2-2. Número de bases diferentes y distancia genética entre haplotipos 16S de <i>Macrobrachium digueti</i> . .....	102
Tabla 7.2.3.2-3. Número de bases diferentes y distancia genética entre haplotipos 16S de <i>Macrobrachium occidentale</i> . .....	103
Tabla 7.2.3.2-4. Número de bases diferentes y distancia genética entre haplotipos 16S de <i>Macrobrachium olfersii</i> . .....	103
Tabla 7.2.3.2-5. Número de bases diferentes y distancia genética entre haplotipos 16S de <i>Macrobrachium tenellum</i> . .....	104
Tabla 7.2.3.3-1. Número de bases diferentes y distancia genética entre haplotipos 16S de cinco especies de <i>Macrobrachium</i> . .....	104
Tabla 7. 3.1-1. Número total de ejemplares de las cinco especies de <i>Macrobrachium</i> recolectados en diez oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México en los años 2009 al 2012....	105
Tabla 7.3.1.2-1. Número total de ejemplares machos (♂) y hembras (♀) de cinco especies de <i>Macrobrachium</i> recolectados en diez oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México, en los años 2009 al 2012. ....	119
Tabla 7.3.2-1. Número de secuencias, número de haplotipos, distribución de los haplotipos en las cuencas, diversidad haplotípica y su varianza, obtenidos de ejemplares de cinco especies de <i>Macrobrachium</i> recolectados del 2009 al 2012 de las cuencas de Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	120
Tabla 7.3.2-2. Distribución de haplotipos de <i>M. americanum</i> en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	120
Tabla 7.3.2-3. Distribución de haplotipos de <i>M. digueti</i> en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	120
Tabla 7.3.2-4. Distribución de haplotipos de <i>M. occidentale</i> en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	121
Tabla 7.3.2-5. Distribución de haplotipos de <i>M. olfersii</i> en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	121

Tabla 7.3.2-6. Distribución de haplotipos de <i>M. tenellum</i> de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	121
Tabla 7.4-1. Carta de Valoración del Estado de Salud de oasis de la Cuenca Santa Rita y Cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	124
Tabla 7.4-2. Definiciones del estado de salud de los oasis de estudio.....	125
Tabla 7.4.2-1. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis San Pedro de la Presa, sección alta, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	125
Tabla 7.4.2-2. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis Santa María de Toris, sección alta, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	125
Tabla 7.4.2-3. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis El Pilar, sección intermedia, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. ....	126
Tabla 7.4.2-4. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis Agua Verde, sección baja, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. ....	126
Tabla 8.2.1-1. Revisión de la fórmula rostral de siete especies morfológicas de langostinos del género <i>Macrobrachium</i> .....	130

## 1. RESUMEN

El sur de la península de Baja California se ubica en el Desierto Sonorense y se caracteriza por su aridez y por una cadena montañosa que define de norte a sur la vertiente del Golfo de California (Mar de Cortés) y la vertiente del Pacífico. A lo largo de dicha cadena montañosa se constituyen cuencas hidrológicas con humedales llamados oasis. La Región Hidrológica Prioritaria Número 8 y el sitio RAMSAR Número 1794 comprenden gran parte de dos cuencas hidrológicas contiguas, denominadas cuenca Santa Rita y cuenca Las Pocitas-San Hilario, cuyos cauces principales contienen sistemas de oasis que drenan en la vertiente del Pacífico. Los sistemas de oasis enfrentan de manera natural perturbaciones importantes por factores climáticos como son periodos de sequía y precipitaciones abundantes en un tiempo muy corto por efecto de huracanes. La presente investigación de tesis se proyectó con la meta de aportar conocimientos sobre el componente carcinológico de la integridad biótica acuática de estos sistemas de humedales a través del análisis de la diversidad y distribución de langostinos del género *Macrobrachium* en cinco oasis de cada cuenca. Se desarrolló trabajo de campo consistente en recolectas científicas en tiempo de estiaje en los años del 2009 al 2012 con el registro de variables ambientales del agua como temperatura, salinidad, sólidos disueltos totales (SDT) y pH. En el laboratorio se llevó al cabo un análisis sistemático de los ejemplares recolectados que incluyó estudios de identidad morfológica e identidad molecular en base a un fragmento del gen 16S ARNr ADNmt. Los resultados indican que en la cuenca Santa Rita, los oasis San Pedro de la Presa, Santa María de Toris y Agua Verde cuentan con cuerpos de



agua de tipo permanente pero inestable, mientras que los oasis San Ignacio y Agua de León cuentan con cuerpos de agua de tipo temporal. En la cuenca Las Pocitas-San Hilario, sólo el oasis El Pilar cuenta con cuerpos de agua de tipo permanente, mientras que los oasis Las Cuevas, La Cuchilla, Huatamote y Santa Fe cuentan con cuerpos de agua de tipo temporal. La taxonomía morfológica permitió confirmar la presencia de siete morfoespecies de *Macrobrachium*. Sin embargo, bajo el concepto general de especie por linaje (*sensu* De Queiroz, 1998), los resultados del análisis filogenético y de distancias genéticas de fragmentos del gen 16S indican que la diversidad (número de especies) en estas cuencas se compone de sólo cinco especies. Se observó la existencia de conectividad y flujo genético entre los dos sistemas de oasis y a que las cinco especies exhibieron haplotipos que ocurren en ambas cuencas de estudio. Las cinco especies exhibieron una distribución diferencial, en la que destaca *M. tenellum* por habitar oasis de la cuenca baja en aguas oligohalinas, *M. americanum* y *M. occidentale* por habitar oasis de la cuenca alta e intermedia en aguas infrahalinas y oligohalinas, y *M. digueti* y *M. offersii* por ocurrir a lo largo de las cuencas de estudio en aguas infrahalinas y oligohalinas. Se construyeron Índices de Integridad Ecológica para cuatro oasis con aguas superficiales tipo permanente, basados en atributos de los ensambles de langostinos (diversidad y distribución diferencial) y atributos de variables ambientales (SDT y pH).

## 2. INTRODUCCIÓN

El concepto de integridad ecológica trata sobre el conocimiento de la estructura y función de los ecosistemas naturales y sus conexiones con los sistemas socioculturales humanos; es un concepto que en los últimos años ha sido adoptado por diversos países para comprender y resolver su problemática socioambiental (Campbell, 2000; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010; Diario Oficial de la Federación, 2013). En México, la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente involucra la conservación de la integridad ecológica como meta para la protección de la biodiversidad en todos sus niveles, como el ecosistémico, de comunidades, de especies y de poblaciones (Diario Oficial de la Federación, 2013). Parrish *et al.* (2003) afirman que un ecosistema tiene integridad cuando sus características ecológicas dominantes (composición y procesos) ocurren dentro de sus rangos naturales de variación y puede resistir y recuperarse de perturbaciones ambientales y humanas.

Alcanzar el desarrollo social y económico de manera sustentable es uno de los retos más importantes de las sociedades humanas. El concepto sustentable indica que el desarrollo debe realizarse bajo la premisa de que la disponibilidad y calidad de los recursos naturales directa o indirectamente involucrados, no deben quedar limitados o comprometidos para las generaciones venideras (Enkerlin *et al.*, 1997). Una de las aproximaciones modernas que se han propuesto para coadyuvar en el alcance de la sustentabilidad se basa precisamente en la comprensión de la integridad ecológica, de su estructura y de los procesos fundamentales que deben ser mantenidos o en su caso restaurados para conservar la calidad y la cantidad

de los recursos y servicios ambientales (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998; Diario Oficial de la Federación, 2013). Un rubro de mayor importancia para la comprensión de la integridad de los ecosistemas es la biodiversidad. En este contexto, México es un país megadiverso cuya riqueza o capital genético se debe a una excepcional heterogeneidad orográfica y climática que sustenta un alto recambio o sucesión biológica (Arita, 1997; Arita y Rodríguez, 2001; Rodríguez *et al.*, 2003). Es por ello que nuestro país debe extremar las medidas necesarias para conservar y usar racionalmente dicho capital. Es ampliamente reconocido que la degradación o destrucción de los hábitats y la introducción de especies exóticas son las principales causas de la pérdida de la biodiversidad y de la extinción de especies (Wilcove *et al.*, 1998). Ambas causas, originadas por el hombre, provocan en nuestro país desde hace décadas, una problemática ambiental importante (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998; Mendoza Alfaro *et al.*, 2011).

La península de Baja California, reconocida como la segunda más larga y la más aislada en el mundo, se ubica en el Desierto Sonorense y se caracteriza por su aridez en la mayor parte de su territorio y por una cadena montañosa que define geomorfológicamente de norte a sur a dos vertientes, la vertiente del Golfo de California (Mar de Cortés) y la vertiente del Pacífico (Grismer, 2000). A lo largo de dicha cadena montañosa se forman numerosas cuencas hidrológicas en las cuales se desarrollan sistemas de humedales llamados oasis (Grismer, 1993; Maya *et al.*, 1997). Las cuencas hidrológicas superficiales son unidades biogeofísicas con un alto grado de integridad funcional; cada cuenca es única y por consiguiente, presenta características hídricas, geomorfológicas y ecológicas

propias del lugar (Barrow, 1998). La gestión de una cuenca hidrológica bajo el concepto de desarrollo sostenible es una herramienta para lograr el mantenimiento a largo plazo de su funcionamiento y su calidad. El interés por el manejo racional de los recursos naturales se ha renovado desde 1992 con la Conferencia de Dublín sobre el Agua y el Medio Ambiente y la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, en las cuales se pronunció mayoritariamente por el uso sostenible de los recursos para mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales en las cuencas hidrológicas del orbe (Barrow, 1998). La península de Baja California cuenta con alrededor de 184 humedales tipo oasis que se caracterizan por exhibir ensambles de flora y vegetación tropical circundadas por el ambiente árido; cerca de 70 oasis presentan cuerpos de agua temporales o permanentes (Maya *et al.*, 1997). En los oasis viven gran variedad de especies animales que utilizan estos sitios como abrigo, lugares de alimentación, reproducción o estaciones de descanso; las comunidades humanas sudcalifornianas relacionadas con los oasis ostentan una identidad cultural y socioeconómica dada por la misma historia del uso de los recursos naturales y de los servicios ambientales en dichos sistemas (Arriaga y Rodríguez, 1997).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) inició en octubre de 1997 el Programa de Regiones Prioritarias Marinas y Limnológicas de México, con el objetivo de desarrollar un marco de referencia para contribuir a la conservación y manejo sostenido de los ambientes oceánico, costero y de aguas continentales, el cual consideró los sitios de mayor biodiversidad y los usos actual y/o potencial en el país (Arriaga-Cabrera *et*

*al.*, 1998). Entre las 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias de México reconocidas por este programa de CONABIO se encuentra la Región Número 8 denominada "Oasis San Pedro de la Presa - El Pilar - Las Pocitas" localizada en el estado de Baja California Sur (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). Por otro lado, la Convención Internacional de Humedales. Conocida como la Convención RAMSAR, celebrada en Irán en 1971, ha reconocido y nombrado a la fecha 138 Sitios RAMSAR en México. Uno de ellos, localizado en la mitad sur de la península de Baja California, es el "Sistema de Oasis de la Sierra del Pilar" (Número 1794) designado con fecha de 02 febrero 2008 (ver: <http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>). Este sitio RAMSAR cubre gran parte de la Región Hidrológica Prioritaria Número 8 definida por la CONABIO.

Los ecosistemas acuáticos propios de las cuencas hidrológicas de nuestro país enfrentan distintos grados de perturbación o degradación, y a sea por factores abióticos y/o por las actividades humanas causando algunos cambios irreversibles, sobre todo en aquellos ecosistemas cercanos a los asentamientos humanos, en donde el vertimiento de drenajes, la canalización y extracción de aguas, el turismo y el propio crecimiento rural y urbano ha alterado los ciclos naturales (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). En la actualidad, la integridad estructural y funcional de los sistemas de oasis (cuencas hidrológicas) de la península de Baja California es tan en riesgo debido al impacto inherente al crecimiento poblacional humano, a las prácticas productivas inapropiadas, introducción de especies exóticas invasoras de flora y fauna, extracción masiva de biomasa vegetal con una lenta recuperación y consumo desmedido del recurso agua

(Arriaga y Rodríguez, 1997). El actual gobierno del estado de Baja California Sur lleva a cabo el “ Proyecto Estratégico de Desarrollo Sustentable: Oasis Sudcalifornianos”, entre cuyos objetivos se encuentra el mejorar las formas de uso, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales presentes en los oasis, hasta lograr una propuesta verdaderamente sustentable y adoptada por las estructuras sociales y comunitarias de la región ( Secretaría de Promoción y Desarrollo Económico, 2011) . El Programa de Planeación Ambiental y Conservación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. realiza actividades de investigación para coadyuvar en la comprensión de la Integridad Ecológica de los Oasis de Baja California Sur y ha propuesto desarrollar Planes de Manejo Integral de los Sistemas de Oasis de Cuenca Hidrográficas de importancia para la conservación y el desarrollo rural (Maeda-Martínez, 2011). Los Planes de Manejo Integral de las cuencas hidrológicas son considerados como una de las herramientas más importantes dentro del proceso de implementación de las políticas públicas que garanticen la conservación de los recursos y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población en las cuencas hídricas (Cotler, 2004).

La Ley del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente en su Artículo 88 indica que le corresponde al Estado y a la sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y que para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales se deberá considerar el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua ( Diario Oficial de la Federación, 2013). Al respecto, recientemente se expidió la Norma Oficial Mexicana que establece seis

metodologías ( Apéndices Normativos A -F) para la determinación del caudal ecológico en las cuencas hidrológicas del país. Caudal ecológico se define como "la calidad, cantidad y régimen del flujo o variación de los niveles de agua requeridos para mantener los componentes, funciones y procesos de los ecosistemas acuáticos epicontinentales". El Apéndice "E" señala la Metodología Hidrobiológica para determinar el caudal ecológico, la cual incluye la selección de Especies Objetivo representativas del sitio de estudio. Para ello, se recomienda inventariar las especies protegidas, sensibles o vulnerables y su relación con el estado de calidad del cuerpo de agua (Diario Oficial de la Federación, 2012).

La Región Hidrológica Prioritaria Número 8 "Oasis San Pedro de la Presa - El Pilar - Las Pocitas" y el sitio RAMSAR "Sistema de Oasis de la Sierra del Pilar" Número 1794 , comprenden geográficamente gran parte de dos cuencas hidrológicas contiguas denominadas cuenca Santa Rita y cuenca Las Pocitas-San Hilario, cuyos cauces principales desembocan en la vertiente del Océano Pacífico (Diario Oficial de la Federación, 2007). Ambas cuencas son consideradas de "importancia ecológica alta"; sin embargo, su caudal ecológico no ha sido determinado ( Diario Oficial de la Federación, 2012). La población humana asentada en estas cuencas no sobrepasa los 4,000 habitantes, siendo de tipo rural tipificada de ingreso socioeconómico bajo. Cerca de 300 localidades o poblados como rancherías y algunos ejidos están habitadas desde una persona hasta 345 personas, y se distribuyen principalmente a lo largo de los arroyos tributarios y de los cauces principales de las cuencas, situación que obedece a la ubicación de las fuentes de abastecimiento de agua. Los ecosistemas principales

de dichas cuencas son el matorral xerófilo y el sistema ripario (que incluye humedales y oasis). Estos ecosistemas enfrentan de manera natural y permanente altos grados de perturbación por factores abióticos, principalmente climáticos como son, por un lado, los periodos de sequía, y por el otro lado las precipitaciones abundantes obtenidas en un tiempo muy corto por efecto de huracanes. Las cuencas hidrológicas captan el agua de las pocas lluvias (250 mm de precipitación media anual) que se registran principalmente en verano. El agua se infiltra al subsuelo entre material fragmentado, fisuras y fracturas de la roca volcánica y granítica produciendo un flujo subterráneo hacia las partes bajas o valles para recargar los acuíferos, o brota en forma de manantial formando cuerpos permanentes o semi-permanentes, o se acumula en lagunas o pozas temporales; al igual que en todo el estado, estas cuencas no tiene ríos (corrientes permanentes de agua de considerable tamaño), sino arroyos o cauces que conducen agua sólo en contadas ocasiones en el año o en ninguna, sin embargo, en época de huracanes son capaces de conducir gastos de magnitud extraordinaria (Flores, 1998).

Las dos cuencas mencionadas exhiben un estado de degradación ecológica causado por las actividades humanas. Tal degradación se deriva de alteraciones a la integridad estructural y funcional de los sistemas de oasis provocadas principalmente por la deforestación y extracción de biomasa de mezquite para carbón comercial, y por la introducción de especies exóticas invasoras como son la enredadera *Cryptostegia glandiflora* (clavela lemán) (León de la Luz y Domínguez, 2006) y peces como las mojarra africanas tilapia y los pecílidos de



acuario (guppy) (Ruiz-Campos, 2000; Ruiz-Campos *et al.*, 1987). El dominio de dichos peces exóticos en la comunidad íctica de estos sistemas acuáticos es evidente ya que llegan a conformar hasta un 94% de la captura total en los monitoreos (Ruiz-Campos, 2012). El pez *Gobiesox juniperoserrai* (cucharita peninsular), especie dulceacuícola endémica restringida a la cuenca Las Pocitas-San Hilario, apenas descrita en 1996 (Espinoza-Pérez y Castro-Aguirre, 1996) ya se considera una especie en peligro dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. A pesar de los esfuerzos de recolecta por varios años en la localidad tipo, ningún ejemplar de *G. juniperoserrai* se ha observado desde 1996 (Ruiz-Campos, 2012). También el pez *Fundulus lima* (sardinilla peninsular) es endémico de oasis de la vertiente del Pacífico, desde la cuenca San Ignacio en el norte hasta las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario en el sur. Esta especie ha sufrido su extirpación en varios oasis y cuencas, incluida la cuenca Las Pocitas-San Hilario, probablemente debido a la exclusión competitiva ejercida por la mojarra tilapia (Ruiz-Campos, 2012). Ante este escenario, se considera urgente coadyuvar en el establecimiento de un diagnóstico del grado de afectación a la integridad ecológica que enfrenta esta región hidrológica prioritaria de importancia internacional.

Por lo anterior, al inicio de la preparación del anteproyecto de la presente investigación de tesis surgieron cuestionamientos sobre el estado del conocimiento de otros componentes de la integridad biótica acuática en estos sistemas de oasis, como por ejemplo, sobre los crustáceos decápodos. Al respecto, la información disponible es escasa y limitada a la taxonomía de pocos ejemplares recolectados en el área. Hernández *et al.* (2007) y García-Velazco *et*

al. (2013) reportaron la presencia de siete morfoespecies de langostinos del género *Macrobrachium* en numerosos oasis del estado de Baja California Sur, pero en particular de los oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, dichos autores registraron pocos ejemplares de seis morfoespecies procedentes de diversos sitios y oasis. Los habitantes en estas áreas rurales capturan y utilizan langostinos de los oasis como parte de su dieta, sin embargo, anteriormente a la presente investigación no existían estudios detallados sobre la diversidad y distribución de las especies de langostinos en dichas cuencas. A falta de este tipo de estudios básicos sobre un recurso alimenticio-comercial, actualmente no se aplica una regulación o control de su captura por parte de las autoridades de pesca (Hernández *et al.*, 2007). Los langostinos son organismos que dependen de dos factores ecológicos cuya ocurrencia es restringida e imprevisible: el factor de la presencia de agua superficial *per se* (recurso limitado), y el factor del volumen por el rellenado estacional de los cuerpos de agua (proceso ecológico-climático). De acuerdo a los criterios de Carignan y Villard (2002), la dependencia a tales factores ecológicos convierten a los langostinos en indicadores potenciales para monitorizar la integridad ecológica de los oasis (Hernández *et al.*, 2007).

Bajo ese escenario, la presente investigación de tesis se proyectó con la meta de contribuir al conocimiento sobre el componente carcinológico de la integridad biótica acuática de cuencas prioritarias como Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario para obtener un diagnóstico del grado de afectación a la integridad ecológica que enfrentan los oasis. Se espera que tal información contribuya a la conservación y

uso racional de l capital genético de nues tro paí s y con ello coadyuvar en el establecimiento del caudal ecológico y de los Planes de Manejo Integral de estas cuencas prioritarias.

El planteamiento base de la presente investigación de tesis se estableció considerando lo siguiente:

(1) La información disponible sobre langostinos de estas cuencas era escasa y limitada a la taxonomía morfológica de pocos ejemplares recolectados en el área.

(2) Cada cuenca es única por sus características hí dricas, g eográficas, geomorfológicas y ecológicas.

(3) La integridad ec ológica de es tas cuencas enfrentan p rocesos de a lta perturbación po r f actores ab ióticos, pr incipalmente c limáticos c omo s on l os periodos de sequía y por las precipitaciones abundantes por efecto de huracanes.

(4) Las cuencas de estudio no tienen ríos sino arroyos que conducen agua sólo en contadas oc asiones en e l año o en n inguna, s in em bargo, c uando s uceden huracanes son capaces de conducir gastos de alta magnitud.

(5) Los cuerpos de agua de las cuencas que constituyen los sistemas de oasis se originan por flujos subterráneos que brotan como manantiales formando cuerpos permanentes pero inestables, o por la captación de lluvia y esorrentías formando pozas temporales.

(6) No existía un inventario sobre la distribución de los manantiales (cuerpos de agua permanente) y pozas (cuerpos de agua temporal), ni se ha determinado su caudal ecológico.

(7) Los eventos de conectividad del agua superficial a lo largo de los sistemas de oasis se presentan con muy baja frecuencia, acaso una o dos veces por año, principalmente en verano dependiendo de la ocurrencia de lluvias.

(8) Estos ecosistemas de oasis enfrentan una degradación ecológica por actividades del hombre que han alterado la integridad biótica acuática con la introducción de especies exóticas invasoras y con la consecuente disminución de especies ícticas nativas.

(9) Los langostinos son candidatos potenciales para ser utilizados como bio-indicadores para monitorizar la integridad ecológica de los oasis y como "Especies Objetivo" para determinar el caudal ecológico.

Con base en lo anterior, las preguntas que surgieron son:

¿Qué especies de langostinos del género *Macrobrachium* forman parte del componente carcinológico en las comunidades acuáticas de estos sistemas de oasis?

¿Cuáles son las especies más comunes?

¿Cuál es su identidad molecular?

¿En qué tipo de agua viven? (en términos de temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y pH).

¿Cómo está conformada su estructura poblacional en los oasis?

¿Cómo es la diversidad molecular en sus poblaciones?

¿Cómo se distribuyen dichas especies en el sistema de oasis de cada cuenca?

¿Las poblaciones de los diferentes sistemas de oasis comparten haplotipos o tienen linajes genéticos particulares?

¿Por la falta de conectividad de aguas superficiales a largo de meses de estiaje, el ciclo de vida de los langostinos se completa en los mismos oasis?

¿Se puede construir y proponer un índice de integridad ecológica con base en los atributos de los langostinos y su ambiente?

Con la finalidad de contestar estas preguntas, la investigación de tesis se desarrolló bajo el marco teórico de la Sistemática de Crustáceos, Limnología y Biología de la Conservación. Las actividades se organizaron en dos apartados generales, el trabajo de campo y el trabajo de laboratorio. En el trabajo de campo, se seleccionaron cinco humedales (oasis) de cada cuenca distribuidas en las secciones alta, intermedia y baja como estaciones de trabajo y, en ellas se recolectaron langostinos en los meses de estiaje (marzo - agosto) en los años del 2009 al 2012. En el momento de la recolecta se registraron los valores de seis variables de la calidad del agua (temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y pH) y se documentó fotográficamente cada sitio de estudio. En el trabajo de laboratorio se realizó la determinación taxonómica de los ejemplares recolectados a través del estudio de la identidad

morfológica, de la identidad molecular y de los linajes genéticos (haplotipos), con lo cual se determinó la diversidad de especies. Posteriormente se definió la distribución de las especies identificadas en el sistema de oasis de cada cuenca, y se definió cuáles o cuáles son las especies más comunes. Finalmente, con la información obtenida se construyó y se propone entonces, un índice de integridad ecológica, el cual se espera sirva para monitorizar la integridad biótica acuática de cuatro oasis con manantiales permanentes.

### 3. ANTECEDENTES

Los Palaemonidae del género *Macrobrachium* ocurren en trópicos y subtrópicos donde el grupo ecológico dominante está compuesto por especies anfídromas las cuales al menos tienen parte de su ciclo de vida en agua dulce (Holthuis, 1980; Short, 2004; Cook *et al.*, 2009). Varias especies de este género muestran incluso una amplia distribución a través de áreas interoceánicas, especialmente en la región del Indo-Pacífico (Short, 2004; Murphy y Austin, 2005). Estos crustáceos que se encuentran tanto en cuerpos de agua lóticos como lénticos toleran amplias oscilaciones de salinidad, normalmente son bentónicos móviles y son depredadores de otros crustáceos, peces y larvas de insectos y aprovechan restos de animales acuáticos (Villalobos, 1966; Jayachandran, 2001).

En México, las especies del género *Macrobrachium*, de acuerdo a la localidad y especie que se trate reciben diferentes nombres comunes; en este estudio los llamamos langostinos. En general, los langostinos han sido poco estudiados, pero se conocen aspectos de su taxonomía, distribución y biología básica. En América han sido reportados en trabajos científicos desde finales del siglo XIX. La revisión de los Palaemónidos en América por Holthuis (1952) aporta gran cantidad de información taxonómica e indudablemente ha ayudado a los estudios regionales de estos crustáceos. En el continente Americano los langostinos se distribuyen por la vertiente del Pacífico desde el río Yaqui (estado de Sonora, México) hasta río Chira en Perú (Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Wicksten y Hendrickx, 2003; Román-Contreras, 2004; Hernández *et al.*, 2007), y por la vertiente del Atlántico desde San Agustín, Florida hasta Santa Catarina, Brasil

(Hedgpeth, 1949; Rodríguez de la Cruz, 1965; Bowles *et al.*, 2000; Wicksten y Hendrickx, 2003; Román-Contreras, 2004; Hernández *et al.*, 2007). Román-Contreras (1979, 1991) estudió aspectos de la biología y ecología de *Macrobrachium tenellum* de la Laguna Coyuca y Río Coyuca de la Laguna de Coyuca de Guerrero, reportando la presencia de otras cuatro especies de langostinos. Villalobos *et al.* (2010) reportaron siete especies del género *Macrobrachium* en las cuencas de Copalita, Zimatán y Coyula en el estado de Oaxaca, registrando a *M. tenellum* como la especie más abundante. En la Península de Baja California la presencia de los langostinos fue descrita por un padre jesuita en 1780 (León Portilla, 1988). Sin embargo, la primera publicación formal para la región fue realizada por Lockington (1878) quien registró a *M. tenellum* (citado como *Palaemon longipes*) de Mulegé. 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. Holthuis (1952) incrementó el conocimiento de estas tres especies de langostinos de la península reportando su presencia en tres localidades: Mulegé, La Paz y San José de Cabo. Rodríguez de la Cruz (1968) reportó *M. tenellum* de La Paz y Ríos (1989) reportó *M. americanum* de Mulegé, haciendo notar la ausencia de la especie nativa *M. digueti* en este oasis. Hernández *et al.* (2007) reportaron seis morfoespecies, *M. americanum*, *M. digueti*, *M. hobbsi*, *M. michoacanus*, *M. olfersii* y *M. tenellum* de Baja California Sur. Recientemente, García-Velazco *et al.* (2013) reportó el primer registro de *M. occidentale* del estado de Baja California Sur, lo cual incrementa a siete el número de morfoespecies presentes en la península. A la fecha, los estudios de



*Macrobrachium* de la península no han incluido análisis de su diversidad, ni de su distribución específica a lo largo de las cuencas.

La teoría indica que el ciclo de vida de los langostinos se completa cuando las hembras ovígeras llegan a desovar a los estuarios en aguas salobres (Villalobos, 1982; Mossolin y Bueno, 2003; Rólier-Lara y Wehrtmann, 2011). Existen ciertas excepciones, y a que algunas especies que habitan secciones de la cuenca distantes del mar o donde los cauces no presentan comunicación con la zona litoral, han adoptado ciclos reproductivos restringidos al ambiente dulceacuícola. En estos casos, el desarrollo de las larvas se dice que es abreviado (Mossolin y Bueno, 2003); las hembras producen pocos huevos de mayor tamaño y gran cantidad de vitelo (Acuña, 2002).

En *Macrobrachium* el análisis del gen mitocondrial 16S ARNr han sido utilizados para determinar especies del género (Murphy y Austin, 2005). A pesar de que las secuencias del gen 16S son en general de las más conservadas dentro del ADN mitocondrial, se ha comprobado la existencia de diferencias substanciales entre especies del género *Macrobrachium* (Schubart *et al.*, 2000). Estudios recientes de genes mitocondriales demuestran que la mejor explicación de la amplia distribución de especies en la región del Indo-Pacífico es por dispersión oceánica y no por procesos de vicarianza (Murphy y Austin, 2005; Chen *et al.*, 2009). García-Velazco *et al.* (2013) con análisis de fragmentos de los genes 16S y Citocromo oxidasa I confirmaron el estatus como especie válida de *M. occidentale* (grupo monofilético), y demostraron la existencia de haplotipos comunes entre cuencas hidrológicas de las regiones geográficas de la península de Baja

California y el continente Mexicano. Con análisis de ADN mitocondrial, Cook *et al.* (2009) reportaron altas tasas de flujo genético entre ríos de Puerto Rico y sugirieron que la dispersión marina determina la estructura genética poblacional de especies de *Macrobrachium*.

Como se mencionó previamente, Parrish *et al.* (2003) afirman que un ecosistema tiene integridad cuando sus características ecológicas dominantes (composición y procesos) ocurren dentro de rangos naturales de variación, y puede resistir y recuperarse de perturbaciones ambientales y humanas. Para la evaluación y monitoreo de cambios en la biota acuática se han diseñado distintos índices. Entre los más comunes se encuentran los índices bióticos, índices bióticos rápidos o protocolos rápidos de biovaloración considerados como los mejores métodos para evaluar la calidad ambiental de sistemas lóticos (Pérez Munguía *et al.*, 2007). Tales índices consideran información básica como la presencia o ausencia de especies (Caro y O'Doherty, 1999; Simaika y Samways, 2009). Karr y Dudley (1981) desarrollaron un concepto denominado Índice de Integridad Biótica (IIB) que definieron como una herramienta metodológica que integra diferentes atributos de las comunidades. Fue desarrollado para evaluar la riqueza y composición de comunidades de peces y ha sido utilizado para evaluar ambientes dulceacuícolas en el centro de Estados Unidos (Karr *et al.*, 1986). Hernández *et al.* (2007) propusieron utilizar las especies de *Macrobrachium* como indicadores potenciales para monitorizar la integridad ecológica de los oasis. Los langostinos habitantes de los oasis son organismos que dependen de dos factores cuya ocurrencia es restringida e imprevisible: el factor de la ocurrencia de agua

superficial (el cual es un recurso limitado), y el factor del rellenado estacional de los cuerpos de agua (el cual es un proceso ecológico climático). Estas características dependientes de factores ecológicos (Carignan y Villard, 2002) convierten a los lagostinos en indicadores potenciales para monitorizar la integridad ecológica de los oasis (Hernández *et al.*, 2007).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el componente carcinológico ( decápodos) de la integridad biótica de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario ( sistemas de oasis prioritarios para la conservación) a través de la definición de la diversidad ( número de especies) y distribución de langostinos del género *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae).

### **4.2. OBJETIVOS PARTICULARES**

4.2.1. Determinar la diversidad ( número de especies) de langostinos del género *Macrobrachium* que ocurren en los sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario con base en recolecta ( 2009 al 2012 ) y el análisis sistemático de los ejemplares recolectados, incluyendo el estudio de la identidad morfológica y molecular con el fragmento del gen 16S ARNr ADNmt.

4.2.2. Establecer la distribución de las especies en los sistemas de oasis con base en la información obtenida en el apartado 4.2.1.

4.2.3. Registrar las características del hábitat, en particular de las variables ambientales del agua tales como temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales, pH y oxígeno disuelto, y definir el tipo de agua en términos de la salinidad y en relación con las poblaciones de las especies de langostinos.

4.2.4. Construir y proponer un Índice de Integridad Ecológica (IIE) para los oasis de aguas superficiales tipo permanente (manantial) de las cuencas de estudio, con base en los atributos de las comunidades y poblaciones de langostinos (diversidad y distribución diferencial) y variables ambientales (SDT y pH).

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

La península de Baja California se localiza en el noroeste de México, entre los paralelos 23° 52' y 32° 39' N y entre los meridianos 109° 25' y 117° 07' W (Ferrusquía-Villafranca, 1993). Está rodeada por el Océano Pacífico y el Golfo de California (Savage, 1960). Su origen se debe a una separación gradual del macizo continental ocurrida en los últimos cuatro o cinco millones de años por movimientos tectónicos de las placas del Pacífico y de Norte América a lo largo de la falla San Andrés (Stock y Hodges, 1989).

Políticamente, la península de Baja California se divide en dos estados, Baja California y Baja California Sur, cuya frontera se ubica en el paralelo 28. Baja California Sur es una entidad que no tiene verdaderos ríos permanentes pero se caracteriza por tener arroyos o flujos de agua intermitentes sobre cauces de cuencas en los cuales ocurren numerosos manantiales sustentados por los acuíferos y pozas temporales alimentados por aguas subálveas (Flores, 1998).

En la presente investigación de tesis se estudiaron dos sistemas de oasis del estado de Baja California Sur que se localizan en los cauces principales de las cuencas hidrológicas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario (Fig. 5.-1). Como se mencionó anteriormente, dichas cuencas, por sus características ecológicas son consideradas de importancia nacional e internacional y prioritarias para su atención y conservación; actualmente se encuentran bajo la denominación de Región Hidrológica Prioritaria Número 8 "Oasis San Pedro de la Presa - El Pilar - Las Pocitas" por la CONABIO (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998), y como sitio

RAMSAR con la denominación de "Sistema de Oasis de la Sierra del Pilar" Número 1794. Ambas cuencas son clasificadas de "importancia ecológica alta", denominación emitida por la Norma Mexicana para la determinación del Caudal Ecológico (Diario Oficial de la Federación, 2012).

Las características generales de las cuencas y la lista de los oasis de estudio se presentan a continuación:

### **5.1. Cuenca Santa Rita**

Tiene una superficie de aportación de 2,322.4 km<sup>2</sup> y se encuentra delimitada al norte por las cuencas Las Bramonas y Alfredo B. Bonfil, al este por las cuencas Alfredo B. Bonfil y Las Pocitas, al sur por la cuenca Las Pocitas-San Hilario, y al oeste por el Océano Pacífico. La cuenca tiene un volumen disponible aproximado a la salida de 20,647 millones de metros cúbicos que comprenden desde el nacimiento del Arroyo Cañada Uña de Gato hasta su desembocadura en el Océano Pacífico (Diario Oficial de la Federación, 2007).

#### **5.1.1. Sistema de oasis de la Cuenca Santa Rita**

Los oasis estudiados y su situación en esta cuenca se mencionan a continuación:

Cuenca Alta: Oasis San Pedro de la Presa.

Cuenca Alta: Oasis Santa María de Toris.

Cuenca Intermedia: Oasis San Ignacio.

Cuenca Intermedia: Oasis Agua de León.

Cuenca Baja: Oasis Agua Verde.

## **5.2. Cuenca Las Pocitas-San Hilario**

Tiene una superficie de aportación de 2, 410.3 km<sup>2</sup> y se encuentra delimitada al noroeste por la cuenca Santa Rita, al este por la cuenca hidrológica Alfredo B. Bonfil, y al sur por la cuenca hidrológica Conejos-Los Viejos. La cuenca tiene un volumen disponible a la salida de 23 ,699 millones de metros cúbicos que comprenden desde el nacimiento del Arroyo Las Pocitas hasta su desembocadura en el Océano Pacífico (Diario Oficial de la Federación, 2007).

### **5.2.1. Sistema de oasis de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario**

Los oasis estudiados y su situación en esta cuenca se mencionan a continuación:

Cuenca Alta: Oasis Las Cuevas.

Cuenca Alta: Oasis La Cuchilla.

Cuenca Intermedia: Oasis Huatamote.

Cuenca Intermedia: Oasis El Pilar.

Cuenca Baja: Oasis Santa Fe.



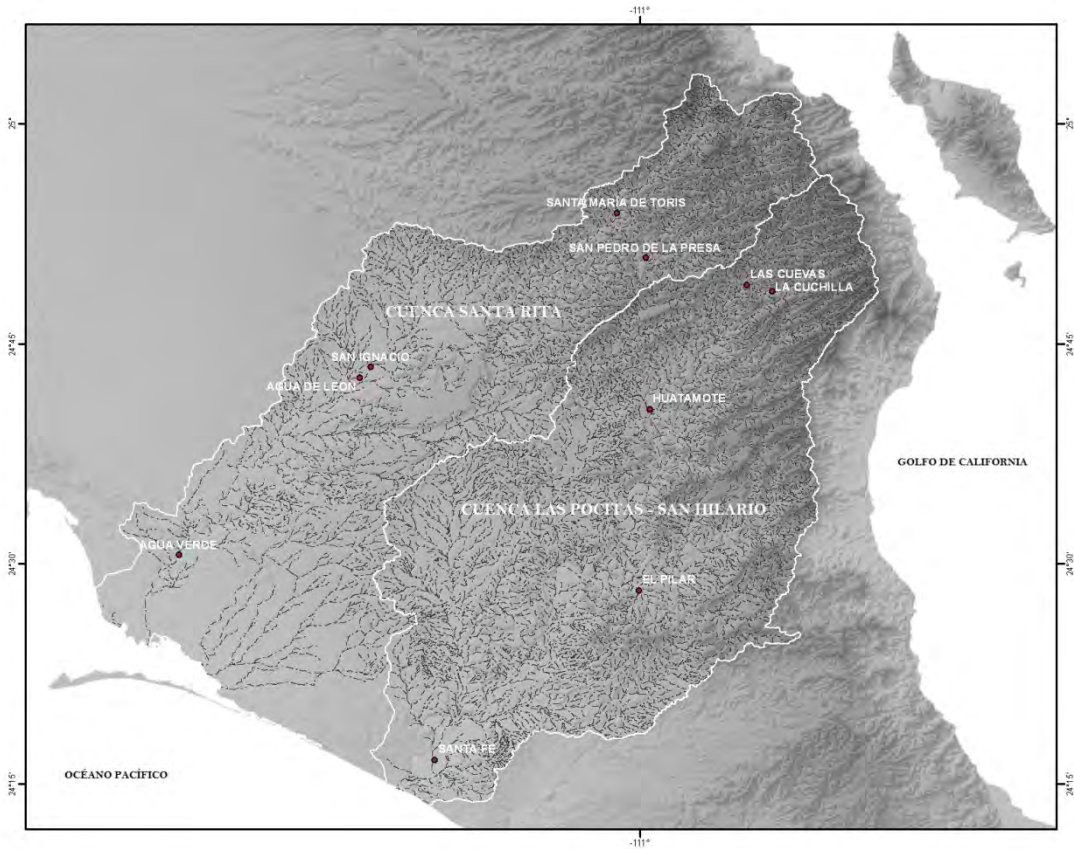


Figura 5-1 Ubicación geográfica de las cuencas hidrológicas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario y de los sistemas de oasis bajo estudio en Baja California Sur, México.

## **6. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **6.1. Trabajo de campo**

El trabajo de campo se realizó en los meses de estiaje en los años 2009 (junio, julio, agosto), 2010 (mayo), 2011 (junio, julio) y 2012 (marzo) en cinco oasis de la Cuenca Santa Rita y cinco oasis de la cuenca Las Pocitas-San Hilario. Son oasis ubicados a lo largo de las cuencas en las secciones alta, intermedia y baja. En estudios de integridad biótica acuática se recomienda que en sistemas lóticos el muestreo se realice en la época de sequía, cuando las condiciones hidrológicas permiten encontrar las comunidades más estables (Pérez-Munguía *et al.*, 2007).

#### **6.1.1. Recolecta de langostinos**

Para la captura de los langostinos se utilizaron los siguientes instrumentos de pesca:

- (1) Atarraya, con luz de malla de 13.2 mm.
- (2) Chinchorro (red de cerco), con luz de malla de 4.2 mm.
- (3) Red de mano, con luz de malla de 2.3 mm.
- (4) Red planctónica, con luz de malla de 50  $\mu$ m.

El esfuerzo de pesca aplicado a la recolecta de organismos correspondió a dos hombres por dos horas de trabajo en el oasis de estudio. Los ejemplares recolectados fueron colocados en frascos de plástico con su respectiva etiqueta y fijados con etanol al 100%.

### **6.1.2. Características del hábitat**

En los sitios de recolección se midieron las variables ambientales del agua tales como temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales (SDT), pH y oxígeno disuelto (OD) utilizando los instrumentos portátiles EC300, pH100, y DO200 (YSI, Yellow Springs, OH). La posición geográfica de cada sitio fue georreferenciada utilizando el instrumento portátil GPS 1 2XL (Garmin International, Olathe, KS). Se tomaron notas sobre el tipo de vegetación y las especies de ictiofauna observadas.

## **6.2. Trabajo de laboratorio**

### **6.2.1. Sistemática de *Macrobrachium***

La definición de la diversidad de especies se sustentó en un trabajo minucioso que trata sobre la sistemática de *Macrobrachium*. Para efectos del presente trabajo se adopta el concepto de Sistemática definido por Whitehead (1990) como la "disciplina científica que no sólo clasifica y nombra la diversidad del mundo orgánico (a través de la taxonomía) sino que busca entender los procesos que producen y sostienen dicha diversidad; sus resultados son clasificaciones que tienen la finalidad de mostrar las relaciones derivadas históricamente entre los organismos a todos los niveles taxonómicos señalando los linajes genéticos". Para ello se llevaron al cabo dos estudios o aproximaciones; el primero de ellos fue un estudio de taxonomía morfológica (identidad morfológica) y el segundo fue un estudio sobre la identidad molecular de las especies utilizando fragmentos del gen mitocondrial 16S ARNr (16S). La identidad morfológica permitió establecer una

pre-identificación taxonómica, mientras que la identidad molecular permitió, por un lado, aportar conocimientos sobre la constitución haplotípica de los langostinos que ocurren en las cuencas de estudio, y por otro lado y más importante, definir el número de especies. En esta tesis se adopta el concepto general de especie propuesto por De Queiroz (1998) que indica que las especies son segmentos de linajes evolutivos de nivel poblacional.

El trabajo de investigación se realizó con el estudio de 4,845 ejemplares recolectados en los 10 oasis de estudio durante los años 2009, 2010, 2011 y 2012. Un total de 213 ejemplares fueron eliminados por presentar malas condiciones (p.ej., incompletos, fracturados, et c.). A los 4,632 ejemplares restantes se les determinó su sexo y su longitud cefálica (LC). La determinación taxonómica a nivel especie se estableció en un 77.6% (3,759) de los ejemplares y el resto de ellos (873) se determinaron hasta el nivel de *Macrobrachium* sp.. Todo el material recolectado y determinado taxonómicamente se encuentra depositado en la Colección de Crustacea del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.. En una primera instancia se analizaron los ejemplares con una talla mayor de 10 mm de LC, que sumaron 1,133 ejemplares y que se consideraron adecuados para pre-determinar morfológicamente la especie a la que pertenecen. Cada ejemplar de este grupo cuenta con un formato de morfología básica con clave única. Para el análisis de la identidad molecular se obtuvieron un total de 202 secuencias útiles. Los dos pares de especies morfológicas *M. digueti*-*M. michoacanus* y *M. olfersii*-*M. hobbsi* mostraron, dentro de su variación, haplotipos idénticos (compartidos). Con base en esta información se tomó la decisión de

considerar en esta tesis que los dos pares de especies nominales mencionados representan una sola entidad o linaje a nivel especie, respectivamente. Por lo tanto, y con base en la Ley de Prioridad del Código de Nomenclatura Zoológica vigente (International Commission on Zoological Nomenclature, 1999), tales especies se nombrarán en este trabajo como sinónimos válidos (*senior synonyms*) a *M. digueti* y a *M. offersii*.

#### **6.2.1.1. Taxonomía morfológica**

Para establecer la identidad morfológica de cada ejemplar se diseñó un formato de morfología básica para el género *Macrobrachium* en el que se registraron los datos fundamentales del ejemplar que incluye el sexo, la merística y morfometría estándares para el grupo y observaciones particulares de cada individuo (Apéndice I). La morfometría se realizó utilizando un vernier digital (precisión 0.01 mm; Mitutoyo 700-113, Kawasaki, Japón). Se asignó una clave y etiqueta a cada ejemplar y se le conservó en etanol al 100%. Con estos datos se procedió a realizar una pre-identificación taxonómica considerando las descripciones y claves publicadas por Holthuis (1950, 1952), Wicksten (1989), Hendrickx (1994) y Hernández *et al.* (2007). La nomenclatura anatómica utilizada en este trabajo es de acuerdo a Short (2004) y Hernández *et al.* (2007).

#### 6.2.1.1.1. Determinación de la clase de talla y sexo

La clase de talla de los ejemplares se determinó con base en la longitud del cefalotórax (distancia desde el borde anterior orbital hasta el borde posterior dorsal del caparazón) (LC) (Figura 6.2.1.1.1-1). Las clases de talla fueron definidas de acuerdo a un rango de valores de la LC (Apéndice II).

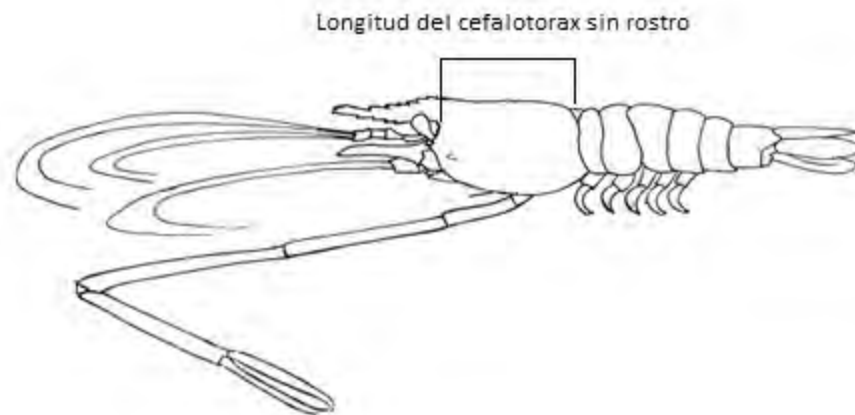


Figura 6.2.1.1.1-1. Esquema que muestra el método de medición de la longitud del cefalotórax sin rostro (LC) en ejemplares del género *Macrobrachium* (modificado de Román-Contreras, 1979).

El sexo de los langostinos fue determinado de la siguiente manera: los machos se distinguen por la presencia del apéndice masculino que se localiza en cada endopodito del segundo par de pleópodos (Figura 6.2.1.1.1-2), mientras que las hembras carecen de dicho apéndice. En algunos ejemplares el sexo se confirmó observando el área del esternito 8 (T8), el cual en los machos se presenta con opérculos en las coxas del quinto par de pereiópodos, y los bordes ventrales del esternito se encuentran unidos, mientras que en las hembras se carece de

opérculos c oxales y los b ordes v entrales s e enc uentran c ompletamente separados; en *M. tenellum* los bor des v entrales s e enc uentran c ompletamente separados en ambos sexos (García-Velazco *et al.*, 2013).

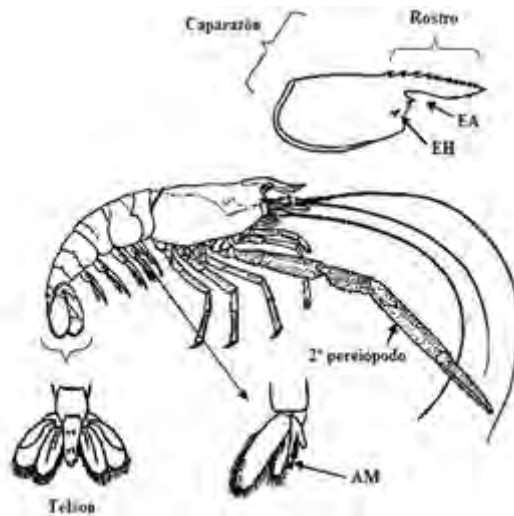


Figura 6.2.1.1.1-2. Morfología externa del género *Macrobrachium* que muestra la ubicación del apéndice masculino (AM) de acuerdo Hernández (2007).

#### 6.2.1.1.2. Fórmula rostral

La fórmula rostral (dientes dorsales / dientes ventrales) es un elemento fundamental para la identificación de las morfoespecies de *Macrobrachium* (Omkar *et al.*, 1984). Se realizó una revisión al respecto considerando la literatura pertinente y los datos obtenidos en el presente estudio (Tabla 8.2.1-1).

### 6.2.1.1.3. Identificación de ejemplares de talla pequeña (5 a 15 mm)

Los análisis morfológicos y genéticos permiten establecer que, aún sin tener el segundo par de pereiópodos, los ejemplares mayores de 5 mm de LC (Clase de Talla 1) se pueden identificar morfológicamente siguiendo el método o clave de identificación que se propone en la presente tesis y que se resume en la Tabla 7.2.2-1 "Criterios morfológicos para identificar ejemplares de talla pequeña de cinco especies del género *Macrobrachium* de la península de Baja California, México". En el caso de *M. tenellum* la identificación se puede realizar aún en tallas más pequeñas por su rostro típico (véanse en Resultados). El método considera, entre otros, la fórmula rostral mencionada anteriormente y la morfología del rostro. En el rostro son importantes los bordes dorsales y ventrales, y una estructura no considerada anteriormente para la taxonomía morfológica que en el presente estudio se denomina "cresta rostral lateral", la cual se define como la línea media que divide al rostro y que tiene una forma y terminación particular en los dientes apicales o entre el primer diente dorsal anterior al diente apical y el mismo diente apical (véanse de la Figura 7.2.2-1 a la 7.2.2-3 en Resultados). La consistencia de esta característica en *M. americanum*, *M. digueti* y *M. offersii* se revisó y se comparó entre ejemplares de diferentes clases de talla, y se documentó con el análisis de un fragmento del gen 16S y con microfotografías tomadas con un microscopio estereoscópico (véanse de la Figura 7.2.2-4 a la 7.2.2-6 en Resultados).



## 6.2.1.2. Análisis molecular

### 6.2.1.2.1. Identidad molecular (16S ARNr ADNmt)

Para establecer la identidad molecular se obtuvieron muestras de ADNt a partir de músculos abdominales los cuales se procesaron por el método Cell & Tissue Puregene Kit®. El contenido de ADNt se verificó por electroforesis (gel de agarosa). Posteriormente, utilizando la técnica de PCR se realizó la amplificación de un fragmento de ADNmt del gen 16S utilizando los iniciadores 1471B y 1472B (Liu *et al.*, 2007). La amplificación se verificó por electroforesis (gel de agarosa). En algunas amplificaciones se realizaron purificaciones con el método Gel Band Purification Kit®. Los productos de PCR se secuenciaron unidireccionalmente con los servicios de la empresa Macrogen, Corea de Sur. Las secuencias se verificaron con el programa FinchTV1.4.0 y Chromas Lite 2.1. La alineación y la obtención de la distancia genética (Modelo de Kimura-2 parámetros) de los haplotipos se realizaron utilizando el programa MEGA 5 (Tamura *et al.*, 2011). Posteriormente se procedió a calcular la diversidad haplotípica utilizando el programa DnaSP V.5.0 (DNA Sequence Polymorphism, versión 5) (Librado y Rozas, 2009). Las secuencias se definieron como genuinas de la especie en estudio a partir de una “secuencia de referencia”, que fue seleccionada considerando los siguientes criterios: (1) que su secuencia se encuentra depositada en el GenBank, (2) que fue depositada por especialistas reconocidos, y (3) que proviene del lugar más cercano disponible a la localidad tipo. Para el caso de las especies que no cuentan con secuencias depositadas en el GenBank, la secuencia de referencia se seleccionó del ejemplar que proviene del lugar más

cercano disponible a la localidad tipo. Los protocolos utilizados en el análisis molecular (extracción de ADN, amplificación de un fragmento del gen 16S, purificación de ADN) se presentan en los Apéndices III, IV, V.

#### **6.2.1.2.2. Análisis filogenético de haplotipos 16S ARNr ADNmt**

Se realizó un análisis filogenético de 55 haplotipos utilizando el método Vecino más cercano (*Neighbor-Joining*) el cual determina las distancias genéticas adoptando el modelo de Kimura-2 parámetros (Tamura *et al.*, 2011) con el programa MEGA 5.

#### **6.2.2. Construcción de Índices de Integridad Ecológica (IIE) (modelo *Macrobrachium*)**

Se realizó la construcción de un IIE con base en los datos obtenidos sobre la presencia/ausencia de especies y ensambles de especies y las características ambientales observadas durante los años 2009, 2010, 2011 y 2012. Se tomaron en cuenta los oasis con cuerpos de agua permanente. Para la cuenca Santa Rita se seleccionaron los oasis de la cuenca alta Santa María de Toris y San Pedro de la Presa y el oasis de la cuenca baja Agua Verde. Para la cuenca Las Pocitas–San Hilario se seleccionó el oasis de la cuenca intermedia El Pilar.

### 6.3. Presentación de resultados

Los resultados se presentan bajo los apartados que se enumeran y se explican a continuación:

#### (1) Características del hábitat registradas del 2009 al 2012

En este apartado se presentan tres secciones: la sección de **Eventos climáticos de alta perturbación** en la que se describen las condiciones climáticas, incluyendo los valores de precipitación y temperatura registrados en la estación meteorológica de San Pedro de la Presa; la sección de **Variables de la calidad del agua registradas del 2009 al 2012**, en la que se presentan los valores mínimos y máximos de las variables de la calidad del agua registradas en los oasis de las cuencas de estudio; y la sección de **Sistema de oasis**, en la que se describen las características generales de los oasis estudiados con información sobre el tipo de cuerpo de agua (permanente o temporal), clasificación del tipo de agua con referencia a los valores de salinidad de acuerdo a la clasificación de Hedgpeth (1957) (Tabla 6.3-1), tipo de sustrato, vegetación riparia, ictiofauna observada, y las especies registradas de langostinos del género *Macrobrachium*, con un comentario sobre las especies con mayor frecuencia en la recolecta.

Tabla 6.3-1. Clasificación de los valores de los intervalos de salinidad según Hedgpeth (1957)

Tipo de agua según Hedgpeth (1957)	Valores de los intervalos de salinidad
Infrahalina	0.2 - 0.5
Oligohalina	0.5 – 3.0
Mesohalina	3.0 – 8.0
Poligohalina	8.0 – 16.5

## **(2) Diversidad de especies de *Macrobrachium***

Este apartado inicia con información sobre el número de especies identificadas y registradas para cada cuenca durante los años de estudio. Posteriormente se presenta la sección de **Sistemática**, la cual inicia con la ubicación taxonómica del género *Macrobrachium* de acuerdo a la clasificación de Martín y Davis (2001). En seguida se presentan las especies con los siguientes apartados: nombre de la especie con autor y año, sinonimia (restringida a material mexicano), localidad tipo, diagnóstico de la especie y en su caso diagnóstico de los morfotipos, identidad haplotípica, distribución en México y distribución general. El material examinado, i.e., el número, clase de talla y sexo de los ejemplares estudiados se presenta en la Tabla 7.3.1.2-1 y el Apéndice VII. A continuación se presenta la sección de **Identificación de ejemplares de talla pequeña (5 a 15 mm)** en la cual se explica el método que se propone y que se utilizó en esta tesis para identificar ejemplares de talla pequeña de las especies *M. americanum*, *M. digueti*, *M. occidentale* y *M. olfersii*.

Posteriormente se presenta la sección de **Análisis molecular** el cual inicia con información sobre el número de ejemplares estudiados, el número de haplotipos encontrados y la congruencia obtenida entre la identidad molecular y la identificación morfológica. En seguida se encuentra la sección de **Relación filogenética de las especies de *Macrobrachium*** en la que se presenta el árbol filogenético de haplotipos del gen 16S obtenido con el método *Neighbor-Joining* en el que resultan cinco linajes genéticos, lo cual sustenta la determinación de la diversidad de especies de las cuencas de estudio y se evalúan sus relaciones

filogenéticas. Posteriormente se presenta la sección de **Distancia genética intra-especies** en la que proporciona información de las distancias genéticas del modelo de Kimura-2 parámetros entre los haplotipos del gen 16S de cada especie. En seguida se presenta la sección de **Distancia genética inter-especies** en la que se muestran los valores de las distancias genéticas del modelo de Kimura-2 parámetros entre las cinco especies.

A continuación se presenta la sección **Distribución de especies y haplotipos en las cuencas de estudio**, en la cual de inicio se presenta una tabla con el número de ejemplares recolectados de las cinco especies de *Macrobrachium* y se define la diversidad y **Distribución de las especies en las cuencas y oasis de estudio en los años 2009, 2010, 2011, 2012**. Posteriormente, se presenta la sección de **Distribución, hábitat y clases de talla por especie**, en la que se proporciona información desde el punto de vista de la especie, esto es, en que cuenca se encontró con mayor frecuencia, cuantos ejemplares y en que talla se recolectaron y en que secciones de la cuenca se recolectó, y finalmente se presenta la **Distribución de haplotipos en las cuencas de estudio**, en la que se muestran los resultados obtenidos de ejemplares de las cinco especies de *Macrobrachium*, sobre el número de secuencias, número de haplotipos, distribución de los haplotipos en las cuencas, diversidad haplotípica y su varianza.

### **(3) Índices de Integridad Ecológica (IIE)**

Finalmente se proponen cuatro IIE propios para los oasis que tienen un cuerpo de agua tipo permanente (manantial) utilizando Cartas de Valoración de los atributos bióticos y abióticos y Cartas de Valoración del estado de salud de los oasis para finalmente realizar el reporte del estado de salud del oasis.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1. Características del hábitat registradas del 2009 al 2012**

#### **7.1.1. Eventos climáticos de alta perturbación**

Previo al inicio de la presente investigación, en octubre del 2008 se tuvieron lluvias importantes por efecto del huracán Norbert. Durante el periodo de estudio 2009-2012 el área de trabajo enfrentó dos eventos climáticos de alta perturbación: en septiembre del 2009 se tuvieron lluvias importantes por la presencia del huracán Jimena, y desde noviembre 2009 se sufrió un periodo de sequía y pocas lluvias (ca. 33 meses) en los años 2009, 2010 y finalizando 2011, ya fuera del periodo de estudio, en septiembre y octubre del 2012 con lluvias por efecto de los huracanes Miriam, Norman y Paul, respectivamente. En la Tabla 7.1.1-1 se presentan los valores de la precipitación mensual y anual, y de la temperatura máxima del aire registrados del 2008 al 2012 en la estación meteorológica ubicada en San Pedro de la Presa. Para el año 2008, por efectos del huracán Norbert se tuvo una precipitación total de 391 mm lo que permitió la conectividad de agua superficial a lo largo de los sistemas de oasis de las cuencas de estudio en los meses de agosto, septiembre y octubre. En el año 2009, por efectos del huracán Jimena se tuvo una precipitación total de 260 mm lo que permitió la conectividad en los meses de septiembre y octubre. Esta conectividad se comprobó con videos aéreos realizados por personal del CIBNOR en septiembre 2009. A partir de noviembre del 2009 hasta agosto del 2012 por la prolongada sequía no se presentó conectividad en agua superficial entre los oasis de los sistemas estudiados.

Tabla 7. 1.1-1. Valores de la precipitación mensual y anual, y de la temperatura máxima del aire registrados del 2008 al 2012 en la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua ubicada en San Pedro de la Presa, Del egación de Los Dolores, Municipio de La Paz, Baja California Sur, México.

Año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	Total anual
<b>Precipitación pluvial</b>													
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.0	174.0	81.0	0.0	0.0	391.0
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	61.0	95.0	44.0	0.0	0.0	260.0
2010	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2	57.0	0.0	0.0	0.0	88.2
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	23.0	0.0	28.5	0.0	52.1
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	50.0	125.5	56.0	3.0	5.0	241.5
<b>Temperatura máxima</b>													
2008	39.0	34.0	37.0	42.0	40.0	46.0	42.0	43.0	42.0	39.0	38.0	34.0	
2009	35.0	42.0	40.0	43.0	44.0	44.0	46.0	44.0	45.0	39.0	38.0	33.0	
2010	33.0	34.0	38.0	37.0	43.0	44.0	44.0	45.0	44.0	38.0	37.0	36.0	
2011	30.0	35.0	36.0	39.0	41.0	41.0	41.0	42.0	42.0	42.0	33.0	33.0	
2012	32.0	32.0	39.0	38.0	42.0	43.0	42.0	43.0	41.0	40.0	34.0	32.0	
<b>Temperatura mínima</b>													
2008	2.0	2.0	4.0	9.0	9.0	11.0	20.0	19.0	14.0	12.0	8.0	5.0	
2009	3.0	4.0	5.0	7.0	10.0	12.0	11.0	20.0	18.0	8.0	7.0	2.0	
2010	3.0	5.0	4.0	8.0	6.0	10.0	14.0	17.0	16.0	8.0	5.0	3.0	
2011	2.0	0.0	5.0	4.0	7.0	12.0	20.0	19.0	17.0	11.0	4.0	1.0	
2012	2.0	2.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	19.0	14.0	10.0	6.0	2.0	
<b>Temperatura media mensual</b>													
2008	18.2	17.8	20.2	22.6	24.0	29.6	31.0	29.6	28.8	26.6	22.5	19.3	
2009	19.2	20.2	22.1	23.0	27.0	29.2	32.0	31.7	29.5	24.2	21.6	17.1	
2010	17.4	17.6	19.1	21.9	23.9	26.9	29.6	31.2	28.5	23.1	19.2	17.0	
2011	15.1	15.5	19.6	21.2	22.7	27.1	29.9	30.0	29.4	25.4	18.5	14.5	
2012	16.8	15.8	19.5	19.7	23.7	27.3	29.1	28.7	27.2	23.4	20.0	16.1	

### 7.1.2. Variables de la calidad del agua registradas del 2009 al 2012

En la Tabla 7.1.2-1 se presentan los valores mínimos y máximos de las variables de la calidad del agua registrada en los oasis de las cuencas de estudio. La temperatura del agua de los oasis, con valores propios de los meses en que se midió, se registró desde 17.9 °C, con mayor frecuencia entre los 20 y 35 °C, y con una temperatura máxima registrada de 36.9 °C. Desde el punto de vista de salinidad y sólidos disueltos totales (SDT) los oasis presentan características particulares, esto es, los cuerpos de agua de los oasis de secciones altas de la cuenca como San Pedro de la Presa y Santa María de Toris son de tipo infrahalino, con rangos de 0.38 a 0.58 g/L de SDT, en los oasis de secciones intermedias y bajas de la cuenca, el agua es del tipo oligohalino, con rangos de



1.2 a 3.1 g/L. Desde el punto de vista de los valores de pH, los oasis presentan en general características similares, con un rango de variación de 7.2 a 9.3.

Tabla 7.1.2-1. Valores mínimos y máximos de las variables de la calidad del agua: temperatura, sólidos disueltos totales (SDT) y pH registrados en los años 2009 al 2012 en oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Cuenca/Oasis	Años	Temperatura °C	SDT g/L	pH
<b>Santa Rita</b>				
San Pedro de la Presa	2009 - 2012	26.0 – 30.0	0.38 - 0.40	8.2 – 8.6
Santa María de Toris		25.0 - 29.6	0.51 - 0.58	7.9 – 8.3
San Ignacio		17.9 – 36.9	1.26 - 5.47	8.2 – 8.7
Agua de León		28.6 – 33.9	2.58 – 2.81	7.9 – 8.3
Agua Verde		21.7 – 31.4	2.14 – 2.72	7.5 – 8.3
<b>Las Pocitas-San Hilario</b>				
Las Cuevas	2009 - 2012	28.8 – 31.0	0.49 – 0.56	8.8 – 9.3
La Cuchilla		18.9 – 34.2	0.68 – 3.18	8.1 – 8.5
Huatamote		21.7 – 34.7	0.78 – 1.16	7.6 – 8.1
El Pilar		20.3 – 33.9	0.53 – 2.87	7.3 – 8.5
Santa Fe		20.4 – 32.9	1.04 – 2.42	7.2 – 8.4

### 7.1.3. Sistema de oasis de la Cuenca Santa Rita

#### San Pedro de la Presa (cuenca alta) (Fig. 7.1.2-1)

Posición geográfica: 24° 50' 58.2" N, 110° 59' 28.3" W.

Altitud: 235 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Permanente, normalmente lútrico, alimentado por acumulación de esorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en un cauce de tercer orden (Arroyo San Pedro), afluente del cauce principal.

Tipo de agua: Infrahalino con rango registrado de SDT de 0.38 a 0.40 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por grava y piedras grandes.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por palmar (*Washingtonia robusta*).

Ictiofauna observada: Nativos: *Agonostomus monticola*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: cuatro especies recolectadas (*americanum*, *digueti*, *occidentale* y *olfersii*), las de mayor frecuencia fueron *olfersii* (morfotipo *hobbsi*) y *digueti* (morfotipo *michoacanus*).



**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-1. Fotografías del oasis San Pedro de la Presa: A. 12 de junio del 2011, B. 18 de marzo del 2012, C. 18 de marzo del 2012.

**Santa María de Toris (cuenca alta) (Fig. 7.1.2-2)**

Posición geográfica: 24° 52' 59.2" N, 111° 02' 17.4" W.

Altitud: 206 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Permanente, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en un cauce de tercer orden (Arroyo La Presa), afluente del cauce principal.

Tipo de agua: Infrahalino con rango registrado de SDT de 0.51 a 0.58 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por grava y piedras grandes.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por taraises, palmera, mezquites y huizaches.

Ictiofauna observada: Nativos: *Agonostomus monticola*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos de l género *Macrobrachium*: c uatro es pecies recolectadas (*americanum*, *digueti*, *occidentale* y *olfersii*), la de mayor frecuencia fue *olfersii* (morfortipo *hobbsi*).



**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-2. Fotografías del oasis Santa María de Toris: A. 02 de agosto del 2009, B. 12 de julio del 2010, C. 18 de marzo del 2012.

**San Ignacio (cuenca intermedia)** (Fig. 7.1.2-3)

Posición geográfica: 24° 43' 11.5" N, 111° 18' 22.6" W.

Altitud: 80 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal (Arroyo Santa Rita) que es de tercer orden.

Tipo de agua: Conforme avanzó el estiaje se presentó de oligohalino con rango registrado de SDT de 1.26 a 2.47 g/L, a mesohalino con SDT de 5.47 g/L hasta su desecación en marzo 2012.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por Limos y arcillas.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por sauces.

Ictiofauna observada: Nativos: *Gobiomorus maculatus*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: cuatro especies recolectadas (*americanum*, *occidentale*, *olfersii* y *tenellum*), la de mayor frecuencia fue *olfersii* (morfortipo *hobbsi*).



**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-3. Fotografías del oasis San Ignacio: A. 01 de agosto del 2009, B. 12 de julio del 2010, C. 18 de marzo del 2012.

### **Agua de León (cuenca intermedia) (Fig. 7.1.2-4)**

Posición geográfica: 24° 42' 42.5" N y los 111° 19' 05.8" W

Altitud: 74 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal (Arroyo Santa Rita) que es de tercer orden.

Tipo de agua: Conforme avanzó el estiaje se presentó oligohalino con rango registrado de SDT de 2.58 a 2.81 g/L hasta su desecación en marzo 2012.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por limos y arcillas.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por sauces y palmar.

Ictiofauna observada: nativos: *Gobiomorus maculatus*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: tres especies recolectadas (*americanum*, *olfersii* y *tenellum*), la de mayor frecuencia fue *olfersii* (morfotipo *hobbsi*).





**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-4. Fotografías del oasis Agua de León: A. 01 de agosto del 2009, B. 12 de julio del 2010, C. 18 de marzo del 2012.

**Agua Verde (cuenca baja) (Fig. 7.1.2-5)**

Posición geográfica: 24° 30' 38.5" N, 111° 31' 26.1" W.

Altitud: 8.0 msnm

Tipo de cuerpo de agua: Permanente, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en el cauce principal de cuarto orden (Arroyo Santa Rita).

Tipo de agua: Conforme avanzó el estudio se presentó oligohalino con rango registrado de SDT de 2.14 a 3.0 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por limos y arcillas.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por sauces y palmar.

Ictiofauna observada: Nativos: *Eleotris picta*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: tres especies recolectadas (*digueti*, *olfersii* y *tenellum*), las de mayor frecuencia fueron *olfersii* (morfotipo *hobbsi*) y *tenellum*.



**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-5. Fotografías del oasis Agua Verde: A. 18 de julio del 2009, B. 03 de julio del 2011, C. 17 de marzo del 2012.

#### 7.1.4. Sistema de oasis de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario

##### Las Cuevas (cuenca alta) (Fig. 7.1.2-6)

Posición geográfica: 24° 49' 32.3" N, 110° 52' 40.1" W.

Altitud: 288 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en un cauce de tercer orden (Arroyo La Palmilla), afluente del cauce principal.

Tipo de agua: Conforme avanzó el estiaje se presentó de infrahalino con SDT de 0.49 g/L a oligohalino con 0.56 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por grava y piedras grandes.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por mezquites.

Ictiofauna observada: Nativos: *Gobiomorus maculatus*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: dos especies recolectadas (*americanum* y *occidentale*), la de mayor frecuencia fue *occidentale*.



**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-6. Fotografías del oasis Las Cuevas: A. 2009, B. 26 de junio del 2011, C. 26 de junio del 2011.

### **La Cuchilla (cuenca alta) (Fig. 7.1.2-7)**

Posición geográfica: 24° 48' 37.1" N, 110° 51' 01.3" W.

Altitud: 231 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en un cauce de tercer orden (Arroyo La Palmilla), afluente del cauce principal.

Tipo de agua: Conforme avanzó el estiaje se presentó oligohalino con rango registrado de SDT de 0.68 a 3.18 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por grava y arena.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por mezquites y palmar.

Ictiofauna observada: Nativos: *Gobiomorus maculatus*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: cuatro especies recolectadas (*americanum*, *digueti*, *occidentale* y *olfersii*), la de mayor frecuencia fue *occidentale*.





**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-7. Fotografías del oasis La Cuchilla: A. 26 de julio del 2009, B. 26 de junio del 2011, C. 27 de marzo del 2012.

**Huatamote (cuenca intermedia)** (Fig. 7.1.2-8)

Posición geográfica: 24° 40' 34.2" N, 110° 59' 22.9" W.

Altitud: 182 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal de tercer orden (Arroyo Las Pocitas).

Tipo de agua: Conforme avanzó el estiaje se presentó oligohalino con rango registrado de SDT de 0.78 a 1.16 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por limos y arcillas.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por mezquites y huizaches.

Ictiofauna observada: Nativos: *Gobiomorus maculatus*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: cuatro especies recolectadas (*americanum*, *digueti*, *occidentale* y *olfersii*), la de mayor frecuencia fue *olfersii* (morfotipo *hobbsi*).





**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-8. Fotografías del oasis Huatamote: A. 27 de julio del 2009, B. 26 de junio del 2011, C. 23 de marzo del 2012.

**El Pilar (cuenca intermedia) (Fig. 7.1.2-9)**

Posición geográfica: 24° 28' 22.7" N, 111° 01' 34.0" W.

Altitud: 98 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Permanente, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en el cauce principal de tercer orden (Arroyo Las Pocitas).

Tipo de agua: Conforme avanzó el estiaje se presentó infrahalino con STD de 0.53 g/L, y oligohalino con rango de 1.24 a 2.87 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por grava y piedras grandes.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por mezquites, huizaches y palmera.

Ictiofauna observada: Nativos: *Gobiomorus maculatus*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: dos especies recolectadas (*digueti* y *olfersii*), la de mayor frecuencia fue *olfersii* (morfotipo *hobbsi*).



**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-9. Fotografías del oasis El Pilar: A. 26 de junio del 2011, B. 26 de junio del 2011, C. 26 de junio del 2011.

**Santa Fe (cuenca baja)** (Fig. 7.1.2-10)

Posición geográfica: 24° 17' 0.01" N, 111° 14' 09.1" W.

Altitud: 6 msnm.

Tipo de cuerpo de agua: Temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal de tercer orden (Arroyo Las Pocitas).

Tipo de agua: Conforme avanzó el estiaje se presentó oligohalino con rango observado de SDT de 1.04 a 2.42 g/L.

Tipo de sustrato: Compuesto principalmente por limos y arcillas.

Vegetación riparia: Compuesto principalmente por mezquites y huizaches.

Ictiofauna observada: Nativos: *Gobiomorus maculatus*. Exóticos: Tilapias.

Langostinos del género *Macrobrachium*: *tenellum*.



**A**



**B**



**C**

Fig. 7.1.2-10. Fotografías del oasis Santa Fe: A. 18 de julio del 2009, B. 14 de julio del 2010, C. 17 de marzo del 2012.

## 7.2. Diversidad de especies de *Macrobrachium*

La identificación taxonómica de los ejemplares recolectados realizada con base en el estudio de la identidad morfológica y de la identidad molecular, permite establecer que en los dos sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario ocurren cinco especies de langostinos del género *Macrobrachium*. En la Fig. 7.2-1 se muestra el número total de especies registradas en cada cuenca en los años 2009 al 2012. Del 2009 al 2011 se registró la presencia de las cinco especies en las dos cuencas, mientras que en el año 2012 se registraron tres especies en la cuenca Santa Rita y ninguna en la cuenca Las Pocitas-San Hilario. Esta drástica disminución de especies se explica porque para ese año ya se encontraban con poca agua y completamente desecados los cuerpos de agua en los oasis de San Ignacio y Agua de León de la cuenca Santa Rita, y en los oasis de Las Cuevas, La Cuchilla y Santa Fe.

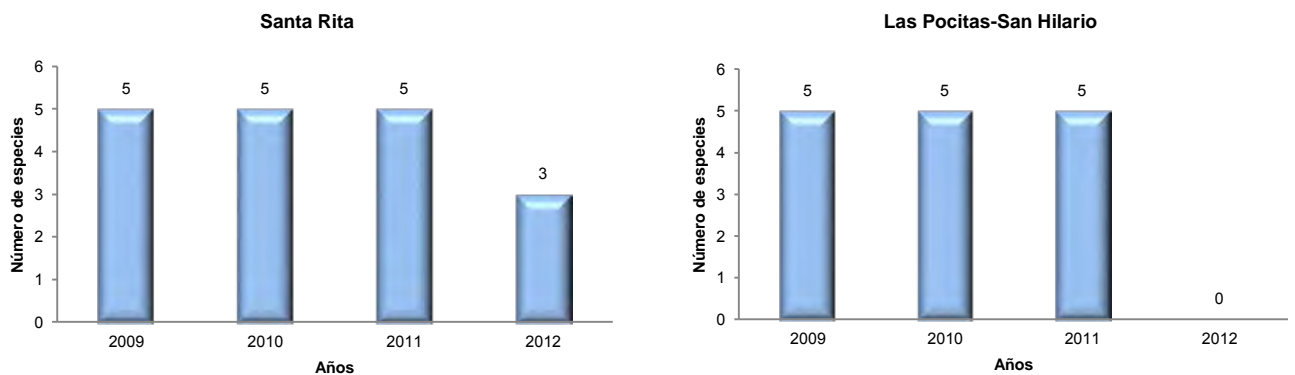


Figura 7.2-1. Número de especies registradas en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México, en los años de muestreo.

### 7.2.1. Sistemática

Subphylum **Crustacea** Brünnich, 1772

Clase **Malacostraca** Latreille, 1802

Subclase **Eumalacostraca** Grobben, 1892

Superorden **Eucarida** Calman, 1904

Orden **Decapoda** Latreille, 1802

Suborden **Pleocyemata** Burkenroad, 1963

Infraorden **Caridea** Dana, 1852

Superfamilia **Palaemonoidea** Rafinesque, 1815

Familia **Palaemonidae** Rafinesque, 1815

Género **Macrobrachium** Bate, 1868

## ***Macrobrachium americanum* Bate, 1868**

(Fig. 7.2.1-1)

*Palaemon jamaicensis* Smith, 1871: Bouvier, 1895; Boone, 1931.

*Macrobrachium americanum* Bate, 1868: Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Wicksten, 1983, 1989; Ríos, 1989; Hendrickx, 1994; Álvarez *et al.*, 1996; Wicksten y Hendrickx, 1992; 2003; Hernández *et al.* 2007; Villalobos-Hiriart *et al.* 2010.

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 pereópodos simétricos 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. El propodio es alargado, los dedos forman un hueco al cerrar y son ligeramente más cortos que el propodio. Un diente fuerte en la parte media del dactilo y otro en el primer tercio del dedo fijo (alternados) con 2 a 4 pequeños denticulos proximales (Hernández *et al.*, 2007). En este estudio el número de dientes dorsales del rostro oscila de 11 a 14 dientes, de los cuales tres a cinco están colocados por detrás del margen orbital; borde ventral presenta de dos a cuatro dientes.



Identidad molecular: Se presenta en la Tabla 7.2.1-1; corresponde a seis haplotipos de 25 secuencias útiles analizadas.

Tabla 7.2.1-1. Sitios variables de las bases nitrogenadas de seis haplotipos de un fragmento del gen 16S de 490-pb obtenidos de 25 individuos de *Macrobrachium americanum* de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.

Clave ejemplar	Clave haplotipo	Sitio de la Base					Número ejemplares
		147	200	235	267	282	
CATO325-Mh111	Ham1	C	C	G	T	C	16
CATO353-Mh61	Ham2	.	.	.	.	T	5
CATO327-Mh185	Ham3	.	.	.	C	.	1
CATO519-Mh149-M165.1	Ham4	.	.	A	.	.	1
CATO323-Mh112	Ham5	T	.	.	.	T	1
CATO347-Mh66	Ham6	.	T	.	C	.	1

Distribución en México: Baja California Sur (Hernández *et al.*, 2007), Sonora (Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968), Sinaloa (Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968), Nayarit (Holthuis, 1952; Hernández y Martínez, 1992), Jalisco, Colima, Guerrero (Holthuis, 1952), Michoacán, Oaxaca y Chiapas (Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010).

Distribución general: Desde la península de Baja California en la cuenca La Purísima vertiente del Pacífico, pasando el Golfo de California hasta el Río Chira, Perú e Islas Galápagos (Wicksten y Hendrickx, 2003; Hernández *et al.*, 2007).

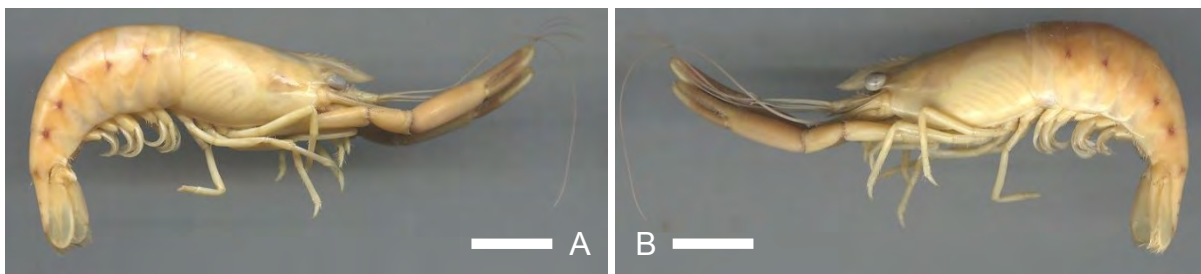


Figura 7.2.1-1. Hembra adulta de *Macrobrachium americanum* Bate, 1868 de San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. A. Vista lateral derecha, B. Vista lateral izquierda. Escala = 16.9 mm.

***Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895)**

(Fig. 7.2.1-2)

*Palaemon Digueti* Bouvier, 1895

*Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895): 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: Villalobos, 1968; Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Wicksten, 1989; Wicksten y Hendrickx, 1992; Román-Contreras *et al.*, 2000; Wicksten y Hendrickx, 2003; Hernández *et al.*, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010.

*Macrobrachium michoacanus* Villalobos-Hiriart y Nates, 1990: Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993; Wicksten y Hendrickx, 2003; Hernández *et al.*, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010.

Localidad tipo: Río Mulegé, Baja California Sur (Bouvier, 1895).

Diagnosis: Rostro recto, alto en donde empieza el primer diente ventral, y alcanza el último segmento del pedúnculo antenular, presenta de 14 a 18 dientes en el margen dorsal, de los cuales de cuatro a seis están por detrás del margen orbital y dos a cinco dientes en la parte ventral. El segundo par de pereópodos presenta quelas desiguales en forma y tamaño; la mayor con ornamentaciones espinosas sobre el propodio y escasa pubescencia ó setas. El carpo y el mero son globosos, el mero es cerca de 1.5 veces más largo que el carpo, el propodio es menos de

dos veces tan largo como alto, y el dácilo es cerca de 1.3 veces más largo que el propodio. Se puede presentar un espacio interdactilar y los bordes cortantes no presentan más de cuatro dientes, los cuales siempre están colocados cerca del borde proximal.

Morfotipo *digueti*: 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 quelas desiguales en forma y tamaño; la mayor con ornamentaciones espinosas sobre el propodio y carece de pubescencia ó setas. El carpo y el mero son globosos, el propodio es cuadrado (tan alto como largo) y el dácilo es 1.3 veces más largo que el propodio. Presenta dedos huecos y en los bordes cortantes no presentan más de cuatro dientes, los cuales siempre están colocados cerca del borde proximal (Hernández *et al.*, 2007). En este estudio el margen dorsal presenta de 15 a 17 dientes, de cinco a seis están por detrás del margen orbital; el margen ventral presenta de dos a seis dientes. El mero es cerca de 1.5 veces más largo que el carpo y ambos son globosos. El propodio presenta un espacio interdactilar con dentículos en los dácilos.

Morfotipo *michoacanus*: 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 cerca de 1.5 veces más largo que el carpo. El propodio presenta espinas distribuidas por la cara externa y una escasa pubescencia. El propodio es menos

de dos veces tan largo como al to. Los de dos tienen bordes cortantes rectos. (Hernández *et al.*, 2007). En este estudio el rostro es recto, alto en donde empieza el primer diente ventral, alcanzando el final del pedúnculo antenular; el margen dorsal presenta de 14 a 18 dientes, de cuatro a seis dientes están por detrás del margen orbital; dos a cinco dientes en la parte ventral.

Identidad molecular: Se presenta en la Tabla 7.2.1-2; corresponde a 3 haplotipos de 36 secuencias útiles analizadas.

Tabla 7.2.1-2. Sitios variables de las bases nitrogenadas de tres haplotipos de un fragmento del gen 16S de 490-pb obtenidos de 36 individuos de *Macrobrachium digueti* de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.

Clave ejemplar	Clave haplotipo	Sitio de Base		Número de ejemplares
		112	212	
CATO943-Mh99	Hdi1	A	T	34
CATO934-Mh100	Hdi2	.	C	1
CATO392-Mh191-M162.1	Hdi3	G	.	1

Distribución en México: Sonora (Rodríguez de la Cruz, 1968); Sinaloa (Holthuis, 1952; Wicksten y Hendrickx, 2003); Baja California Sur (Hernández *et al.*, 2007); Jalisco; Michoacán y Guerrero (Villalobos-Hiriart y Nates, 1990); Oaxaca (Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010).

Distribución general: Península Baja de California a Perú (Holthuis, 1952; Wicksten, 1989; Wicksten y Hendrickx, 2003).



Figura 7.2.1-2. Macho adulto de *Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895) de San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. A. vista lateral derecha, B. vista lateral izquierda. Escala = 25.9 mm. C. Morfotipo, macho adulto de *M. michoacanus* Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Vista lateral derecha. Escala = 21.1 mm.

## ***Macrobrachium occidentale* Holthuis, 1950**

(Fig. 7.2.1-3)

*Macrobrachium occidentale* Holthuis, 1950: Hernández *et al.*, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010; García-Velazco *et al.*, 2013.

Localidad tipo: Río de los esclavos, Guatemala (Holthuis, 1950).

Diagnosis: El rostro es corto y arqueado, alcanza el segundo segmento del pedúnculo antenular, el borde dorsal presenta de 10 a 14 dientes, de los cuales de cuatro a siete están por detrás del margen orbital; tiene de uno a cuatro dientes en la parte ventral. El segundo par de pereópodos presenta que las similares en forma pero desiguales en tamaño. El mero es más largo que el carpo. El propodio es comprimido lateralmente y elongado dos veces su altura; lados ventral y medial presentan espinas y tubérculos; dedos 2/3 o poco más cortos que el largo del propodio, bordes cortantes con una densa pubescencia y línea de 5 a 9 dentículos similares en tamaño, 1/5 del largo del borde cortante sin dentículos en su parte distal pero lleva una distintiva cresta cortante; carpo cerca de dos veces tan largo como alto y cerca de 3/4 del largo del propodio y tan largo o poco más corto que el mero, mientras que el mero es cerca de dos veces tan largo como alto, y cerca de 3/4 el largo del propodio. Isquio es cerca de 2/3 el largo del mero.

Identidad molecular: Se presenta en la Tabla 7.2.1-3; corresponde a 15 haplotipos de 65 secuencias útiles analizadas.

Tabla 7.2.1-3. Sitios variables de las bases nitrogenadas de quince haplotipos de un fragmento del gen 16S de 490-pb obtenidos de 65 individuos de *Macrobrachium occidentale* de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.

Clave ejemplar	Clave haplotipo	Sitio de Base														Número de ejemplares
		99	116	120	147	154	199	200	218	231	280	306	386	424	447	
CATO497	Hoc1	A	G	T	C	C	T	T	A	C	A	T	A	C	G	50
CATO512	Hoc2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	1
CATO268	Hoc3	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO317	Hoc4	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO39-Mh172	Hoc5	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	1
CATO20-Mh109	Hoc6	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO315	Hoc7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	.	1
CATO253-Mh18	Hoc8	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO9-Mh12	Hoc9	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO909-Mh157-M157.3	Hoc10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	1
CATO11-Mh14	Hoc11	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO316	Hoc12	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO299	Hoc13	G	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
CATO358-Mh162	Hoc14	.	.	.	.	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	1
CATO530-Mh218	Hoc15	.	.	.	.	.	.	C	.	.	G	.	.	.	.	1

Distribución en México: Baja California Sur (Hernández *et al.*, 2007; García-Velazco *et al.*, 2013); Sinaloa (Hendrickx, Wicksten y van der Heiden, 1983; Wicksten, 1983, 1989; Wicksten y Hendrickx, 1992, 2003; García-Velazco *et al.*, 2013), Nayarit (Guzmán Arroyo *et al.*, 2009; García-Velazco *et al.*, 2013), Jalisco (García-Velazco *et al.*, 2013), Colima (García-Velazco *et al.*, 2013), Michoacán (García-Velazco *et al.*, 2013), Guerrero (Román-Contreras, 1991; García-Velazco *et al.*, 2013) y Oaxaca (Martínez-Guerrero, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010; García-Velazco *et al.*, 2013), Chiapas (García-Velazco *et al.*, 2013).

Distribución general: Baja de California Sur hasta Panamá (Holthuis, 1950, 1952; Vega *et al.*, 2006; García-Velazco *et al.*, 2013).



Figura 7.2.1-3. Macho adulto de *Macrobrachium occidentale* Holthuis, 1950 de Las Cuevas, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México. Vista dorsal. Escala = 25.5 mm.



## ***Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836)**

(Fig. 7.2.1-4)

*Palaemon Olfersii* Wiegmann, 1836

*Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836): Holthuis, 1952; Villalobos, 1967 y 1968; Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993; Hernández-Aguilera *et al.*, 1996; Wicksten y Hendrickx, 2003; Hernández *et al.*, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010.

*Macrobrachium hobbsi* Villalobos-Hiriart y Nates, 1990: Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993; Wicksten y Hendrickx, 2003; Hernández *et al.*, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010.

Localidad tipo: Costa de Brasil (Wiegmann, 1836).

Diagnosis: El rostro es recto con un leve arqueado al final y alcanza o sobrepasa el final del pedúnculo antenular. El margen dorsal presenta de 12 a 19 dientes, 3 a 7 están por detrás de la órbita, en el margen ventral presenta de 1 a 6 dientes. Los segundos pereiópodos presentan quelas desiguales. En la quela grande el carpo es más corto que el propodio y tan largo como el mero. El propodio es mayor de 1.5 veces tan largo como el mero, presenta pequeñas espinulas, setas y densa pubescencia. Los bordes cortantes de los dedos presentan setas así como varios dentículos a todo lo largo.

Morfotipo *olfersii*: El rostro es recto y casi alcanza el final del 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 el propodio y tan largo como el mero. El propodio es casi 1.5 veces tan largo como alto, presenta setas y una densa pubescencia. El dácilo es ligeramente más corto que el propodio; los bordes cortantes son huecos y presentan setas así como varios dentículos a todo lo largo (Hernández *et al.*, 2007). En este estudio el borde dorsal presenta de 14 a 19 dientes, de cuatro a siete están por detrás de la órbita, en el borde ventral hay de dos a cuatro dientes. El carpo es tan largo como el mero, el propodio presenta espacio interdácilar.

Morfotipo *hobbsi*: 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 el propodio e igual que el mero. En el propodio se aprecian pequeñas espínulas cubiertas por pubescencia. El propodio es cerca de dos veces más largo que alto y los dedos presentan bordes cortantes rectos (Hernández *et al.*, 2007). En este estudio el rostro es recto, con un leve arqueado al final, alcanza y algunas veces sobrepasa el final del pedúnculo antenular, en el margen dorsal presenta de 12 a 18 dientes de los cuales 3 a 7 están colocados detrás del margen de la órbita, en el margen ventral tiene de 2 a 6 dientes. El propodio no presenta espacio interdácilar y los dácilos presentan dentículos en los bordes cortantes.

Identidad molecular: Se presenta en la Tabla 7.2.1-4; corresponde a 27 haplotipos de 69 secuencias útiles analizadas.

Tabla 7. 2.1-4. Sitios variables de las bases nitrogenadas de veinte y siete haplotipos de un fragmento del gen 16S de 490 -pb obtenidos de 69 individuos de *Macrobrachium olfersii* de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.

Clave ejemplar	Clave haplotipo	Sitio de Base																			Número de ejemplares
		7	110	120	191	193	194	222	236	258	259	267	295	296	300	318	322	421	424	447	
CATO505	Hol1	G	T	T	G	C	T	G	C	T	A	A	G	C	C	T	G	C	C	A	19
CATO499	Hol2	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
CATO925-Mh124	Hol3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	1
CATO1036-Mh40	Hol4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	1
CATO395-Mh202	Hol5	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO719-Mh136	Hol6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	1
CATO422-Mh58	Hol7	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO921-Mh127	Hol8	.	.	.	A	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO901-Mh183	Hol9	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	5
CATO791-Mh141	Hol10	.	.	.	A	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16
CATO501	Hol11	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	1
CATO 1122-Mh209	Hol12	.	.	.	A	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	2
CATO1123-Mh207-M151.3	Hol13	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	G	2
CATO389-Mh193-M161.1	Hol14	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	G	.	1
CATO431-Mh53	Hol15	.	.	.	A	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	1
CATO430-Mh114	Hol16	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	G	1
CATO508	Hol17	.	.	C	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	1
CATO924-Mh123	Hol18	.	.	.	A	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	1
CATO792-Mh143	Hol19	.	.	.	A	T	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO900-Mh181-M158.2	Hol20	.	C	.	A	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO1128-Mh205-M151.2	Hol21	.	.	.	A	T	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO721-Mh137	Hol24	.	.	.	A	T	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	1
CATO892-Mh132	Hol25	.	.	.	A	T	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
CATO510	Hol27	.	.	.	A	T	.	.	.	.	.	.	T	.	C	.	.	.	.	.	1

Distribución en México: Baja California Sur (Hernández *et al.*, 2007); Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas (Villalobos-Hiriart y Nates, 1990; Wicksten y Hendrickx, 2003); Veracruz (Holthuis, 1952; Villalobos-Hiriart y Nates, 1990).

Distribución general: Desde Florida hasta Brasil (Holthuis, 1952); 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 (Bowles *et al.*, 2000; Wicksten y Hendrickx, 2003).

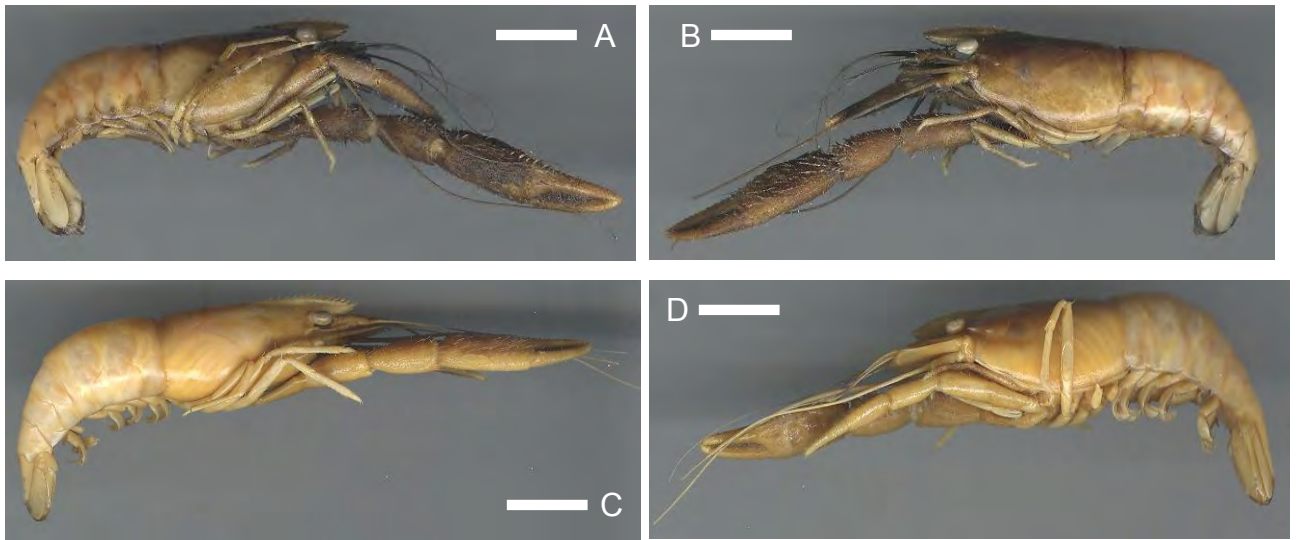


Figura 7.2.1-4. A-D. Machos adultos de *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) de Santa María de Toris, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. A y C. Vista lateral derecha, B y D. Vista lateral izquierda. A y B. Escala = 17.5 mm. C y D, Morfotipo *hobbsi* recolectado en San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita. C y D. Escala = 20.9 mm.

## ***Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871)**

(Fig. 7.2.1-5)

*Palaemon tenellus* Smith, 1871

*Palaemon longipes* Lockington, 1878

*Palaemon fórceps* Bouvier, 1895

*Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871): Holthuis, 1950, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Román-Contreras, 1979, 1991; Wicksten, 1983; Ríos, 1989; Wicksten, 1989; Wicksten y Hendrickx, 1992; 2003; Hernández *et al.*, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993, 2010.

Localidad tipo: Polvón, Nicaragua (Smith, 1871).

Diagnosis: 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 el propodio. Los dedos son rectos, delgados y con pubescencia (Hernández *et al.*, 2007). En este estudio el borde dorsal tiene de 9 a 14 dientes; en el borde ventral del rostro hay de cuatro a nueve dientes. El mero y el propodio son casi iguales a lo largo.

Identidad molecular: Se presenta en la Tabla 7. 2.1-5; corresponde a cuatro haplotipos de 7 secuencias útiles analizadas.

Tabla 7.2.1-5. Sitios variables de las bases nitrogenadas de cuatro haplotipos de un fragmento del gen 16S de 490-pb obtenidos de 7 individuos de *Macrobrachium tenellum* de sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.

Clave ejemplar	Clave haplotipo	Sitio de Base			Número de ejemplares
		195	227	447	
CATO839-Mh80	Hte1	C	T	G	2
CATO515	Hte2	.	C	.	3
CATO885-Mh48	Hte3	T	C	.	1
CATO403-Mh76	Hte4	.	C	A	1

Distribución en México: Sinaloa; Nayarit; Jalisco; Michoacán; Guerrero; Oaxaca; Chiapas (Holthuis, 1952; Rodríguez de la Cruz, 1968; Román-Contreras, 1979; Wicksten, 1983; Wicksten y Hendrickx, 2003); Baja California Sur (Lockington, 1878; Bouvier, 1895; Holthuis, 1952; Wicksten, 1983; Wicksten y Hendrickx, 2003; Hernández *et al.*, 2007).

Distribución general: Península de Baja California a Perú (Holthuis, 1952; Wicksten, 1983).

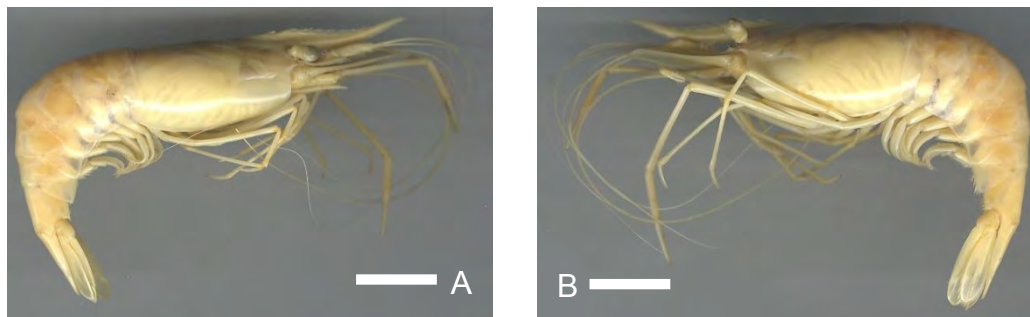


Figura 7.2.1-5. Macho adulto de *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) de Agua de León, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México. A. Vista lateral derecha, B. Vista lateral izquierda. Escala = 25.7 mm.

### 7.2.2. Identificación de ejemplares de talla pequeña (5 a 15 mm)

El estudio del rostro permitió establecer que se pueden identificar ejemplares de talla pequeña de las especies *M. americanum*, *M. digueti* y *M. olfersii*.

*Macrobrachium americanum* presenta rostro arqueado llegando al final del tercer segmento del pedúnculo antenular y la cresta rostral lateral es arqueada con terminación en el diente apical (Fig. 7.2.2-1). *M. digueti* presenta rostro recto, alto antes y después del primer diente ventral, llegando al final o sobrepasando al tercer segmento del pedúnculo antenular y la cresta rostral lateral es en forma de punta de flecha terminando en el diente apical (Fig. 7.2.2-2). *M. olfersii* presenta rostro recto ligeramente arqueado en el ápice, llegando al final o sobrepasando el tercer segmento del pedúnculo antenular y la cresta rostral lateral es recta pero con terminación arqueada entre el diente anterior al apical y el diente apical (Fig. 7.2.2-3).

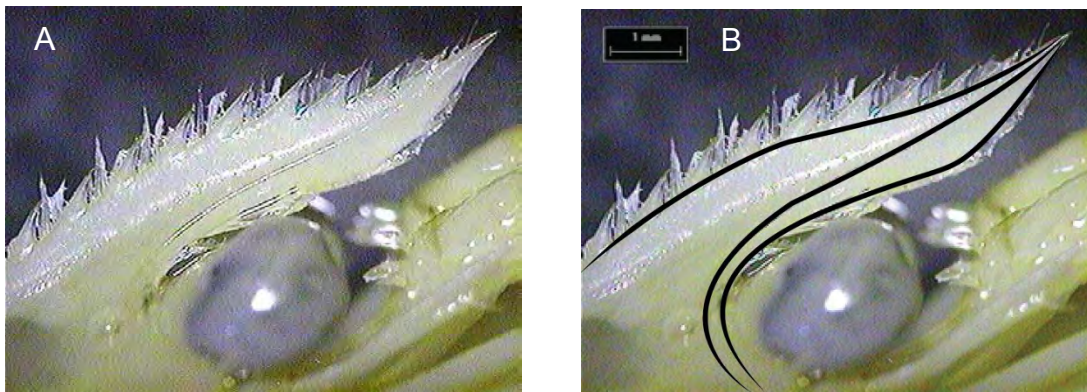


Figura 7.2.2-1. A. Rostro de *Macrobrachium americanum*, B. Mismo rostro con cresta rostral lateral marcada para caracterizar su forma.



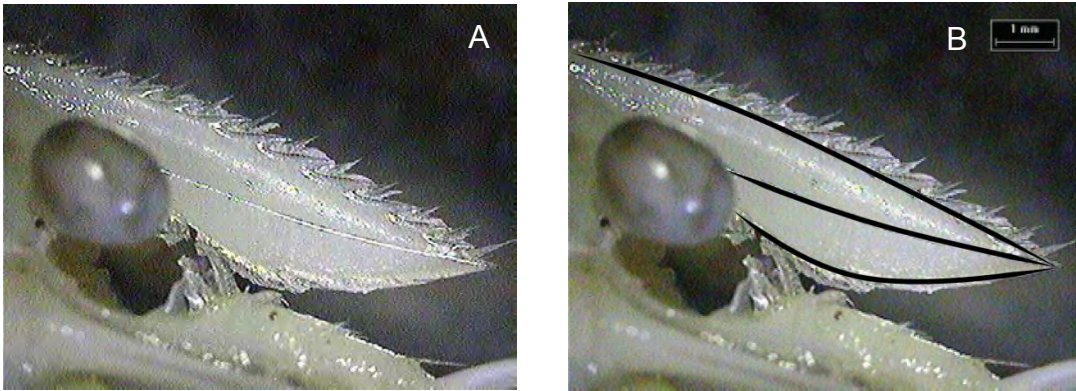


Figura 7.2.2-2. A. Rostro de *Macrobrachium digueti*, B. Mismo rostro con cresta rostral lateral marcada para caracterizar su forma.

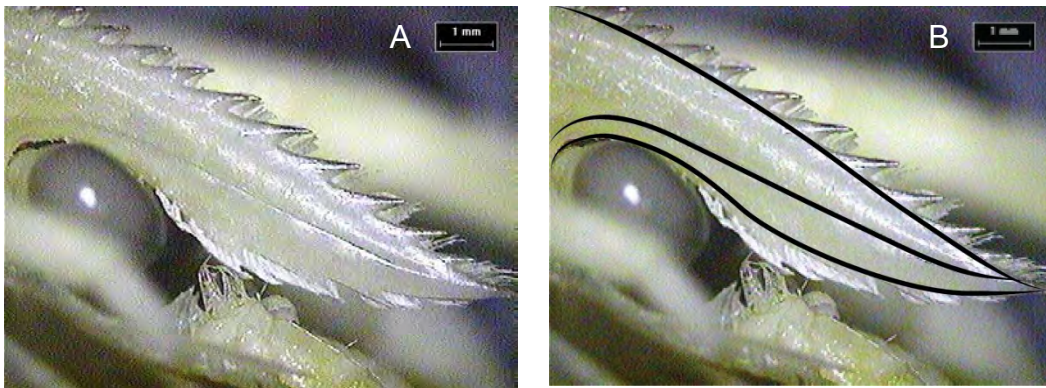


Figura 7.2.2-3. A. Rostro de *Macrobrachium offersii*, B. Mismo rostro con cresta rostral lateral marcada para caracterizar su forma.

Se realizó una serie de fotografías de la cresta rostral lateral a ejemplares con confirmación morfológica y molecular de *M. americanum*, *M. digueti* y *M. offersii*, corroborando la sucesión de la cresta rostral lateral en diferentes clases de talla (1,2 y 3), se presentan en las Figuras 7.2.2-4, 7.2.2-5 y 7.2.2-6



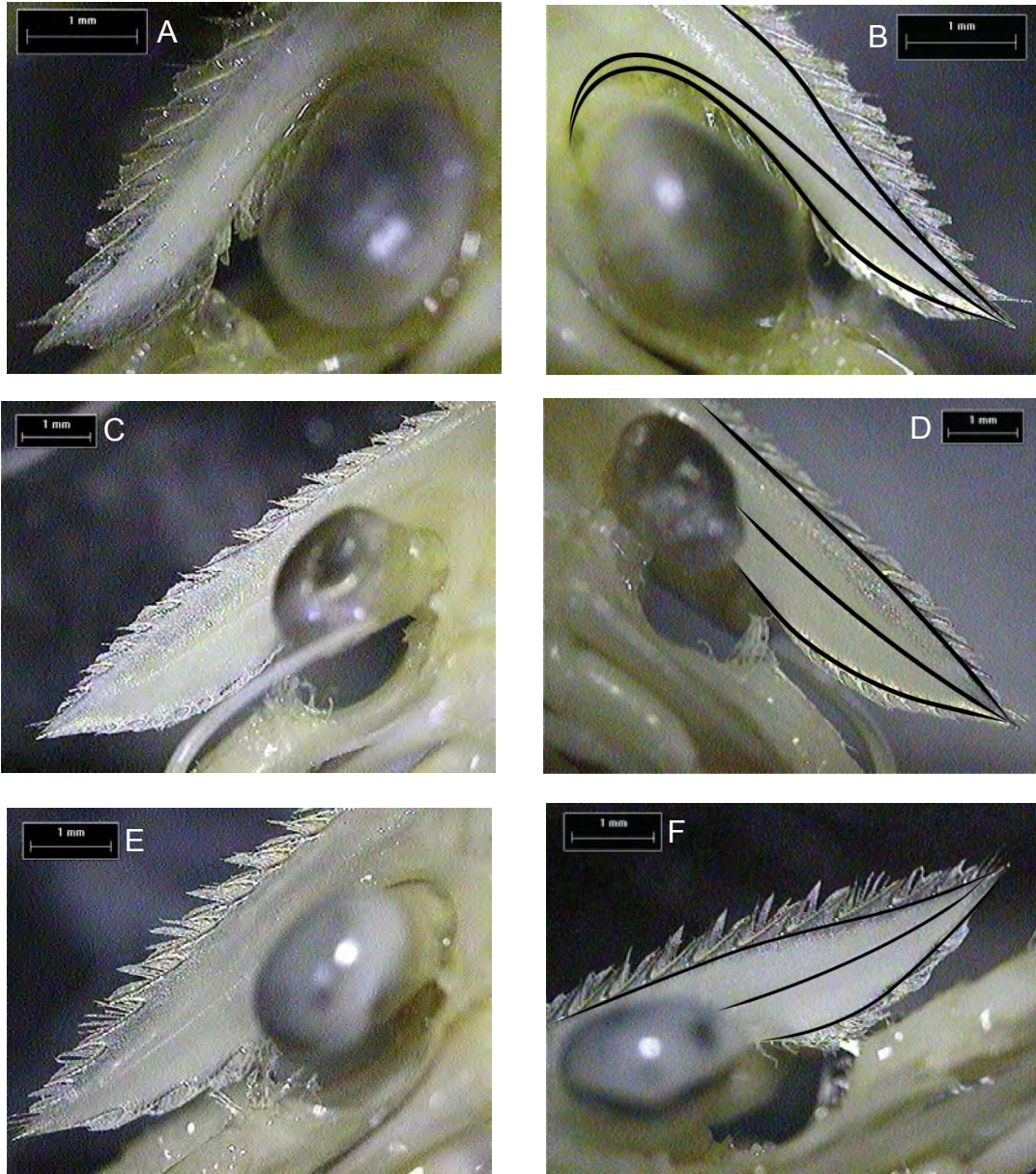


Figura 7.2.2-4. A y B. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium americanum* con clase de talla 1 (9.7 mm). C y D. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium digueti* con clase de talla 2 (10.3 mm). E y F. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium offersii* con clase de talla 2 (10.4 mm). Los ejemplares cuentan con confirmación morfológica y molecular, claves: A y B: CATO 339; C y D: CATO249; E y F: CATO1035.



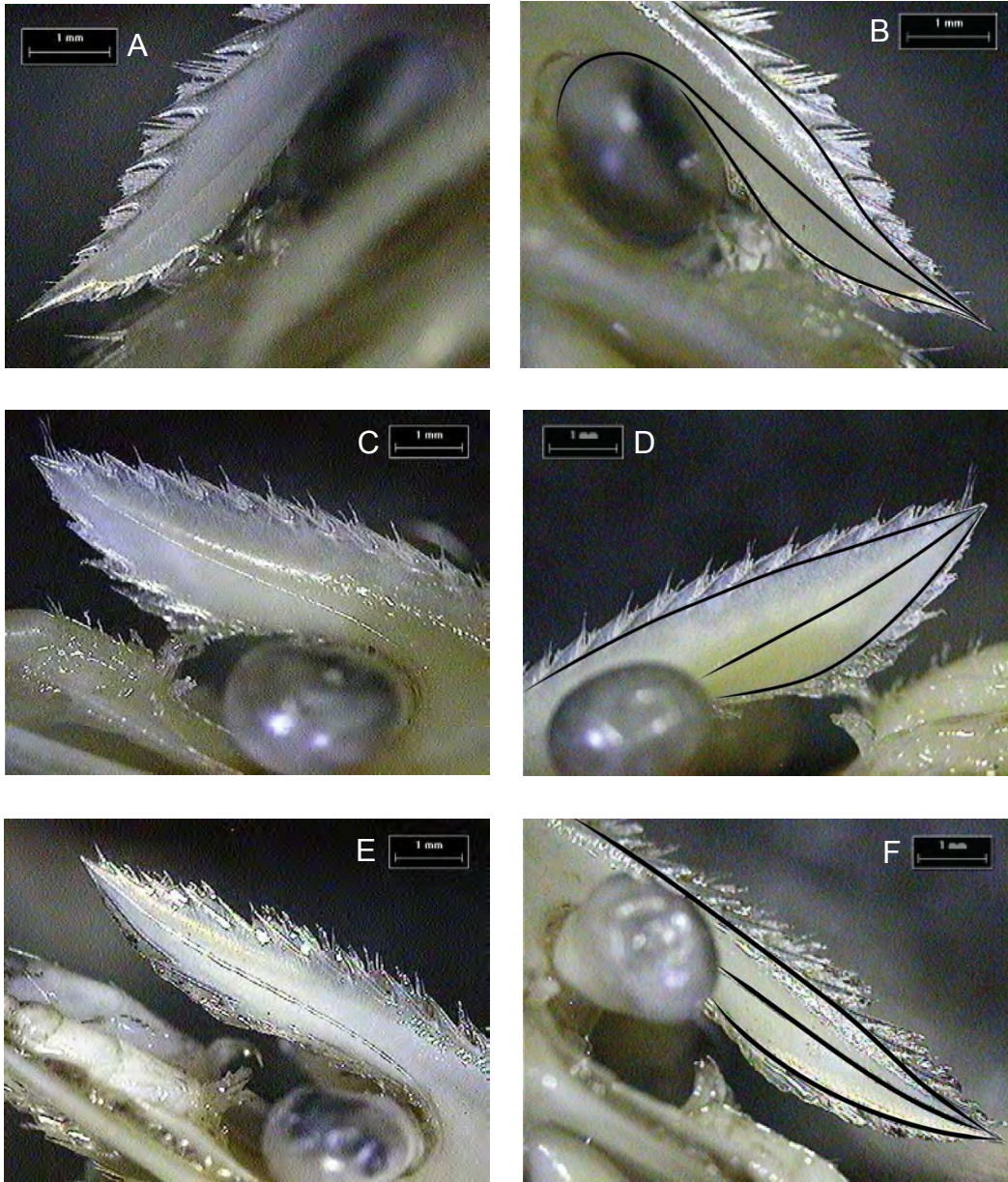


Figura 7.2.2-5. A y B. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium americanum* con clase de talla 2 (13.9 mm). C y D. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium digueti* con clase de talla 2 (13.4 mm). E y F. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium offersii* con clase de talla 2 (13.1 mm). Los ejemplares cuentan con confirmación morfológica y molecular, claves: A y B: CATO266; C y D: CATO219; E y F: CATO889.



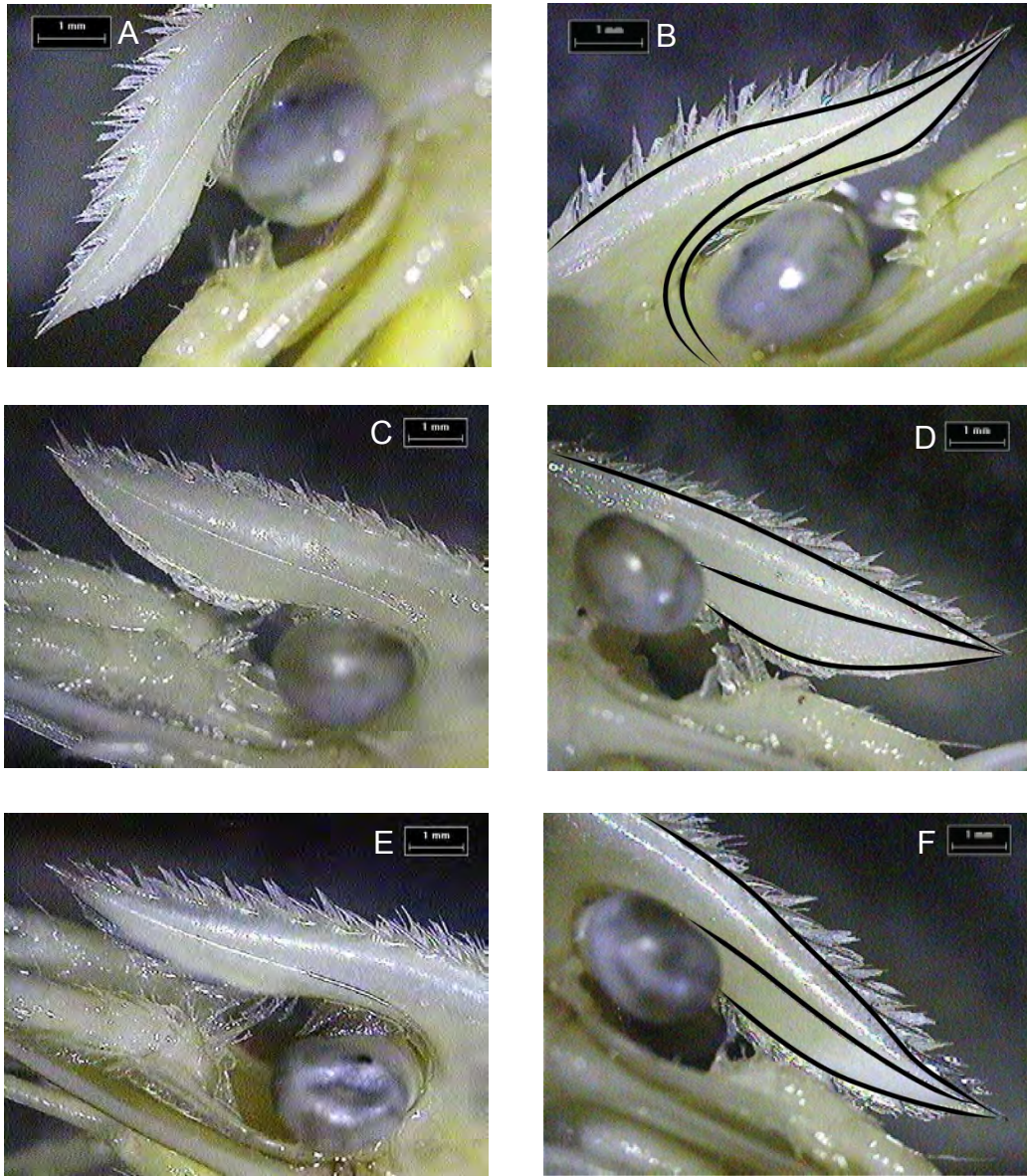


Figura 7.2.2-6. A y B. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium americanum* con clase de talla 3 (16.6 mm). C y D. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium digueti* con clase de talla 3 (15.1 mm). E y F. Rostro de un ejemplar de *Macrobrachium olfersii* con clase de talla 3 (16.4 mm). Los ejemplares cuentan con confirmación morfológica y molecular, claves: A y B: CATO43; C y D: CATO228; E y F: CATO1042.

Para la identificación morfológica de ejemplares de talla pequeña (5 a 15 mm) se tomaron en consideración características sobre la forma del rostro y terminación de la cresta rostral lateral, la forma del tagma 4 (T4), única para *M. americanum*, *M. occidentale* y *M. tenellum*, forma del tagma 8 (T8), y la ausencia o presencia de la carina preanal (Tabla 7.2.2-1).

Tabla 7.2.2-1. Criterios morfológicos para identificar ejemplares de talla pequeña de cinco especies del género *Macrobrachium* de la península de Baja California, México.

<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>olfersii</i>	<i>tenellum</i>
Rostro arqueado llegando al final tercer segmento del pedúnculo antenular	Rostro recto, alto antes y después del primer diente ventral, llegando al final o sobrepasando el tercer segmento del pedúnculo antenular.	Rostro corto arqueado llegando al segundo segmento del pedúnculo antenular	Rostro recto ligeramente arqueado en el ápice, llegando al final o sobrepasando el tercer segmento del pedúnculo antenular	Rostro arqueado largo, sobrepasando el tercer segmento del pedúnculo antenular
Cresta rostral lateral arqueada termina en el diente apical	Cresta rostral lateral en punta de flecha termina en el diente apical	Cresta rostral lateral arqueada termina en el diente apical	Cresta rostral lateral recta con terminación arqueada entre el diente anterior y el diente apical	Único por presentar rostro largo
T4 con una protuberancia medial anterior mayor y dos protuberancias posteriores menores que la anterior	T4 con una protuberancia medial anterior mayor y dos protuberancias posteriores menores que la anterior	T4 con 2 protuberancias posteriores mayores y una protuberancia medial anterior menor que las posteriores.	T4 con una protuberancia medial anterior mayor y dos protuberancias posteriores menores que la anterior	T4 con una protuberancia medial única
T8 bordes unidos en machos y bordes abiertos en hembras	T8 bordes unidos en machos y bordes abiertos en hembras	T8 bordes unidos en machos y bordes abiertos en hembras	T8 bordes unidos en machos y bordes abiertos en hembras	T8 bordes abiertos en machos y hembras
3 a 5 dientes rostrales por detrás del margen orbital	4 a 6 dientes rostrales por detrás del margen orbital	4 a 7 dientes rostrales por detrás del margen orbital	3 a 7 dientes rostrales por detrás del margen orbital	1 diente rostral por detrás del margen orbital
Carina preanal presente	Carina preanal presente	Carina preanal presente	Carina preanal presente	Carina preanal ausente

### 7.2.3. Análisis de haplotipos

Para estudiar la identidad molecular se obtuvo ADN total de 274 ejemplares de *Macrobrachium*. Se amplificaron fragmentos del gen 16S de 235 ejemplares, de los cuales se obtuvieron 202 secuencias. En la Tabla 7.2.3-1 se presenta un resumen general del análisis molecular realizado hasta la obtención de secuencias alineadas. El estudio de estas secuencias dio como resultado la diferenciación de 55 haplotipos repartidos como sigue: *M. olfersii* con 27, *M. occidentale* con 15, *M. americanum* con 6, *M. tenellum* con 4 y *M. digueti* con 3 haplotipos. De la cuenca Santa Rita se registraron 32 haplotipos y de la cuenca Las Pocitas-San Hilario 33 haplotipos.

Tabla 7.2.3-1. Resumen general de los ejemplares de *Macrobrachium* utilizados y del análisis molecular realizado hasta la obtención de secuencias alineadas.

	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>olfersii</i>	<i>occidentale</i>	<i>tenellum</i>
Número de ejemplares disecados	30	42	88	71	43
Número de ejemplares ADNt	30	42	87	71	43
Número de productos amplificados	28	41	77	69	11
Número de secuencias alineadas	25	36	69	65	7

El análisis de la identidad molecular mostró alta congruencia entre la determinación haplotípica y la pre-identificación morfológica. La congruencia obtenida de 33 ejemplares pre-identificados como *M. americanum* 25 fueron congruentes (75.8%), en *M. digueti*, morfotipo *digueti*, de 7, 7 (100%) y en morfotipo *michoacanus*, de 31, 24 (77.4%); en *M. olfersii*, morfotipo *olfersii*, de 10, 10 (100%), y en morfotipo *hobbsi*, de 55, 46 (83.6%); en *M. occidentale* de 66, 65 (98.5%), y en *M. tenellum* de 7, 7 (100%) fueron congruentes.

### 7.2.3.1. Relación filogenética de las especies de *Macrobrachium*

En la Fig. 7.2.3.1-1 se presenta el árbol filogenético de los haplotipos del gen 16S de *Macrobrachium* obtenido con el método *Neighbor-Joining*. El análisis indica que los haplotipos de las siete especies morfológicas forman cinco linajes genéticos. Los pares de especies morfológicas formados por *M. digueti*-*M. michoacanus* y *M. olfersii*-*M. hobbsi* mostraron algunos haplotipos idénticos, y en el árbol estos pares de especies se agrupan en entidades monofiléticas. Esta información permite considerar que estos pares de especies nominales representan un linaje a nivel de especie, respectivamente. Por lo tanto, la diversidad de especies en los dos sistemas de análisis de presente estudio se compone de cinco especies de *Macrobrachium*: *americanum*, *digueti*, *occidentale*, *olfersii* y *tenellum*.

De acuerdo al análisis filogenético, la especie *M. tenellum* es el linaje más distante, quedando las otras cuatro especies o linajes como un grupo monofilético. Dentro de este grupo, *M. digueti* y *M. olfersii* exhiben una relación filogenética más cercana que con *M. americanum* y *M. occidentale* (Fig. 7.2.3.1-1).

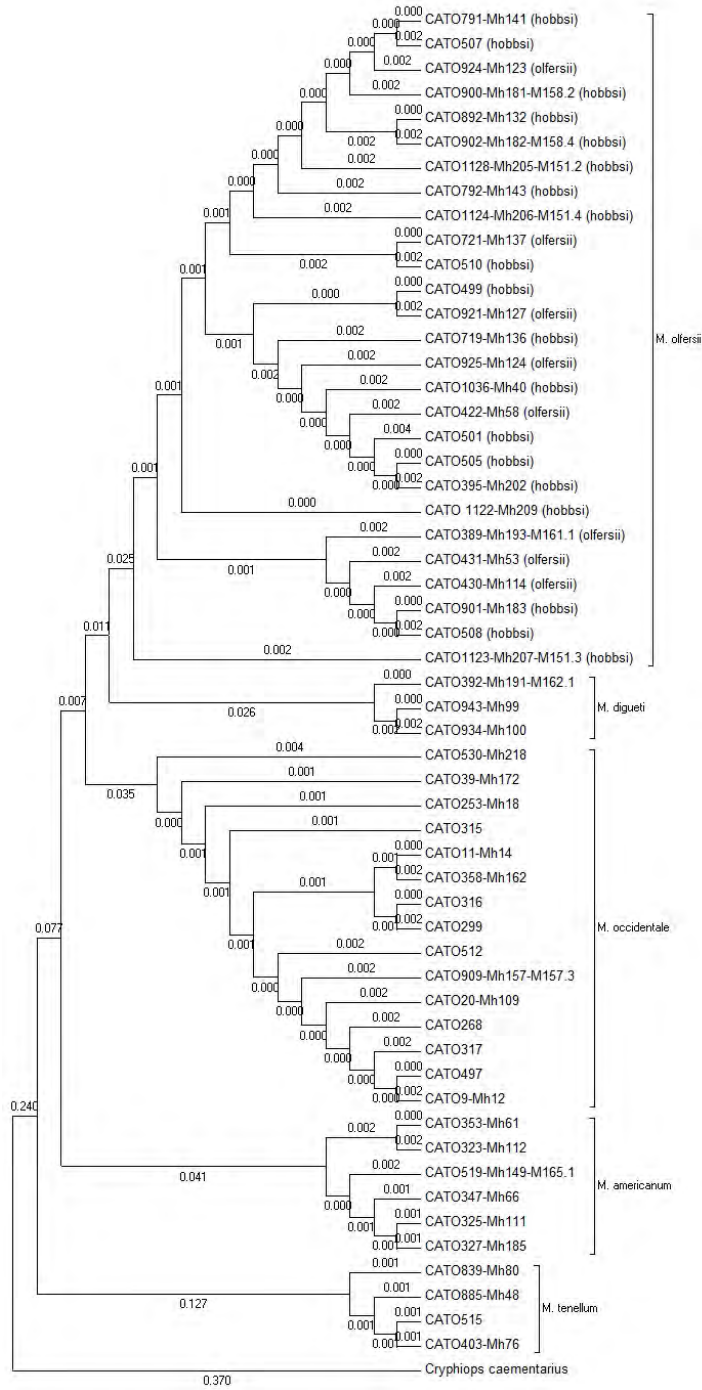


Figura 7.2.3.1-1. Árbol filogenético de haplotipos 16S ARNr ADNmt (55 secuencias de 490 pb) del género *Macrobrachium* procedentes de las cuencas hidrológicas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, obtenido con el método *Neighbor-Joining*, programa MEGA 5. Los números en cada rama representan las distancias genéticas según el modelo de Kimura-2 parámetros (Tamura *et al.*, 2011).

### 7.2.3.2. Distancia genética intra-especies

Las distancias genéticas según el modelo de Kimura-2 parámetros entre los haplotipos 16S de cada especie se presentan en las Tablas 7.2.3.2-1 a la 7.2.3.2-5. Las distancias intra-especie resultaron del orden de 0.2 a 0.4 % en *M. digueti* y *M. tenellum*, de 0.2 a 0.8 % en *M. americanum* y *M. occidentale*, y de 0.2 a 1.2 % en *M. olfersii*.

Tabla 7.2.3.2-1. Número de bases (nucleótidos) diferentes (arriba diagonal) y distancia genética del modelo de Kimura-2 parámetros (abajo diagonal) entre haplotipos del gen 16S de *Macrobrachium americanum*.

Clave Ejemplar	Clave Haplotipo	Ham1	Ham2	Ham3	Ham4	Ham5	Ham6
CATO325-Mh111	Ham1		1	1	1	2	2
CATO353-Mh61	Ham2	0.002		2	2	1	3
CATO327-Mh185	Ham3	0.002	0.004		2	3	1
CATO519-Mh149-M165.1	Ham4	0.002	0.004	0.004		3	3
CATO323-Mh112	Ham5	0.004	0.002	0.006	0.006		4
CATO347-Mh66	Ham6	0.004	0.006	0.002	0.006	0.008	

Tabla 7.2.3.2-2. Número de bases (nucleótidos) diferentes (arriba diagonal) y distancia genética del modelo de Kimura-2 parámetros (abajo diagonal) entre haplotipos del gen 16S de *Macrobrachium digueti*.

Clave Ejemplar	Clave Haplotipo	Hdi1	Hdi2	Hdi3
CATO943-Mh99	Hdi1		1	1
CATO934-Mh100	Hdi2	0.002		2
CATO392-Mh191-M162.1	Hdi3	0.002	0.004	



Tabla 7.2.3.2-3. Número de bases (nucleótidos) diferentes (arriba diagonal) y distancia genética del modelo de Kimura-2 parámetros (abajo diagonal) entre haplotipos del gen 16S de *Macrobrachium occidentale*.

Clave Ejemplares	Clave Haplotipos	Hoc1	Hoc2	Hoc3	Hoc4	Hoc5	Hoc6	Hoc7	Hoc8	Hoc9	Hoc10	Hoc11	Hoc12	Hoc13	Hoc14	Hoc15	
CATO497	Hoc1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	
CATO512	Hoc2	0.002		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	
CATO268	Hoc3	0.002	0.004		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	
CATO317	Hoc4	0.002	0.004	0.004		2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	
CATO39-Mh172	Hoc5	0.002	0.004	0.004	0.004		2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	
CATO20-Mh109	Hoc6	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004		2	2	2	2	2	2	3	3	3	
CATO315	Hoc7	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		2	2	2	2	2	3	3	3	
CATO253-Mh18	Hoc8	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		2	2	2	2	3	3	3	
CATO9-Mh12	Hoc9	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		2	2	2	3	3	3	
CATO909-Mh157-M157.3	Hoc10	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		2	2	3	3	3	
CATO11-Mh14	Hoc11	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		2	1	1	3	
CATO316	Hoc12	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		1	3	3	
CATO299	Hoc13	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.002	0.002		2	4
CATO358-Mh162	Hoc14	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.002	0.006	0.004		4
CATO530-Mh218	Hoc15	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.008	0.008		

Tabla 7.2.3.2-4. Número de bases (nucleótidos) diferentes (arriba diagonal) y distancia genética del modelo de Kimura-2 parámetros (abajo diagonal) entre haplotipos del gen 16S de *Macrobrachium olfersii*.

Clave Ejemplar	Clave Haplotipos	Hol1	Hol2	Hol3	Hol4	Hol5	Hol6	Hol7	Hol8	Hol9	Hol10	Hol11	Hol12	Hol13	Hol14	Hol15	Hol16	Hol17	Hol18	Hol19	Hol20	Hol21	Hol22	Hol23	Hol24	Hol25	Hol26	Hol27			
CATO505	Hol1		1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4		
CATO499	Hol2	0.002		2	2	2	2	2	1	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3		
CATO925-Mh124	Hol3	0.002	0.004		2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3		
CATO1036-Mh40	Hol4	0.002	0.004	0.004		2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO395-Mh202	Hol5	0.002	0.004	0.004	0.004		2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO719-Mh136	Hol6	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004		2	3	3	3	3	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO422-Mh58	Hol7	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		3	3	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO921-Mh127	Hol8	0.004	0.002	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006		2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4		
CATO901-Mh183	Hol9	0.004	0.002	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.004		2	4	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4		
CATO791-Mh141	Hol10	0.004	0.002	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.004	0.004		4	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2		
CATO501	Hol11	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.008	0.008	0.008		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6		
CATO_1122-Mh209	Hol12	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.002	0.002	0.010		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3		
CATO1123-Mh207-M151.3	Hol13	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.002	0.006	0.010	0.004		2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	5		
CATO389-Mh193-M161.1	Hol14	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.004	0.008	0.006	0.002	0.006	0.010	0.004	0.004		2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO431-Mh53	Hol15	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004	0.006	0.002	0.006	0.010	0.004	0.004	0.004		2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO430-Mh114	Hol16	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.002	0.006	0.010	0.004	0.004	0.004	0.004		2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO508	Hol17	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.002	0.006	0.010	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		
CATO924-Mh123	Hol18	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008		2	2	2	2	2	2	2	2	3	3		
CATO792-Mh143	Hol19	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004		2	2	2	2	2	2	2	3	3		
CATO900-Mh181-M158.2	Hol20	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004	0.004		2	2	2	2	2	2	3	3		
CATO1128-Mh205-M151.2	Hol21	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004	0.004	0.004		2	2	2	2	2	3	3		
CATO507	Hol22	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004	0.004	0.004	0.004		2	2	2	2	3	3		
CATO1124-Mh206-M151.4	Hol23	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		2	2	2	3	3		
CATO721-Mh137	Hol24	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	1	
CATO892-Mh132	Hol25	0.006	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.002	0.010	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	3	
CATO902-Mh182-M158.4	Hol26	0.008	0.006	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.008	0.008	0.004	0.012	0.006	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.002	0.006	0.008
CATO510	Hol27	0.008	0.006	0.006	0.010	0.010	0.010	0.010	0.008	0.008	0.004	0.012	0.006	0.006	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.002	0.006	0.008

Tabla 7.2.3.2-5. Número de bases (nucleótidos) diferentes (arriba diagonal) y distancia genética del modelo de Kimura-2 parámetros (abajo diagonal) entre haplotipos del gen 16S de *Macrobrachium tenellum*.

Clave Ejemplar	Clave Haplotipos	Hte1	Hte2	Hte3	Hte4
CATO839-Mh80	Hte1		1	2	2
CATO515	Hte2	0.002		1	1
CATO885-Mh48	Hte3	0.004	0.002		2
CATO403-Mh76	Hte4	0.004	0.002	0.004	

### 7.2.3.3. Distancia genética inter-especies

Las distancias genéticas del modelo de Kimura-2 parámetros entre haplotipos del gen 16S de las cinco especies se presentan en la Tabla 7.2.3.3-1. Las mayores distancias inter-especies resultaron del orden de 30.1 a y 31.4 % entre *M. tenellum* y el resto de las especies. Las menores distancias resultaron del orden de 5.5 a 6.2 % entre *M. digueti* y *M. olfersii*, y las distancias intermedias resultaron del orden de 8.0 a 10.1 % entre *M. americanum*, *M. occidentale*, *M. digueti* y *M. olfersii*.

Tabla 7.2.3.3-1. Número de bases (nucleótidos) diferentes (arriba diagonal) y distancia genética del modelo de Kimura-2 parámetros (abajo diagonal) entre haplotipos del gen 16S de cinco especies de *Macrobrachium*: *americanum* = Ham1 y Ham6, *digueti* = Hdi1 y Hdi3, *occidentale* = Hoc1 y Hoc15, *olfersii* = Hol1 y Hol27 y *tenellum* = Hte1 y Hte4.

Clave Haplotipos	Ham1	Ham6	Hdi1	Hdi3	Hoc1	Hoc15	Hol1	Hol27	Hte1	Hte4
Ham1		2	38	39	44	44	45	45	125	127
Ham6	0.004		37	38	44	46	44	44	124	126
Hdi1	0.083	0.080		1	40	40	29	27	123	124
Hdi3	0.085	0.083	0.002		39	39	28	26	123	124
Hoc1	0.096	0.096	0.087	0.084		2	40	38	121	121
Hoc15	0.096	0.101	0.087	0.084	0.004		40	38	123	123
Hol1	0.100	0.098	0.062	0.060	0.087	0.087		4	125	125
Hol27	0.100	0.098	0.058	0.055	0.083	0.083	0.008		124	124
Hte1	0.313	0.309	0.306	0.306	0.301	0.307	0.314	0.310		2
Hte4	0.319	0.316	0.309	0.309	0.301	0.307	0.314	0.310	0.004	

### 7.3. Distribución de especies y haplotipos en las cuencas de estudio

#### 7.3.1. Distribución de las especies en las cuencas de estudio en los años 2009, 2010, 2011, 2012

En la Tabla 7.3.1-1 se presenta el número de ejemplares recolectados de las cinco especies de *Macrobrachium*. En la cuenca Santa Rita la riqueza se mantuvo durante los años 2009 al 2011. En el año 2012 sólo se presentaron tres especies (*M. americanum*, *M. digueti* y *M. offersii*); para este año la cuenca presentaba dos oasis con los cuerpos de agua desecados (San Ignacio y Agua de León). En la cuenca Las Pocitas-San Hilario la riqueza de langostinos perduró en los años del 2009 al 2011; sin embargo, en el año 2012 no se logró capturar ejemplares en ninguno de los cinco oasis. Los oasis La Cuchilla y Huatamote se encontraron con poca agua superficial. El cuerpo de agua del oasis Las Cuevas se desecó desde el año 2011 y el del oasis Santa Fe se desecó en el 2012.

Tabla 7.3.1-1. Número total de ejemplares de las cinco especies de *Macrobrachium* recolectados en diez oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México en los años 2009 al 2012.

Cuenca/especie	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>	Número total de ejemplares			
						2009	2010	2011	2012
<b>Cuenca Santa Rita</b>	27	61	29	1188	713	1092	810	99	17
San Pedro de la Presa	5	44	7	255	0	146	106	51	8
Santa María de Toris	19	15	12	265	0	69	214	19	9
San Ignacio	2	0	10	146	9	134	30	3	0
Agua de León	1	0	0	479	17	477	7	13	0
Agua Verde	0	2	0	43	687	266	453	13	0
<b>Cuenca Las Pocitas-San Hilario</b>	62	37	314	218	1110	586	1100	55	0
Las Cuevas	8	0	37	0	0	16	29	0	0
La Cuchilla	31	2	264	28	0	304	12	9	0
Huatamote	23	22	13	51	0	97	12	0	0
El Pilar	0	13	0	139	0	141	0	11	0
Santa Fe	0	0	0	0	1110	28	1047	35	0
Total de ejemplares recolectados	89	98	343	1406	1823	1678	1910	154	17

### 7.3.1.1. Distribución de las especies en los oasis de estudio

#### Cuenca Santa Rita

#### Oasis San Pedro de la Presa

En la Fig. 7. 3.1.1-1 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis San Pedro de la Presa en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de cuatro especies de *Macrobrachium* en el año 2010.

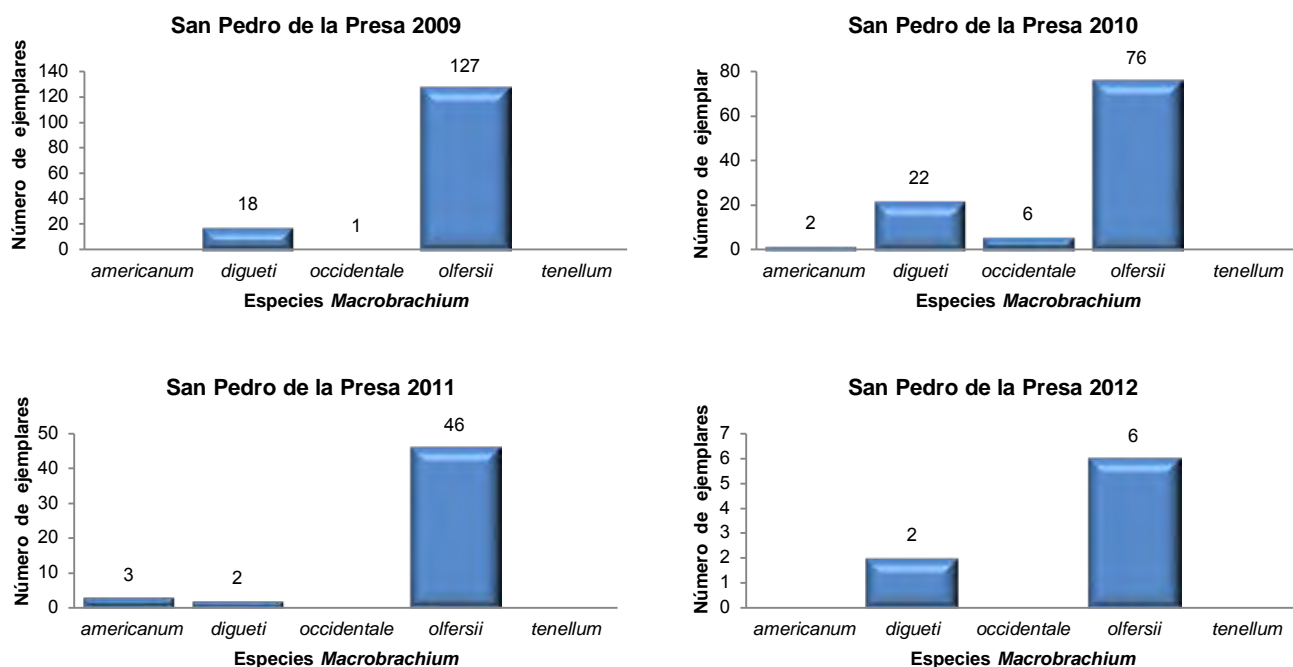


Figura 7.3.1.1-1. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis San Pedro de la Presa localizado en la sección alta de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.

## Oasis Santa María de Toris

En la Fig. 7. 3.1.1-2 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis Santa María de Toris en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de cuatro especies de *Macrobrachium* en el año 2010.

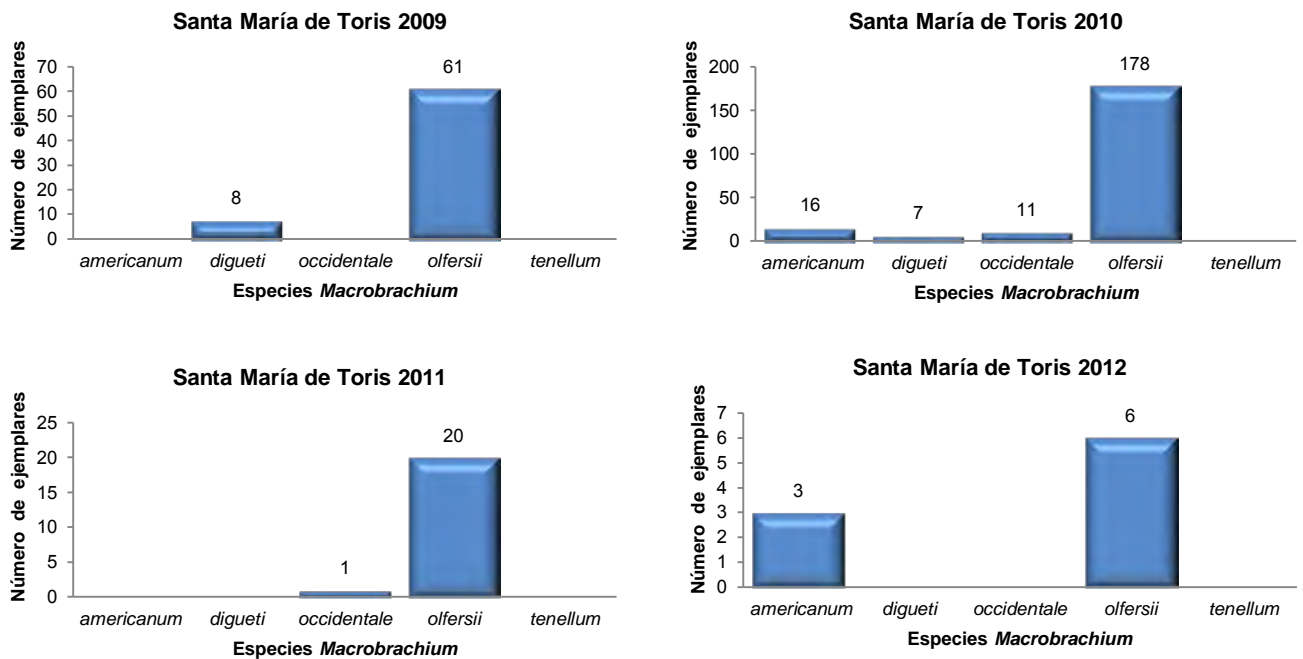


Figura 7.3.1.1-2. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Santa María de Toris localizado en la sección alta de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.

## Oasis San Ignacio

En la Fig. 7. 3.1.1-3 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis San Ignacio en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de cuatro especies de *Macrobrachium* en el año 2010. El oasis no presentó agua superficial en el año 2012.

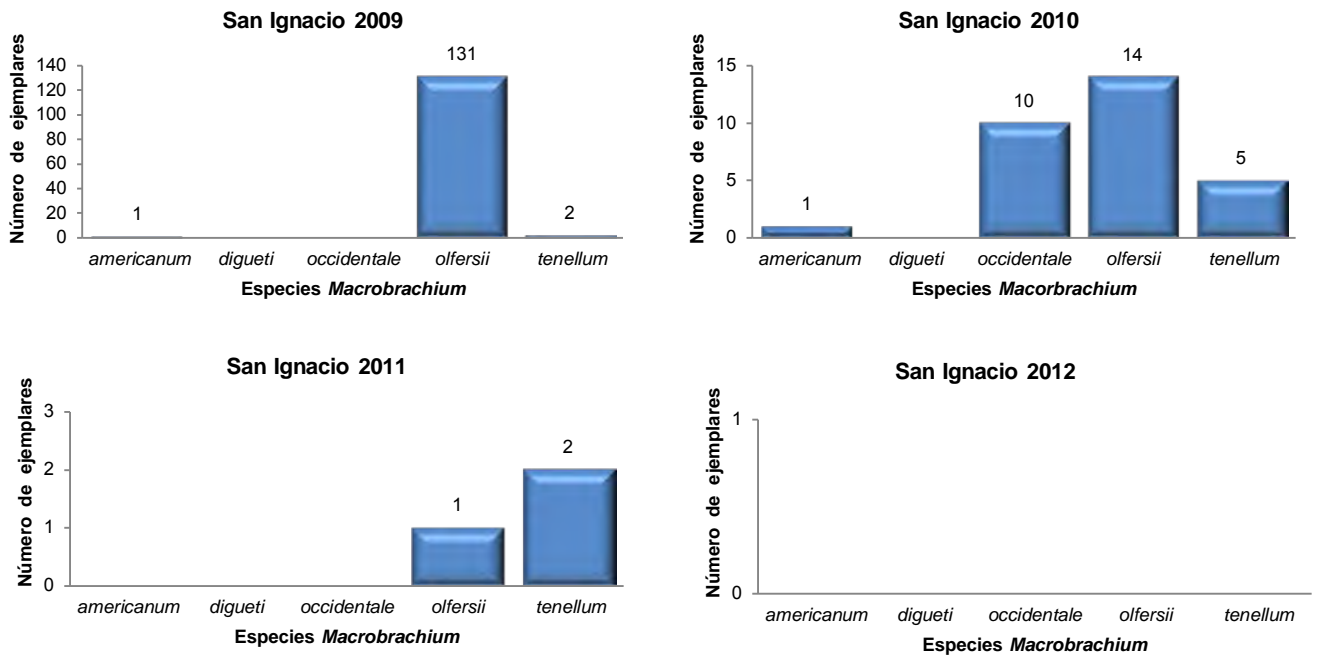


Figura 7.3.1.1-3. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis San Ignacio localizado en la sección intermedia de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.

## Oasis Agua de León

En la Fig. 7. 3.1.1-4 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis Agua de León en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de tres especies de *Macrobrachium* en el año 2009. El oasis no presentó agua superficial en el año 2012.

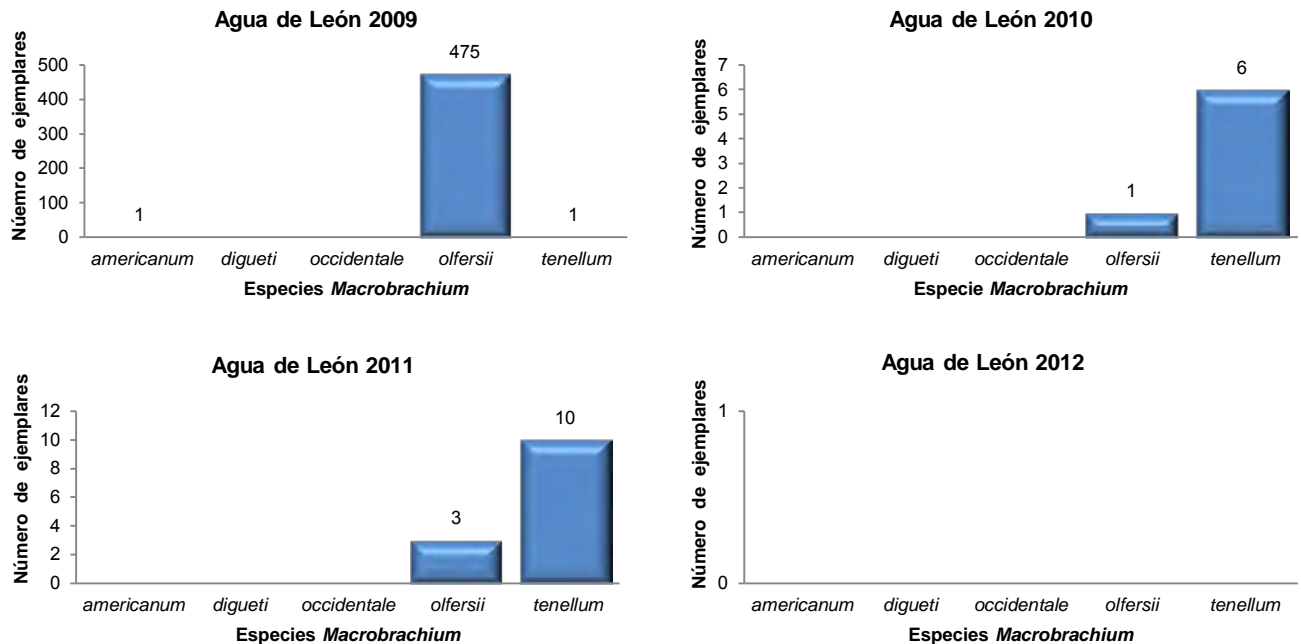


Figura 7.3.1.1-4. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Agua de León localizado en la sección intermedia de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.

## Oasis Agua Verde

En la Fig. 7. 3.1.1-5 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis Agua Verde en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de tres especies de *Macrobrachium* en el año 2010. A pesar de que el cuerpo de agua del oasis es de tipo permanente, en el año 2012 no se encontraron ni recolectaron langostinos.

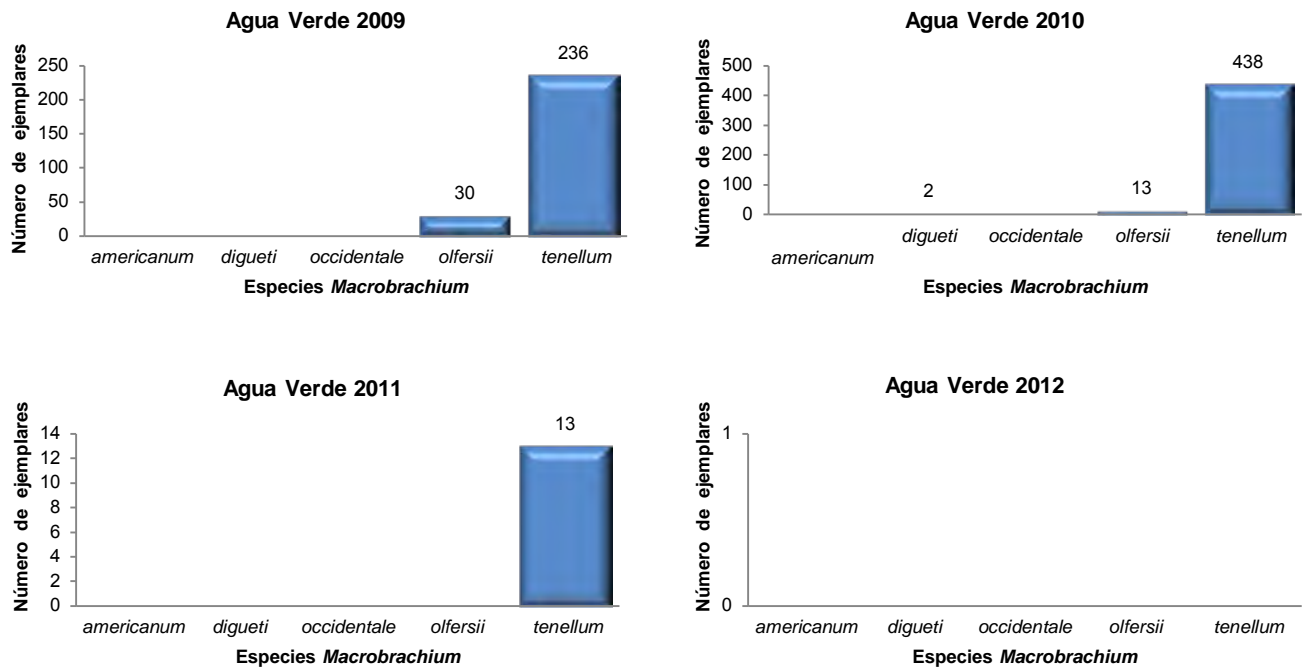


Figura 7.3.1.1-5. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Agua Verde localizado en la sección baja de la cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.



## Cuenca Las Pocitas-San Hilario

### Oasis Las Cuevas

En la Fig. 7. 3.1.1-6 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis Las Cuevas en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de dos especies de *Macrobrachium* en los años 2009 y 2010. El oasis no presentó agua superficial en los años 2011 y 2012.

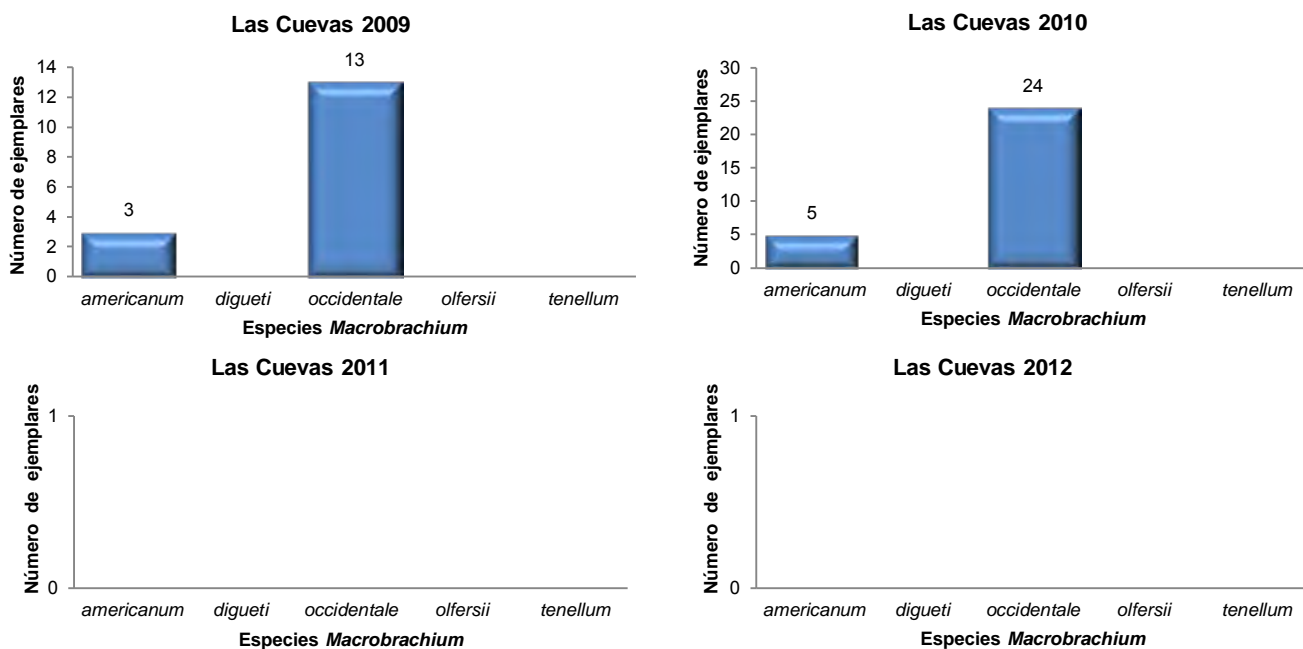


Figura 7.3.1.1-6. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Las Cuevas localizado en la sección alta de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

## Oasis La Cuchilla

En la Fig. 7. 3.1.1-7 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis La Cuchilla en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de cuatro especies de *Macrobrachium* en año 2011.

y 2011. El oasis no presentó agua superficial en el año 2012.

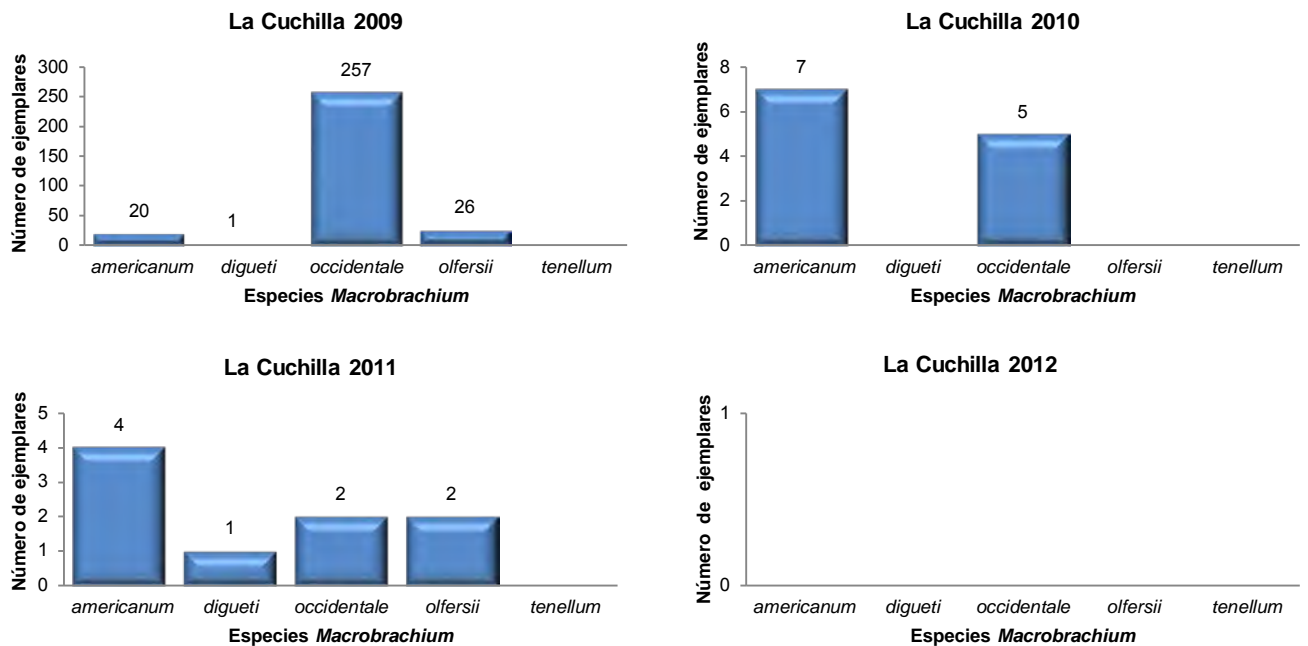


Figura 7. 3.1.1-7. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis La Cuchilla localizado en la sección alta de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

## Oasis Huatamote

En la Fig. 7. 3.1.1-8 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis Huatamote en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de cuatro especies de *Macrobrachium* en año 2009 y 2010. El oasis presentó un volumen mínimo de agua superficial en los años 2011 y 2012.

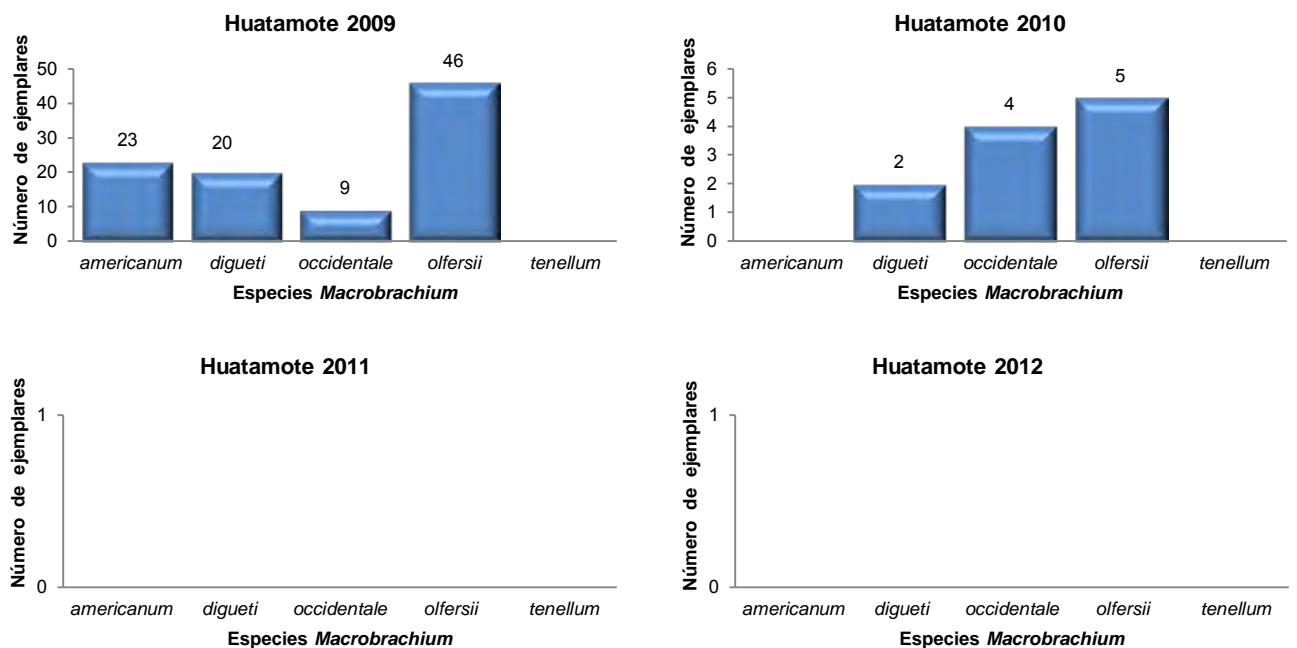


Figura 7. 3.1.1-8. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Huatamote localizado en la sección intermedia de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

## Oasis El Pilar

En la Fig. 7. 3.1.1-9 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis El Pilar en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró un máximo de dos especies de *Macrobrachium* en los años 2009 y 2011. A pesar de que el cuerpo de agua del oasis es de tipo permanente, en los años 2010 y 2012 no se recolectaron langostinos.

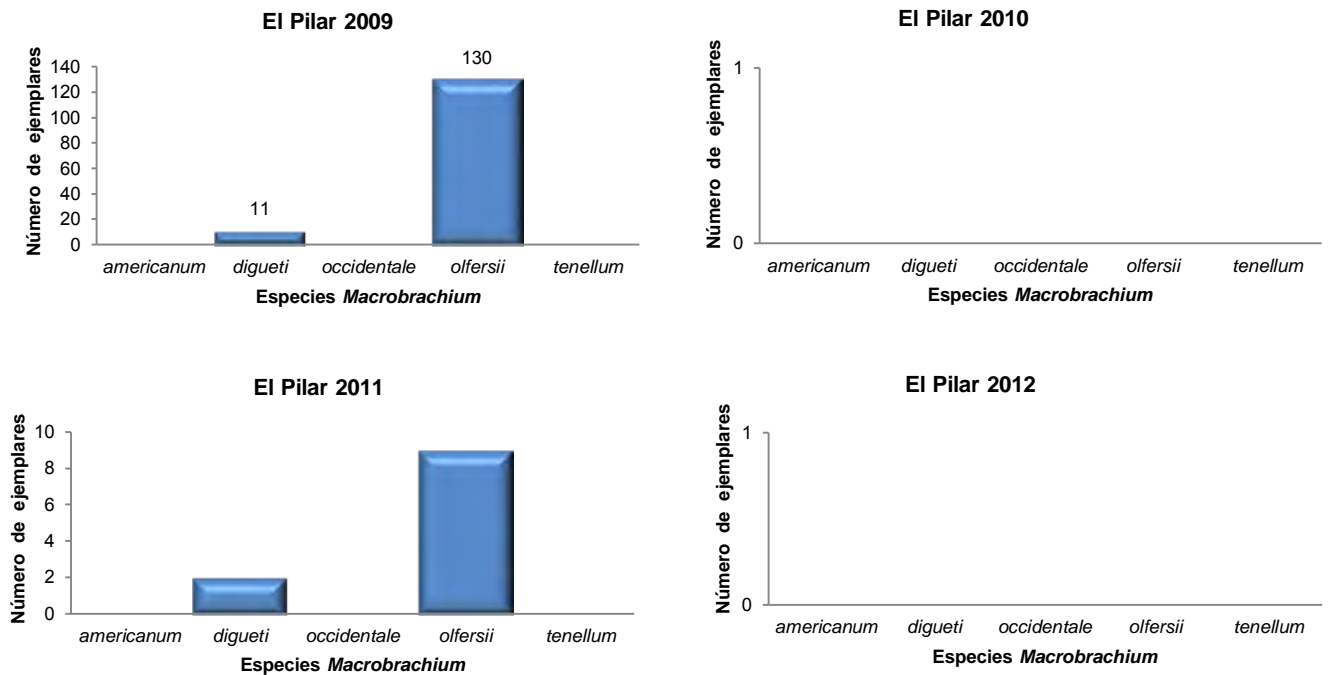


Figura 7.3.1.1-9. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis El Pilar localizado en la sección intermedia de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

## Oasis Santa Fe

En la Fig. 7. 3.1.1-10 se presenta gráficamente las especies y el número de ejemplares recolectados en el oasis Santa Fe en los años 2009 al 2012. En este oasis se registró una sola especie de *Macrobrachium*. El oasis no presentó agua superficial en el año 2012.

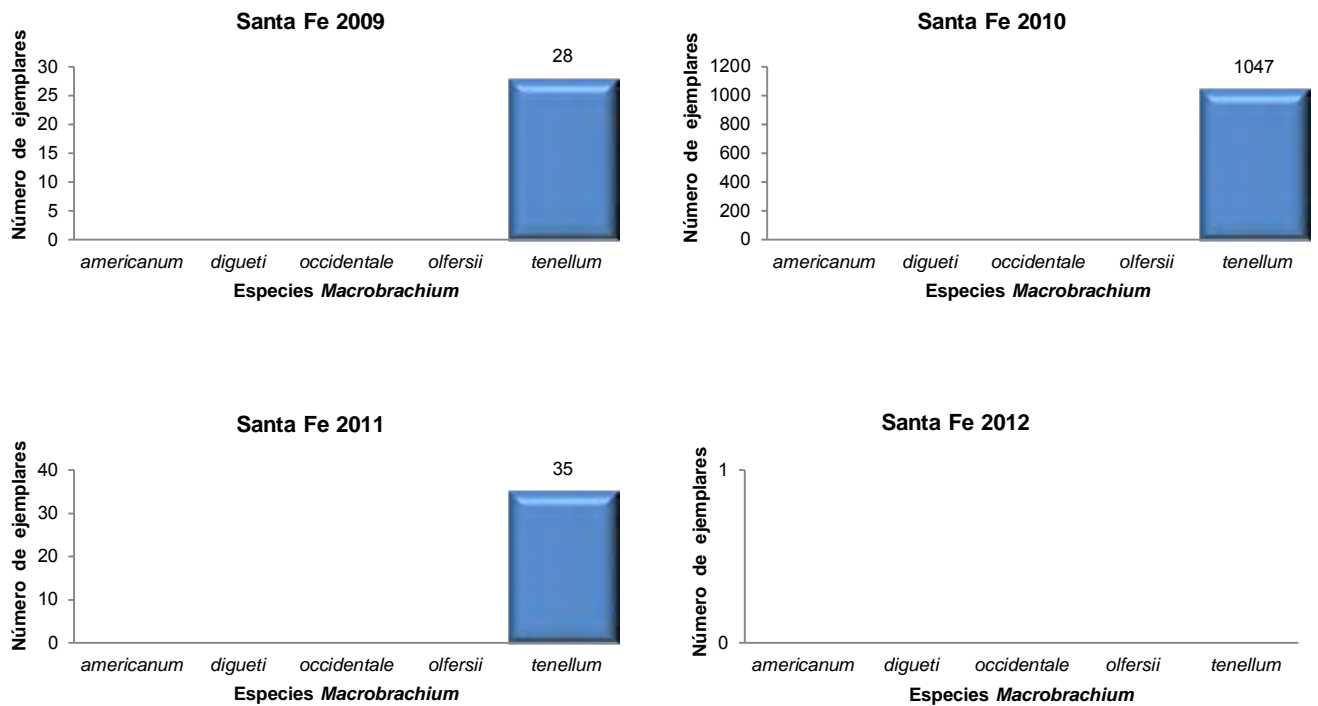


Figura 7.3.1.1-10. Especies y número de ejemplares registrados en el oasis Santa Fé localizado en la sección baja de la cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

### 7.3.1.2. Distribución, hábitat y clases de talla por especie

En la Tabla 7.3.1.2-1 se presenta el número total de ejemplares machos y hembras de las cinco especies de *Macrobrachium* recolectados en los oasis y cuencas de estudio en los años 2009 al 2012. El número, clase de talla y sexo de todos los ejemplares estudiados se detalla en el Apéndice VII. La calidad del agua, en sus variables de pH, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y temperatura, exhibe características particulares de acuerdo a la ubicación geográfica de cada oasis. Los valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en los 10 oasis estudiados, las especies y número de individuos recolectados y el tipo de agua basado en la salinidad se presentan en el Apéndice VIII.

A continuación, desde el punto de vista de cada especie se proporciona información sobre la cuenca en que se encontró con mayor frecuencia, en que secciones de la cuenca y tipos de agua se le encontró, cuantos ejemplares y en que talla se recolectaron:

***Macrobrachium americanum***: Especie presente en ambas cuencas. Se recolectaron un total de 89 ejemplares, con un mayor número de la cuenca Las Pocitas-San Hilario. Es una especie que no se recolectó en las secciones bajas de las cuencas. Habita aguas tipo infrahalina y oligohalina, con un rango registrado de 0.40 a 1.66 g/L de SDT, y 7.9 a 9.3 de pH. Los 27 ejemplares de la Cuenca Santa Rita mostraron clases de talla 1-9; los 62 ejemplares de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario mostraron clases de talla 1-12. La presencia de un ejemplar de

clase de talla 1 en el 2011 sugiere fuertemente que el ciclo de vida se completó en La Cuchilla ya que no existió conectividad de agua superficial con la sección baja de la cuenca en los 33 meses anteriores.

***Macrobrachium digueti***: Especie presente en ambas cuencas. Se recolectaron un total de 98 ejemplares, con un mayor número en la cuenca Santa Rita. La especie se recolectó a lo largo de la cuenca (cuenca baja a cuenca alta). Habita aguas tipo infrahalina y oligohalina, con un rango registrado de 0.38 a 2.87 g/L de SDT, y 8.1 a 8.6 de pH. Los 61 ejemplares de la Cuenca Santa Rita mostraron clases de talla 1-5; los 37 ejemplares de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario mostraron clases de talla 1-5. La presencia de un ejemplar de clase de talla 2 en el 2011 sugiere fuertemente que el ciclo de vida se completó en el oasis El Pilar (oasis Permanente) y a que no existió conectividad de agua superficial con la sección baja en los 33 meses anteriores.

***Macrobrachium occidentale***: Especie presente en ambas cuencas. Se recolectaron un total de 343 ejemplares, con un mayor número de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario. Es una especie que no se recolectó en las secciones bajas de las cuencas. Habita aguas tipo infrahalina y oligohalina, con un rango registrado de 0.40 a 1.66 g/L de SDT, y 8.1 a 9.3 de pH. Los 29 ejemplares de la Cuenca Santa Rita mostraron clases de talla 1-4; los 314 ejemplares de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario mostraron clases de talla 1-5.

***Macrobrachium olfersii***: Especie presente en ambas cuencas. Se recolectaron un total de 1406 ejemplares, con un mayor número de la cuenca Santa Rita a lo largo de los cinco oasis de estudio. Habita aguas tipo infrahalina y oligohalina, con un rango registrado de 0.38 a 2.81 g/L de SDT, y 7.8 a 8.7 de pH. Los 1188 ejemplares de la Cuenca Santa Rita mostraron clases de talla 1-5; en el oasis San Pedro de la Presa en el 2011 se recolectaron dos ejemplares de clases de talla 1 y 2; en el oasis Santa María de Toris (oasis permanente) en el 2011 se recolectaron ejemplares de clase de talla 2, y en el 2012 se recolectó ejemplares de clase de talla 1. En los oasis San Ignacio y Agua de León en el 2011 se recolectaron ejemplares de clase de talla 2, sugiriendo que se completa el ciclo de vida de los langostinos en los oasis. Los 218 ejemplares de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario mostraron clases de talla 1-3. En el oasis El Pilar (agua permanente) en el 2011 se recolectaron ejemplares de clases de talla 2 y 3 sugiriendo fuertemente que el ciclo de vida se completó en el oasis, y a que no existió conectividad de agua superficial con la cuenca baja en los 33 meses anteriores.

***Macrobrachium tenellum***: Especie presente en ambas cuencas. Se recolectaron un total de 1823 ejemplares, con un mayor número de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario. La especie se recolectó en cuenca intermedia (oasis San Ignacio y Agua de León) de la cuenca Santa Rita, pero con mayor frecuencia de la cuenca baja de ambas cuencas. Habita aguas tipo oligohalina, con un rango registrado de 1.26 a 2.77 g/L de SDT, y 7.3 a 8.7 de pH. Los 713 ejemplares de la Cuenca Santa Rita mostraron clases de talla 1-7; los 1110 ejemplares de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario mostraron clases de talla 1-6. En el 2011 en el oasis Santa Fe se registró la



presencia de ejemplares de clase de talla 1 y de menores tallas de 0.5 mm. En el oasis San Ignacio en el 2011 se registró la presencia de un ejemplar de clase de talla 1 sugiriendo fuertemente que el ciclo de vida se completa en el oasis ya que no existió conectividad de agua superficial con las lagunas costeras en los 33 meses anteriores.

Tabla 7.3.1.2-1. Número total de ejemplares machos (♂) y hembras (♀) de cinco especies de *Macrobrachium* recolectados en diez oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México, en los años 2009 al 2012.

Especies	Cuenca Santa Rita										Cuenca Las Pocitas San Hilario													
	San Pedro de la Presa		Santa María de Toris		San Ignacio		Agua de León		Agua Verde		Total		Las Cuevas		La Cuchilla		Huatamote		El Pilar		Santa Fe		Total	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>M. americanum</i>	3	2	11	8	2		1				17	10	6	3	7	24	10	13					23	40
<i>M. digueti</i>	32	12	13	2					2		47	14			1	1	14	8	12	1			27	10
<i>M. occidentale</i>	4	3	7	5	6	4					17	12	17	20	113	151	8	5					138	176
<i>M. offersii</i>	152	103	158	107	74	72	296	183	37	6	717	471			7	21	37	14	100	39			144	74
<i>M. tenellum</i>					6	3	11	6	342	345	359	354											420	689

### 7.3.2. Distribución de haplotipos en las cuencas de estudio

Como se mencionó anteriormente, el análisis de 202 secuencias permitió la detección de 55 haplotipos. En la Tabla 7.3.2-1 se presentan los resultados sobre el número de secuencias, número de haplotipos, distribución de los haplotipos en las cuencas, diversidad haplotípica y su varianza, obtenidos de ejemplares de las cinco especies de *Macrobrachium*. Las especies que presentaron la más alta diversidad haplotípica fueron *M. offersii* (0.869) y *M. tenellum* (0.810), las que presentaron una diversidad intermedia fueron *M. americanum* (0.567) y *M. occidentale* (0.411), y la más baja diversidad la presentó *M. digueti* (0.110).

Tabla 7.3.2-1. Número de secuencias, número de haplotipos, distribución de los haplotipos en las cuencas, diversidad haplotípica y su varianza, obtenidos de ejemplares de cinco especies de *Macrobrachium* recolectados del 2009 al 2012 de las cuencas de Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Especie	Numero de secuencias	Número de haplotipos	Distribución de haplotipos en cuencas		Diversidad haplotípica	Varianza
			Santa Rita	Las Pocitas-San Hilario		
<i>americanum</i>	25	6	3	5	0.567	0.01040
<i>digueti</i>	36	3	2	2	0.110	0.00491
<i>occidentale</i>	65	15	3	13	0.411	0.00619
<i>offersii</i>	69	27	21	10	0.869	0.00082
<i>tenellum</i>	7	4	3	3	0.810	0.01686

En las Tablas 7.3.2-2 a la 7.3.2-6 se presentan los resultados sobre la distribución de los haplotipos en los oasis de estudio. Las cinco especies de *Macrobrachium* presentan haplotipos que ocurren en ambas cuencas de estudio. En *M. americanum*, dos de seis haplotipos se encuentran en las dos cuencas, en *M. digueti*, uno de tres haplotipos, en *M. occidentale*, uno de 15, en *M. offersii* cuatro de 27, y en *M. tenellum*, dos de cuatro.

Tabla 7.3.2-2. Distribución de haplotipos de *M. americanum* en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Haplotipos	Cuenca Santa Rita					Número Individuos Santa Rita	Número Oasis Santa Rita	Cuenca Las Pocitas-San Hilario					Número Individuos Las Pocitas-San Hilario	Número Oasis Las Pocitas-San Hilario
	San Pedro de la Presa	Santa María de Toris	San Ignacio	Agua de León	Agua Verde			Las Cuevas	La Cuchilla	Huatamote	El Pilar	Santa Fe		
Ham1	1	1	1			3	3	3	2	8			13	3
Ham2		1				1	1		2	2			4	2
Ham3								1					1	1
Ham4		1				1	1							
Ham5									1				1	1
Ham6										1			1	1

Tabla 7.3.2-3. Distribución de haplotipos de *M. digueti* en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Haplotipos	Cuenca Santa Rita					Número Individuos Santa Rita	Número Oasis Santa Rita	Cuenca Las Pocitas-San Hilario					Número Individuos Las Pocitas-San Hilario	Número Oasis Las Pocitas-San Hilario
	San Pedro de la Presa	Santa María de Toris	San Ignacio	Agua de León	Agua Verde			Las Cuevas	La Cuchilla	Huatamote	El Pilar	Santa Fe		
Hdi1	12	10				22	2			4	8		12	2
Hdi2	1					1	1							
Hdi3										1			1	1

Tabla 7. 3.2-4. Distribución de haplotipos de *M. occidentale* en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Haplotipos	Cuenca Santa Rita					Número Individuos Santa Rita	Número Oasis Santa Rita	Cuenca Las Pocitas-San Hilario					Número Individuos Las Pocitas-San Hilario	Número Oasis Las Pocitas-San Hilario
	San Pedro de la Presa	Santa María de Toris	San Ignacio	Agua de León	Agua Verde			Las Cuevas	La Cuchilla	Huatamote	El Pilar	Santa Fe		
Hoc1	2	4	4			10	3	13	22	5			40	3
Hoc2									1				1	1
Hoc3									1				1	1
Hoc4									1				1	1
Hoc5								1					1	1
Hoc6								1					1	1
Hoc7									1				1	1
Hoc8									1				1	1
Hoc9								1					1	1
Hoc10			1			1	1						1	1
Hoc11								1					1	1
Hoc12									1				1	1
Hoc13								1	1				2	2
Hoc14		1				1	1			1			1	1
Hoc15														

Tabla 7.3.2-5. Distribución de haplotipos de *M. offersii* en las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Haplotipos	Cuenca Santa Rita					Número Individuos Santa Rita	Número Oasis Santa Rita	Cuenca Las Pocitas-San Hilario					Número Individuos Las Pocitas-San Hilario	Número Oasis Las Pocitas-San Hilario
	San Pedro de la Presa	Santa María de Toris	San Ignacio	Agua de León	Agua Verde			Las Cuevas	La Cuchilla	Huatamote	El Pilar	Santa Fe		
Hol1	3	5	1	2	1	12	5			7			7	1
Hol2		1			1	2	2			1			1	1
Hol3	1					1	1							
Hol4	1					1	1							
Hol5										1			1	1
Hol6				1		1	1							
Hol7		1				1	1							
Hol8	1					1	1							
Hol9	1	2	1			4	3			1			1	1
Hol10	5	4	2		1	12	4			3	1		4	2
Hol11										1			1	1
Hol12	1				1	2	2							
Hol13	1		1			2	2							
Hol14										1			1	1
Hol15		1				1	1							
Hol16		1				1	1							
Hol17										1			1	1
Hol18	1					1	1							
Hol19					1	1	1							
Hol20						1	1							
Hol21	1		1			1	1							
Hol22										1			1	1
Hol23	1					1	1							
Hol24				1		1	1							
Hol25						2	1							
Hol26			1			1	1							
Hol27										1			1	1

Tabla 7.3.2-6. Distribución de haplotipos de *M. tenellum* de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Haplotipos	Cuenca Santa Rita					Número Individuos Santa Rita	Número Oasis Santa Rita	Cuenca Las Pocitas-San Hilario					Número Individuos Las Pocitas-San Hilario	Número Oasis Las Pocitas-San Hilario
	San Pedro de la Presa	Santa María de Toris	San Ignacio	Agua de León	Agua Verde			Las Cuevas	La Cuchilla	Huatamote	El Pilar	Santa Fe		
Hte1					1	1	1						1	1
Hte2					1	1	1						2	1
Hte3			1			1	1							
Hte4													1	1

#### 7.4. Construcción de Índices de Integridad Ecológica (IIE)

El concepto de IIE que se adopta en este trabajo tiene la finalidad de contar con una herramienta para evaluar y monitorizar el estado de salud de los oasis estudiados. Los índices de integridad ecológica (IIE) que se proponen en esta tesis son propios y exclusivos para oasis que tienen un cuerpo de agua tipo permanente (manantial). Los IIE consideran atributos ecológicos, bióticos y abióticos. Los atributos bióticos son de dos tipos: (1) la diversidad de especies, que son todas las especies de *Macrobrachium* registradas, y (2) las especies indicadoras, son especies tolerantes a variaciones ambientales (salinidad) y que fueron registradas al menos en tres años consecutivos. Los atributos abióticos son de dos tipos y están relacionados a la calidad del agua: uno de ellos corresponde a la cantidad de SDT, y el otro, al valor de pH.

Se proponen cuatro Cartas de Valoración de los atributos bióticos y abióticos para establecer el IIE de cuatro oasis, que corresponden a San Pedro de la Presa, Santa María de Toris y Agua Verde de la Cuenca Santa Rita y El Pilar de la Cuenca Las Pocitas-San Hilario.

## **7.4.1. Metodología**

### **7.4.1.1. Realizar un muestreo para recolectar langostinos**

Fecha de muestreo: Tiempo de estiaje.

Artes de pesca: Para la captura de los langostinos utilizar los siguientes instrumentos de pesca: (1) Atarraya, con luz de malla de 13.2 mm, (2) Chinchorro (red de cerco), con luz de malla de 4.2 mm, (3) Red de mano, con luz de malla de 2.3 mm.

Esfuerzo de pesca: Dos hombres por dos horas de trabajo en el cuerpo de agua de estudio.

Fijación del material: Los ejemplares recolectados deberán fijarse con etanol al 100% en frascos de plástico con su respectiva etiqueta.

### **7.4.1.2. Tomar nota de las características del hábitat**

Medición de variables ambientales del agua como temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales (SDT) y pH. Observación de la Flora y fauna que le acompaña.

### **7.4.1.3. Determinación taxonómica de los ejemplares recolectados**

Se debe realizar un a priori-identificación taxonómica. Se sugiere considerar las diagnósis de las especies actualizadas en la presente tesis.

Para los ejemplares de talla pequeña (0.5 a 15.0 mm) se sugiere utilizar la Tabla 7.2.2-1 de criterios morfológicos para identificar ejemplares de cinco especies del género *Macrobrachium* de la península de Baja California, México.

#### 7.4.1.4. Aplicación de la Carta de Valoración del IIE

De acuerdo a la Carta de Valoración del IIE específica del oasis a evaluar (ver cartas en el apartado 7.4.2.), se procede a determinar los valores correspondientes de cada columna.

#### 7.4.1.5. Aplicación de la Carta de Valoración del Estado de Salud del oasis

Con la sumatoria de los valores obtenidos de las cuatro columnas de la Carta de Valoración del IIE, se establece el Estado de Salud aplicando la siguiente Tabla:

Tabla 7.4-1. Carta de Valoración del Estado de Salud de oasis de la Cuenca Santa Rita y Cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Cuenca	Excelente	Bueno	Regular	Pobre	Malo
Alta	8-7	6-4	3-2	1	<1
Intermedia	6-5	4-3	2-1	1	<1
Baja	7-5	4-3	2	1	<1

#### 7.4.1.6. Reporte del Estado de Salud del oasis

El método finaliza con la elaboración del Reporte del Estado de Salud del oasis, que incluye la Carta de Valoración del IIE, y el valor y definición del Estado de Salud del oasis. La definición del Estado de Salud del oasis se establece de acuerdo a la Tabla 7.4-2.

Tabla 7.4-2. Definiciones del estado de salud de los oasis de estudio.

Estado de salud del oasis	Definición del estado de salud
Excelente	Oasis comparable en las mejores situaciones, sin influencia aparente del hombre.
Bueno	Oasis con diversidad de especies indicadoras y valores de SDT y pH normal.
Regular	Oasis por debajo de las expectativas, ausencia de algunas especies indicadoras.
Pobre	Oasis por debajo de las expectativas, ausencia de todas las especies indicadoras y valores SDT y pH fuera del rango normal.
Malo	Sin especies indicadoras.

### 7.4.2. Cartas de Valoración de los atributos bióticos y abióticos para establecer el IIE de cuatro oasis

Tabla 7.4.2-1. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis San Pedro de la Presa, sección alta, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.

Atributos ecológicos			
Atributos bióticos		Atributos abióticos	
Riqueza de especies	Especies indicadoras	Calidad de agua	Calidad de agua
<i>americanum</i> <i>digueti</i> <i>occidentale</i> <i>offersii</i>	<i>digueti</i> <i>offersii</i>	SDT	pH
<b>Valores</b> 4-0	<b>Valores</b> 2-0	<b>Valores</b> >0.5 g/L = 0 <0.5 g/L = 1	<b>Valores</b> 8.7 - 7 = 1 ≥8.7 = 0 ≤ 7 = 0

Tabla 7.4.2-2. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis Santa María de Toris, sección alta, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.

Atributos ecológicos			
Atributos bióticos		Atributos abióticos	
Riqueza de especies	Especies indicadoras	Calidad de agua	Calidad de agua
<i>americanum</i> <i>digueti</i> <i>occidentale</i> <i>offersii</i>	<i>digueti</i> <i>offersii</i>	SDT	pH
<b>Valores</b> 4-0	<b>Valores</b> 2-0	<b>Valores</b> >0.6 g/L = 0 <0.6 g/L = 1	<b>Valores</b> 8.4 - 7 = 1 ≥8.4 = 0 ≤ 7 = 0

Tabla 7.4.2-3. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis El Pilar, sección intermedia, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

Atributos ecológicos			
Atributos bióticos		Atributos abióticos	
Riqueza de especies	Especies indicadoras	Calidad de agua	Calidad de agua
<i>digueti</i>	<i>digueti</i>	SDT	pH
<i>olfersii</i>	<i>olfersii</i>		
<b>Valores</b>	<b>Valores</b>	<b>Valores</b>	<b>Valores</b>
2-0	2-0	>2.8 g/L = 0 <2.8 g/L = 1	8.5 - 7 = 1 ≥8.5 = 0 ≤ 7 = 0

Tabla 7.4.2-4. Carta de Valoración de atributos bióticos y abióticos para establecer el valor del Índice de Integridad Ecológica (IIE) del oasis Agua Verde, sección baja, Cuenca Santa Rita, Baja California Sur, México.

Atributos ecológicos			
Atributos bióticos		Atributos abióticos	
Riqueza de especies	Especies indicadoras	Calidad de agua	Calidad de agua
<i>digueti</i>	<i>olfersii</i>	SDT	pH
<i>olfersii</i>	<i>tenellum</i>		
<i>tenellum</i>			
<b>Valores</b>	<b>Valores</b>	<b>Valores</b>	<b>Valores</b>
3-0	2-0	>2.8 g/L = 0 <2.8 g/L = 1	8.4 - 7 = 1 ≥8.4 = 0 ≤ 7 = 0



## 8. DISCUSIÓN

### 8.1. Características del hábitat

Las dos cuencas contiguas, Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, del sur de la Península de Baja California son sistemas de alta importancia ecológica (Diario Oficial de la Federación, 2012) que requieren de la atención de todos los sectores de la sociedad. Ambas cuencas forman parte de La Región Hidrológica Prioritaria Número 8 y el sitio RAMSAR Número 1794 (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998), si n embargo, su caudal ecológico no ha sido determinado. El presente estudio aporta conocimiento al inventario sobre la distribución de los manantiales permanentes y pozas de agua temporal. Se comprobó lo señalado por Flores (1998), que estas cuencas n o t ienen ríos s ino arroyos q ue c onducen agu a s ólo en c ontadas ocasiones en e l año o en varios años . En la cuenca Santa Rita los oasis San Pedro de la Presa, Santa María de Toris y Agua Verde cuentan con cuerpos de agua de t ipo p ermanente pero i nestable, al imentados por ac umulación de escorrentías por lluvias y por manantiales, mientras que los oasis San Ignacio y Agua de León c uentan con cuerpos de agu a de t ipo t emporal al imentados por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes. En la cuenca Las Pocitas-San Hilario, sólo el oasis El Pilar cuenta con cuerpos de agua de tipo permanente, mientras que los oasis Las Cuevas, La Cuchilla, Huatamote y Santa Fe cuentan con cuerpos de a gua de t ipo t emporal. Desde el punto de v ista de salinidad y s ólidos d isueltos t otales (SDT) los oas is pr esentaron c aracterísticas particulares. Los cuerpos de agua de los oasis de secciones altas de la cuenca como San Pedro de la Presa y Santa María de Toris son del tipo infrahalino; en los

oasis de secciones intermedias y bajas de la cuenca el agua es del tipo oligohalino. Desde el punto de vista de pH los oasis presentaron, en general características similares, con rango de variación de 7.2 a 9.3.

Estos sistemas de oasis enfrentan de manera natural perturbaciones importantes por factores climáticos como son, por un lado, períodos de sequía, y por otro lado, precipitaciones abundantes en un tiempo muy corto por efecto de huracanes. En el año 2008 se presentaron lluvias importantes por efecto del huracán Norbert (8 de octubre 2008), y durante el periodo de estudio 2009-2012 se enfrentaron dos eventos de alta perturbación, en septiembre del 2009 se tuvieron lluvias por el huracán Jimena (1 de septiembre 2009), y a partir de noviembre 2009 se sufrió un periodo de sequía de casi 33 meses en los años 2009, 2010 y 2011 (Tabla 7.1.1-1), finalizando en septiembre y octubre del 2012 con lluvias por efectos de los huracanes Miriam (24 de septiembre), Norman (28 de septiembre), y Paul (16 de octubre), después del periodo de estudio. La conectividad del agua superficial a lo largo de los sistemas de oasis se presentó brevemente en los años 2008 y 2009, y nuevamente hasta finales del verano del 2012. En estos eventos de conectividad los cuerpos de agua de los oasis cambian de ser sistemas lénticos de largo tiempo (meses y años), a sistemas lóticos de corta duración (semanas). Esta conectividad temporal entre los oasis con agua permanente cuenca arriba (San Pedro de la Presa y Santa María de Toris) y el oasis Agua Verde también con agua permanente pero cuenca abajo se comprobó al efectuar una recolecta el 30 de septiembre 2012 en el sistema lótico temporal del cauce principal de la cuenca Santa Rita (Puente Santa Rita, carretera federal

No. 1, La Paz - Cd. Constitución) un día después del paso del huracán Norman que resultó con la obtención de ejemplares de cuatro especies. El material recolectado correspondió a cuatro larvas zoea I (estadio según Atkinson, 1977), un ejemplar de *M. americanum* (hembra adulta), dos de *M. offersii* (macho de LC = 12.3 mm y hembra de LC = 4.9 mm), y uno de *M. tenellum* (hembra de LC = 4.1 mm). Las larvas se identificaron molecularmente, una como *M. americanum* (haplotipo Ham1) y tres como *M. digueti* (haplotipo Hdi1).

## **8.2. Diversidad de especies de *Macrobrachium***

### **Sistemática morfológica**

La taxonomía morfológica permitió confirmar la presencia de las siete morfoespecies de langostinos del género *Macrobrachium* previamente reportadas para estas cuencas por Hernández *et al.* (2007) y García-Velazco *et al.* (2013). La fórmula rostral es un elemento fundamental para la identificación de las morfoespecies de *Macrobrachium* (Omkar *et al.*, 1984). En la Tabla 8.2.1-1 se presenta una comparación de datos publicados sobre la fórmula rostral de las siete morfoespecies con los datos obtenidos en este estudio. Se confirma que el rostro de *M. tenellum* es único por ser muy largo y por presentar un diente rostral por detrás del margen orbital. En el resto de las especies los rangos de los valores de los diferentes elementos de la fórmula se traslapan ampliamente.

Tabla 8. 2.1-1. Revisión de la fórmula rostral de siete especies morfológicas de langostinos del género *Macrobrachium*.

**NTDD:** Número total de dientes del borde dorsal del caparazón incluyendo el diente apical rostral. **NDDR:** Número de dientes del borde dorsal del rostro desde el diente apical rostral hasta la altura del borde orbital. **NDDP:** Número de dientes del borde dorsal post-rostrales desde la altura del borde orbital hasta el borde posterior del caparazón **NTDV:** Número de dientes del borde ventral del rostro sin incluir el diente apical rostral <sup>a</sup> 16 Número máximo de dientes en juveniles.

Especie	NTDD	NDDR	NDDP	NTDV	Observaciones del autor	Referencias
<i>M. americanum</i>	11	-	4	1	Rostro corto, la porción anterior del rostro presenta una depresión y el ápice está ligeramente elevado	Bate, 1868
	11 a 14 <sup>a</sup> 16	-	4 a 6	3 a 4	Rostro corto y alto, alcanza casi el final del pedúnculo antenular. El primer diente dorsal tiene una distancia de un cuarto de la longitud del caparazón.	Holthuis, 1952
	11 a 14	-	4 a 6	3 a 4	Rostro fuertemente inclinado hacia abajo, no rebasando el extremo anterior del pedúnculo antenular	Fisher, 1995
	10 a 12	-	3 a 4	2 a 4	Rostro fuerte y arqueado alcanzando el final de pedúnculo antenular	Hernández, 2007
	11 a 14	7 a 11	3 a 5	2 a 4	Rostro arqueado llegando al tercer segmento del pedúnculo antenular al menos veces lo sobrepasa	Este estudio
	10 a 14	-	3 a 6	1 a 4	Rostro corto, arqueado, alto, inclinado hacia abajo alcanzando el final del pedúnculo antenular	Integrado de literatura
<i>M. digueti</i>	-	-	-	-	La longitud del rostro es de 11mm	Bouvier, 1895
	13 a 18	-	4 a 7	2 a 4 en general 3	El rostro es poco alto llegando al final del pedúnculo antenular	Holthuis, 1952
	14 a 16	-	6	3 a 5	Rostro recto llegando hasta el final de su pedúnculo antenular	Hernández, 2007
	15 a 17	9 a 12	5 a 6	2 a 6	Rostro recto, alto donde empuja el primer diente ventral, llega al final del pedúnculo antenular	Este estudio
	13 a 18	-	4 a 7	2 a 5	Rostro recto llegando hasta el final del pedúnculo antenular	Integrado de literatura
<i>M. hobbsi</i>	14 a 16	-	5 a 6	3 a 4	Rostro recto y rígido hacia abajo, sobrepasa el tercer artejo del pedúnculo antenular	Nates y Villalobos, 1990
	13 a 16	-	4 a 6	3 a 4	Ejemplares generalmente de talla pequeña. Rostro recto, alcanzando al final del pedúnculo antenular	Hernández, 2007
	12 a 18	7 a 13	3 a 7	2 a 6	Rostro recto, con un leve arqueado al final, sobrepasando ligeramente el tercer segmento del pedúnculo antenular	Este estudio
	13 a 16	-	4 a 6	3 a 4	Rostro recto sobrepasa o alcanza el tercer artejo del pedúnculo antenular	Integrado de literatura
<i>M. michoacanus</i>	13 a 16	-	4 a 6	3 a 5	Rostro sobrepasa ligeramente el borde distal del tercer artejo del pedúnculo antenular. El margen dorsal recto y dirigido suavemente hacia abajo en la mitad anterior	Nates y Villalobos, 1990
	14 a 15	-	4 a 6	3 a 4	Rostro recto que alcanza el último segmento del pedúnculo antenular	Hernández, 2007
	14 a 18	8 a 13	4 a 6	2 a 5	Rostro recto, alto donde empuja el primer diente ventral, llega al final del pedúnculo antenular	Este estudio
	13 a 16	-	4 a 6	3 a 5	Rostro recto sobrepasa ligeramente el tercer artejo del pedúnculo antenular.	Integrado de literatura
<i>M. occidentale</i>	-	-	5 a 6	-	Realiza una comparación de <i>occidentale</i> con <i>M. heterochirus</i>	Holthuis, 1950
	10 a 12	-	4 a 5	2 a 4	El primer diente dorsal tiene una distancia de una tercera parte del caparazón. El rostro es corto y casi alcanza la mitad del pedúnculo antenular.	Holthuis, 1952
	10 a 12	-	4 a 6	2 a 4	Rostro encorvado hacia abajo, no rebasando el extremo del pedúnculo antenular	Fisher, 1995
	11 a 14	6 a 10	4 a 7	1 a 4	Rostro corto arqueado llegando del segundo al tercer artejo del pedúnculo antenular.	Este estudio
	10 a 12	-	4 a 6	2 a 4	Rostro corto, hacia abajo no rebasa el tercer artejo del pedúnculo antenular.	Integrado de literatura
<i>M. olfersii</i>	12 a 15	-	4 o 5	3 raramente 4	El primer diente ocupa una tercera parte del caparazón. El rostro es recto, doblado hacia abajo ligeramente, llega a la final del pedúnculo antenular	Holthuis, 1952
	12 a 16	-	3	1 a 4	Rostro recto casi alcanza el final del tercer artejo del pedúnculo antenular	Hernández, 2007
	14 a 19	8 a 14	4 a 7	2 a 4	Rostro recto, con un leve arqueado al final, sobrepasando ligeramente el tercer segmento del pedúnculo antenular	Este estudio
	12 a 16	-	3 a 5	1 a 4	Rostro recto, doblado ligeramente hacia abajo alcanza el final del tercer artejo del pedúnculo antenular.	Integrado de literatura
<i>M. tenellum</i>	9 a 11	-	1	4 a 7 En general 6	El rostro es recto y ligeramente más allá del alcance escafocerito. El primero de dos dientes se encuentra detrás del borde orbital. El primer diente está separado generalmente del segundo.	Holthuis, 1952
	9 a 11	-	-	4 a 7	Rostro alargado alcanzando casi el borde anterior de la escama antenal, ligeramente encorvado hacia arriba	Fisher, 1995
	8 a 10	-	1	6 a 7	De 6 a 8 dientes del rostro se ubican en la mitad proximal y los otros cerca de la punta	Hernández, 2007
	9 a 14	8 a 13	1	4 a 9	Rostro largo, arqueado sobrepasa el pedúnculo antenular y el escafocerito	Este estudio
	8 a 13	9 a 12	1	4 a 7	Rostro largo arqueado ligeramente hacia arriba sobrepasa el pedúnculo antenular	Integrado de literatura

La identificación morfológica de ejemplares de talla pequeña toma en cuenta la forma del rostro y terminación de la cresta lateral, la forma del T4 y del T8, y la ausencia o presencia de la carina preanal (Tabla 7.2.2-1). Se confirmó lo señalado por García-Velazco *et al.* (2013), que la forma del T4 es única para *M. americanum*, *M. occidentale* y *M. tenellum* y que es consistente entre sexos. Por lo tanto, dichas estructuras son características diagnósticas adicionales para estas especies. Respecto a la morfología del T8, Short (2004) reportó que en machos de *Macrobrachium* de Australia, los lóbulos antero-laterales pueden estar bien separados, cercanamente separados o juntos posteromedialmente. El T8 en *M. tenellum* tiene los bordes separados en ambos sexos. En cambio en las otras cuatro especies, el T8 exhibe dimorfismo sexual, donde el macho tiene los lóbulos antero-laterales unidos posteromedialmente. Short (2004) reportó también que la presencia y morfología de la carina pre-anal en el esclerito inter-uropodal son características útiles para identificar especies Australianas. En el caso de las especies estudiadas, una vez más *M. tenellum* es diferente al presentar la ausencia de dicha estructura en ambos sexos, mientras que las otras cuatro especies presentan la carina pre-anal en ambos sexos (Tabla 7.2.2-1).

### **Sistemática molecular**

El análisis de la identidad molecular mostró alta congruencia entre la pre-identificación morfológica y la determinación haplotípica (Apéndice V I). La identidad molecular permite aportar conocimientos sobre la constitución haplotípica de los langostinos de estas cuencas, y más importante, permite definir el número de especies con base en información genética. Las secuencias del gen

16S son en general de las más conservadas dentro del ADN mitocondrial de vertebrados e invertebrados; sin embargo, existen diferencias importantes entre especies del género *Macrobrachium* (Schubart *et al.*, 2000). De hecho, los linajes monofiléticos obtenidos del análisis de fragmentos del gen 16S han sido utilizados para determinar especies de éste género (Murphy y Austin, 2005), incluyendo a *M. occidentale* (García-Velazco *et al.*, 2013). Bajo el concepto general de especie por linaje (De Queiroz, 1998), los resultados del análisis filogenético (Fig. 7.2.3.1-1) y de distancias genéticas sustentan la propuesta sistemática de la presente tesis que define la presencia de sólo cinco especies del género *Macrobrachium* en las cuencas de estudio. Los pares de especies morfológicas formados por *M. digueti*-*M. michoacanus* y *M. olfersii*-*M. hobbsi* mostraron haplotipos idénticos, y en el árbol filogenético estos pares de especies se agruparon en entidades monofiléticas. Con base en esta información, se propone que estos dos pares de especies nominales representan una sola entidad o linaje a nivel de especie, respectivamente. Los resultados muestran que *Macrobrachium tenellum* es el linaje más distante, quedando las otras cuatro especies o linajes como un grupo monofilético. Dentro de este grupo, *M. digueti* y *M. olfersii* exhiben una relación filogenética más cercana que con *M. americanum* y *M. occidentale* (Fig. 7.2.3.1-1). Con anterioridad, Villalobos (1969), basado en características morfológicas, y ya había señalado la hipótesis de la existencia del "grupo *olfersii*" que incluye una probable relación cercana entre *M. digueti* y *M. olfersii*.

Las distancias genéticas del modelo de Kimura-2 parámetros entre los haplotipos del gen 16S de cada especie en este estudio, resultaron del orden de

un mínimo de 0.2 % a un máximo de 1.2 % (Tablas 7.2.3.2-1 a l a 7.2.3.2-5). Pileggi y Mantelatto (2010) reportaron una divergencia genética máxima entre haplotipos 16S de *M. carcinus* de 2.9 %. Las distancias genéticas del modelo de Kimura-2 parámetros entre haplotipos 16S de las cinco especies resultaron del orden de un mínimo de 5.5 % a un máximo de 31.4 % (Tabla 7.2.3.3-1). De Bruyn *et al.* (2003) reportaron diferencias (Kimura-2 parámetros) entre haplotipos 16S de *M. rosenbergii* entre 5 y 6 %. Murphy y Austin (2005), y Pileggi y Mantelatto (2010) han reportado divergencias genéticas máximas entre haplotipos 16S de especies de *Macrobrachium* de hasta 15 %. Es importante resaltar que estos niveles de divergencia del 15 %, y el reportado aquí de hasta 31.4 %, se encuentran entre los niveles más altos encontrados entre especies, que de hecho se traslapan con las divergencias encontradas entre géneros de otros grupos de crustáceos (Fetzner y Crandall, 2001; Murphy y Austin, 2005).

Las cinco especies de *Macrobrachium* exhiben haplotipos que ocurren en ambas cuencas de estudio (Tablas 7.3.2-2 a l a 7.3.2-6), lo cual puede ser explicado por eventos de dispersión marina costera. Cuando existe conectividad y flujo de genes en un área geográfica se espera que un mismo haplotipo se encuentre en diferentes regiones de esa área geográfica (Tero *et al.*, 2003). Con análisis de fragmentos del gen COI, Cook *et al.* (2009) reportaron altas tasas de flujo genético entre ríos de Puerto Rico y sugirieron que la dispersión marina determina la estructura genética poblacional de *Macrobrachium faustinum*. García-Velazco *et al.* (2013) reportaron la presencia de los mismos haplotipos de *M. occidentale* a lo largo de las vertientes de la península y de las costas

continentales del Pacífico Mexicano, y sugieren la existencia de flujo genético, probablemente en ambas direcciones, determinado por cambios estacionales de corrientes costeras dentro del Golfo de California. Las hojas flotantes del mangle y grupos de algas a la deriva de aguas estuarinas pueden funcionar como un medio de transporte de macrocrustáceos como *Macrobrachium* (Wehrtmann y Dittel, 1990).

### **8.3. Distribución de las especies en las cuencas de estudio**

El grupo ecológico dominante de *Macrobrachium* está compuesto por especies anfídromas, las cuales parte de su ciclo de vida se desarrolla en agua dulce (Holthuis, 1980; Short, 2004; Cook *et al.*, 2009). Las cinco especies de langostinos de las cuencas de estudio se pueden considerar como anfídromas dado que han sido registradas en diversas secciones de cuencas hidrológicas, en cuerpos de agua lóticos y lénticos, tolerando amplios rangos de salinidad. *Macrobrachium occidentale* por ejemplo, ha sido recolectado río arriba en ambientes dulceacuícolas y en zonas costeras (Martínez-Guerrero, 2007; Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010; Rólier-Lara y Wehrtmann, 2011). Las cinco especies ocurrieron en las dos cuencas de estudio, sin embargo, exhibieron una distribución diferencial en la que destaca *M. tenellum* por habitar oasis de la cuenca baja en aguas oligohalinas (SDT = 1.26 a 2.77 g/L), *M. americanum* y *M. occidentale* por habitar oasis de la cuenca alta e intermedia en aguas infrahalinas y oligohalinas (0.40 a 1.66 g/L de SDT), y *M. digueti* y *M. olfersii* por ocurrir a lo largo de las cuencas de estudio en aguas tipo infrahalina y oligohalina (SDT = 0.38 a 2.87 g/L de SDT) (Apéndice VIII). En general, se considera que el ciclo de vida de los langostinos se completa



cuando las hembras ovígeras llegan a desovar a los estuarios en aguas salobres (Villalobos, 1982; Mossolin y Bueno, 2003; Rólier-Lara y Wehrtmann, 2011). Sin embargo, se ha registrado la presencia de juveniles en las cuencas de Copalita y Zimatán, lugares en donde sería imposible para estos langostinos realizar la migración a la zona estuarina para completar su ciclo reproductivo (Villalobos *et al.*, 2010). Es probable que otro tipo de sales como  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$  disueltas en el agua sean sustitutas de las sales marinas ( $\text{NaCl}$ ) que permiten que las especies completen su ciclo biológico sin necesidad de realizar migraciones hacia la porción baja de la cuenca fluvial (Villalobos-Hiriart *et al.*, 2010). En la presente investigación se observaron estadios tempranos de desarrollo (menores tallas de 0.5 mm y clases de talla 1 y 2) de *M. americanum*, *M. digueti*, *M. olfersii* y *M. tenellum* que indican que probablemente el ciclo de vida se completa en los mismos cuerpos de agua de los oasis, ya que no existió conectividad de agua superficial con las lagunas costeras en más de 33 meses anteriores.

Ensamblajes de las mismas especies registradas en este estudio han sido reportados en cuencas de México y Costa Rica. Román-Contreras (1979, 1991) estudió aspectos de la biología y ecología de *M. tenellum* de la Laguna Coyuca y Río Coyuca, del estado de Guerrero, reportando la presencia de otros langostinos como *M. acanthochirus*, *M. americanum*, *M. digueti* y *M. occidentale*. Es importante resaltar que la riqueza de especies de *Macrobrachium*, que forma parte de la integridad ecológica de dos sistemas hidrológicos intermitentes en una región árida, es la misma que presentan sistemas hidrológicos de mayor caudal y permanencia como son las cuencas oaxaqueñas del trópico mexicano. Villalobos-

Hiriart *et al.* (2010) reportaron las mismas siete morfoespecies en las cuencas de Copalita, Zimatán y Coyula en el estado de Oaxaca, registrando a *M. tenellum* como la especie más abundante. En el Río Terrabá en Costa Rica, Rolier y Wehrtmann (2011) reportaron *M. americanum*, *M. digueti* y *M. occidentale* en todos los tramos de río, mientras que *M. tenellum* se encontró principalmente en la sección baja de la cuenca.

La co-ocurrencia en espacio y tiempo de varias especies del mismo género como sucede en estos sistemas de oasis, es un punto de interés en ecología. De acuerdo a la teoría del nicho, si dos especies del mismo género co-ocurren en espacio y tiempo podrían enfrentar un proceso de exclusión competitiva (Chase y Leibold, 2003). La co-ocurrencia de multiespecies de un género ha sido reportada para otros grupos de crustáceos, y se han señalado los diversos factores potenciales que probablemente contribuyen a que ocurra dicha simpatria (Maeda-Martínez *et al.*, 1997).

Los probables factores que contribuyen a la co-ocurrencia de las especies de *Macrobrachium* en los sistemas de oasis son:

#### Factores de Hábitat

1. Características físicas (p. ej. temperatura), y químicas (p. ej. salinidad, SDT, oxígeno disuelto, pH) del agua.
2. Volumen y forma del cuerpo de agua.
3. Tipo de sustrato (p. ej. arcilla, limo, arena, grava, piedra).

4. Recursos alimenticios.
5. Interacciones interespecíficas (p. ej. depredación).
6. El rellenado estacional del cuerpo de agua.

#### Factores de las Especies

1. Diferentes estrategias de alimentación.
2. Diferentes tiempos y tasas de crecimiento, talla de maduración y estrategias reproductivas.
3. Diferencias o similitudes en las preferencias o tolerancias (amplitud ecológica) a los cambios de los factores físicos y químicos del agua en diferentes eventos estocásticos (sequía y huracanes).
4. Diferencias en comportamiento.

#### Factores Históricos

1. Presencia de especies relictas.
2. Alopatria en las especies por el aislamiento de la península.
3. Adaptación o desaparición de las especies por actividades humanas.

#### 8.4. Índices de Integridad Ecológica

Actualmente existen numerosas propuestas para establecer índices de integridad ecológica e índices de integridad biológica (Karr, 1981; Caro y O´doherty, 1999; Simaika y Samways, 2009). Para la evaluación y monitoreo de cambios en la biota acuática se han desarrollado los índices bióticos rápidos o protocolos rápidos de biovaloración los cuales se consideran como los mejores métodos para establecer la calidad ambiental de sistemas bióticos (Pérez-Munguía *et al.*, 2007). Tales índices se fundamentan en la presencia o ausencia de especies (Karr, 1981; Caro y O´doherty, 1999; Simaika y Samways, 2009). Al igual que Contreras-Balderas *et al.* (2005), en este trabajo se rechaza el concepto o idea de retardar cualquier evaluación de la integridad biológica hasta que se cuenten con bioensayos y estudios ecológicos más completos (que involucren entre otros múltiples grupos microbiológicos, vegetales, invertebrados, vertebrados, et c.) como lo requieren ciertos protocolos para otros sistemas ambientales.

Hernández *et al.* (2007) propusieron utilizar a las especies de *Macrobrachium* como indicadoras potenciales para monitorizar la integridad ecológica de los oasis. Los langostinos habitantes de los oasis son organismos que dependen de dos factores cuya ocurrencia es restringida e imprevisible: el factor de la ocurrencia de agua superficial (el cual es un recurso limitado), y el factor del rellenado estacional de los cuerpos de agua (el cual es un proceso ecológico climático). Estas características dependientes de factores ecológicos (Carignan y Villard, 2002) convierten a los langostinos en indicadores potenciales para monitorizar la integridad ecológica de los oasis (Hernández *et al.*, 2007).

En este trabajo se adopta el concepto de IIE con el objetivo de contar con una herramienta para evaluar y monitorizar el estado de salud de los oasis estudiados. Los IIE que se proponen son propios y exclusivos para oasis que tienen un cuerpo de agua tipo permanente y considera atributos ecológicos, bióticos y abióticos. Los atributos bióticos son la riqueza de especies y las especies indicadoras. Los atributos abióticos corresponden a la cantidad de S DT y a l v alor d e pH . La metodología propuesta para establecer los IIE es relativamente simple, pero requiere de personal capacitado. Al no contar con estudios previos en estos sistemas, la presente propuesta aspira, bajo el concepto de integridad evolutiva y ecológica, a constituirse en una línea base que presume que en este estudio de cuatro años se estableció la diversidad o riqueza original de especies nativas de *Macrobrachium* en estos sistemas. La otra línea base de organismos acuáticos que tiene a los peces como bioindicadores no es procedente actualmente, ya que el pez endémico *Gobiesox juniperoserrai* (cucharita peninsular) restringido a la cuenca Las Pocitas-San Hilario se considera en peligro de extinción; y la sardinilla peninsular *Fundulus lima*, otro pez endémico de oasis de la vertiente del Pacífico, ha sufrido un decremento en sus poblaciones en la cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario (Ruiz-Campos, 2012).

La presente metodología de IIE, cumple con los requisitos para el diseño de índices de integridad biótica señalados por Pérez-Munguía *et al.* (2007): costo-eficiente, válida científicamente, provee datos múltiples en un muestreo, ofrece resultados rápidos para la toma de decisiones, produce reportes científicos de más fácil acceso al público, utiliza procedimientos ambientalmente benignos, es

multimétrica, es multivariada, tiene enfoque regional (previos estudios se puede adaptar a otros oasis y cuencas). Se espera que los resultados de la aplicación de estos IIE con el modelo *Macrobrachium* sean utilizados para los planes de conservación y en su caso de restauración de estos sitios RAMSAR. La presente tesis se proyectó originalmente con la finalidad de contribuir al establecimiento de un diagnóstico del grado de afectación a la integridad ecológica que enfrentan las cuencas prioritarias Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario a través de aportar conocimientos sobre el componente carcinológico de su integridad biótica acuática.

## 9. CONCLUSIONES

1. En la cuenca Santa Rita, los oasis San Pedro de la Presa, Santa María de Toris y Agua Verde cuentan con cuerpos de agua de tipo permanente pero inestable, mientras que los oasis San Ignacio y Agua de León cuentan con cuerpos de agua de tipo temporal. En la cuenca Las Pocitas-San Hilario, sólo el oasis El Pilar cuenta con cuerpos de agua de tipo permanente, mientras que los oasis Las Cuevas, La Cuchilla, Huatamote y Santa Fe cuentan con cuerpos de agua de tipo temporal.

2. Desde el punto de vista de salinidad y sólidos disueltos totales los oasis presentaron características particulares. Los cuerpos de agua en los oasis de secciones altas de la cuenca Santa Rita (San Pedro de la Presa y Santa María de Toris) son del tipo infrahalino, en los oasis de secciones intermedias y bajas de las cuencas el agua es de tipo oligohalino. Desde el punto de vista del pH, los oasis estudiados presentaron en general, características similares, con un rango de variación de 7.2 a 9.3.

3. La taxonomía morfológica permite confirmar la presencia de siete morfoespecies de *Macrobrachium*.

4. Sin embargo, bajo el concepto general de especie por linaje (*sensu* De Queiroz, 1998), los resultados del análisis filogenético y de distancias genéticas de fragmentos del gen 16S soportan la propuesta sistemática que define la presencia de sólo cinco especies del género *Macrobrachium* en las cuencas de estudio.

5. *Macrobrachium tenellum* es el linaje más distante, quedando las otras cuatro especies o linajes como un grupo monofilético. En este grupo, *M. digueti* y *M. olfersii* exhiben una relación filogenética más cercana que con *M. americanum* y *M. occidentale*, lo cual soporta la hipótesis de la existencia de un "grupo *olfersii*".

6. Se encontraron niveles de divergencia genética de hasta 31.4 % obtenidos entre las especies del género *Macrobrachium* se encuentran entre los niveles más altos encontrados entre especies de crustáceos.

7. Se confirmó la existencia de conectividad y flujo genético entre los dos sistemas de oasis, ya que las cinco especies de *Macrobrachium* exhibieron haplotipos que ocurren en ambas cuencas de estudio. Lo anterior se podría explicar por eventos de dispersión marina costera.

8. Las cinco especies exhibieron una distribución diferencial, en la que destaca *M. tenellum* por habitar oasis de la cuenca baja en aguas oligohalinas, *M. americanum* y *M. occidentale* por habitar oasis de la cuenca alta e intermedia en aguas infrahalinas y oligohalinas, y *M. digueti* y *M. olfersii* por ocurrir a lo largo de las cuencas de estudio en aguas infrahalinas y oligohalinas por lo tanto en mismo ambiente.

9. Se observaron estadios tempranos de desarrollo (tallas menores de 0.5 mm de LC) y clases de talla 1 y 2) de *M. americanum*, *M. digueti*, *M. olfersii* y *M. tenellum*, que indican que el ciclo de vida probablemente se completa en los mismos cuerpos de agua de los oasis, ya que no existió conectividad de agua superficial con las lagunas costeras en más de 33 meses anteriores.



10. Se confirmó que la forma del esternito T4 es única para *M. americanum*, *M. occidentale* y *M. tenellum*, no presenta dimorfismo sexual. Por lo tanto, dichas estructuras son características diagnósticas adicionales para estas especies.

11. Respecto a la morfología del esternito T8, en *M. tenellum* tiene los bordes separados en ambos sexos. En cambio en las otras cuatro especies, el T8 exhibe dimorfismo sexual, donde el macho tiene los lóbulos antero-laterales unidos posteromedialmente.

12. Sobre la presencia y morfología de la carina pre-anal en el esclerito interuropodal, *M. tenellum* es diferente al presentar la ausencia de dicha estructura en ambos sexos, mientras que las otras cuatro especies presentan la carina pre-anal en ambos sexos.

13. Se propone un protocolo rápido de biovaloración para establecer la calidad ambiental de cuatro oasis, que se fundamenta en la presencia o ausencia de especies de *Macrobrachium* como indicadores potenciales para monitorizar la integridad ecológica de los oasis.

## 10. RECOMENDACIONES

1. Continuar con el inventario de los cuerpos de agua permanentes y temporales en los sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, y con el estudio de las variables básicas de la calidad del agua (p. ej. temperatura, carbonatos, minerales, metales pesados).
2. Continuar con los estudios de diversidad y filogenéticos *Macrobrachium* con el uso de otros genes mitocondriales y nucleares los cuales son básicos para profundizar el conocimiento de los linajes presentes en las cuencas.
3. Desarrollar estudios enfocados a confirmar que el ciclo de vida se completa en los mismos cuerpos de agua de los oasis.
4. Aplicar el protocolo de biovaloración (IIE) para establecer la calidad ambiental de los cuatro oasis y monitorizar su integridad ecológica.
5. Es conocido que los habitantes en estas áreas rurales capturan y utilizan langostinos de los oasis como parte de su dieta. Se recomienda a las autoridades competentes establecer un programa de manejo de este recurso considerando la información generada en esta tesis, fomentando la evaluación del uso de langostinos procedentes de los cuerpos de agua temporales y conservando aquellos de cuerpos de agua permanentes, ya que son bancos de germoplasma.
6. Las dos cuencas de estudio comprenden sistemas de drenaje compuestos por numerosos arroyos, los cuales son característicamente intermitentes. La conectividad de la cuenca alta con la cuenca baja se presenta únicamente con la

presencia de altos volúmenes de agua en la temporada de lluvias o cuando se presentan fenómenos meteorológicos como los huracanes. La biodiversidad acuática propia de cada oasis es amenazada por las extracciones de agua para actividades agrícolas. Para garantizar la permanencia de las poblaciones de *Macrobrachium* se recomienda establecer un programa de estudio y conservación de los manantiales que se constituyen como verdaderos bancos de germoplasma. Un caso documentado de banco de germoplasma es el oasis Rancho Las Cuevas en la cuenca Las Pocitas-San Hilario ( Fig. 10 -1) que se encuentra ubicado dos kilómetros al norte del oasis Las Cuevas.



A



B

Figura 10-1. Banco de germoplasma para la conservación "Oasis Rancho Las Cuevas", cuenca Las Pocitas-San Hilario. A. Manantial permanente. B. La autora con un ejemplar de langostino del género *Macrobrachium*.

## 11. LITERATURA CITADA

- Acuña, G. E. P. (2002). Estructura genética, variación isoenzimática y morfología de tres especies de *Macrobrachium* de Veracruz y Tabasco, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 187.
- Álvarez-Ruiz, M., Cabrera-Peña, J. y Solano-López, Y. (1996). Morfometría, época reproductiva y talla comercial de *Macrobrachium americanum* (Crustacea: Palaemonidae) en Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 44:127-132.
- Álvarez, F., Villalobos, J. L. y Lira, E. (1996). Decapoda. In Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento, vol. I, J. E. Llorente, A. N. García-Aldrete y E. González (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 103–129.
- Arita, H. T. (1997). Species composition and morphological structure of the bat fauna of Yucatán, México. *Journal of Animal Ecology*. 66:83-97.
- Arita, H. T. y Rodríguez, P. (2001). Ecología geográfica y macroecología. J. Llorente Bousquets y J. J. Morrone (Eds.). *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 227.
- Arriaga, L. y Rodríguez-Estrella, R. (1997). Los oasis de la península de Baja California. SIMAC-CIB. México. 292.

Arriaga-Cabrera, L., Aguilar-Sierra, V., Alcocer-Durán J., Jiménez-Rosenberg, R., Muñoz-López, E. y Vázquez Domínguez E. (1998). Regiones hidrológicas prioritarias: fichas técnicas y mapa (escala 1: 4,000,000). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Atkinson M. J. (1977). Larval Development of a Freshwater Prawn, *Macrobrachium* Lar (Decapoda, Palaemonidae). Reared in the Laboratory. *Crustaceana*, 33(2):119-132.

Barrow J. C. (1998). River basin development planning and management: a critical review. *World development*. 26:171-186.

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

Bowles, D. E., Aziz, K. y Knight, C. L. (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.

Caro, T. M. y O' Doherty, G. (1999). On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology*. 13:805-814.

Campbell, D. E. (2000). Using energy systems theory to define, measure, and interpret ecological integrity and ecosystem health. *Ecosystem Health* 6: 181-204.

- Espinosa-Pérez, H. y Castro-Aguirre J. L. (1996). A new freshwater cingfish (Pisces: Gobiidae) from Baja California Sur, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 95:120–126.
- Carignan, V. y Villard, M. A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78:45–61.
- Contreras-Balderas, S., M.L. Lozano-Vilano & M.E. García-Ramírez. 2005. Index of biological integrity, historical version, of the lower Rio Nazas, Coahuila, México, p. 225-237. *In* J. Rinne, R.M. Hughes & B. Calamusso (eds.). *Historical changes in large river fish assemblages*. American Fisheries Society, USA.
- Cotler, H. (2004). *En* Instituto Nacional de Ecología. *EIM* anejo Integral de Cuencas en México. SEMARNAT-INE. 264.
- Cook, B. D., S. Bernays, C. M., Pringle, y Hughes, J. M. (2009). Marine dispersal determines the genetic population structure of migratory stream fauna of Puerto Rico: evidence for island-scale population recovery processes. *Journal of the North American Benthological Society* 28: 709-718.
- Chase J. M. y Leibold, M. A. (2003). *Ecological Niche: Linking classical and contemporary approaches*. University of Chicago press. Chicago and London. 284.

Chen, R. T., Tsai, C. F. y Tzeng, W. N. (2009). Freshwater prawns (*Macrobrachium*) of Taiwan with special references to their biogeographical origins and dispersion routes. *Journal of Crustacean Biology* 29: 232-244.

De Bruyn, M., Wilson, J. C., y Mather, P. B. (2004). Reconciling geography and genealogy: phylogeography of giant freshwater prawns from the Lake Carpentaria region. *Molecular Ecology*. 13(11):3515-3526.

De Queiroz, K. (1998). The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation: A conceptual unification and terminological recommendations. Pages 57–75 in *Endless forms: Species and speciation* (D. J. Howard, and S. H. Berlocher, eds.). Oxford University Press, New York.

Diario Oficial de la Federación (2007). Tomo DCXLVII No. 12. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. Última reforma publicada 16-08-2007. Edición consta de tres secciones. Sección revisada: Primera sección 108.

Diario Oficial de la Federación (2012). Tomo DCCVII No. 14. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. Última reforma publicada 20-09-2012. Edición consta de cuatro secciones. Sección revisada: Primera sección 125.

Diario Oficial de la Federación (2013). Tomo DCCXVIII No. 6. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de

Servicios Parlamentarios, Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. Última reforma publicada 7-06-2013. Edición consta de tres secciones. Sección revisada: Primera sección 127.

Enkerlin, E., Amo, S. D. y Cano, G. (1997). Desarrollo Sostenible: ¿El paradigma idóneo de la humanidad?. E. Enkerlin, G. Cano, R. Garza y E. Vogel (Comps). *Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 499-526.

Fausch, D. O., Karr J. R. y Yant, P. R. (1984). Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities. *Transactions of the American Fisheries Society* 113:39-55.

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

Flores, E. Z. (1998). Geosudcalifornia. Geografía, agua y ciclones. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 277.

Fetzner, J.W. y Crandall, K. A. (2001). Genetic variation. In: *Biology of freshwater crayfish*, (ed. D. M. Holdich) 291-326. Blackwell Science, Oxford.

García-Velazco, H. (2011). Primer registro de *Macrobrachium occidentale* Holthius, 1950 en la Península de Baja California. Informe de avance, Programa de Doctorado en Ciencias, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.



- García-Velazco, H ., M aeda-Martínez, A . M ., Ob regón-Barboza, H ., R odríguez-Almaraz, G., Villalobos-Hiriart, J. L. y Murugan, G. (2013). Molecular evidence of oceanic dispersal of a disjunctly distributed amphidromous shrimp along the Pacific slope of Western North and Central America: First record of *Macrobrachium occidentale* from the Baja California Peninsula. Journal of Crustacean Biology, sometido en agosto 2013.
- Grismer, L. L. y McGuire, J. A. (1993). The oases of central Baja California, México. Part I. A preliminary account of the relict mesophilic herpetofauna and the status of the oases. Bulletin of the Southern California Academy of Sciences 92:2-24.
- Grismer, L. L. (2000). Evolutionary biogeography on Mexico's Baja California Peninsula: A synthesis of molecules and historical geology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 97:14017-14018.
- Hedgpeth, J. W. (1949). The North American Species of *Macrobrachium* (River Shrimp). Texas Journal of Science 1:28-38.
- Hedgpeth, J. W. (1957). Classification of marine environments. Geological Society of America Memoir. 67:17-28.
- 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.

Hernández-Aguilera, J. L., Toral-Alamzán, R. E., y Ruiz-Nuño, J. A. (1996).  
Especies catalogadas de crustáceos estomatópodos y decápodos para el Golfo  
de México, Río Bravo, Tamaulipas a Progreso, Yucatán. Secretaría de Marina-  
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.  
132.

Hernández, L. (2007). Revisión sistemática del género *Macrobrachium* (Decapoda:  
Palaemonidae) de la península de Baja California, México. Tesis Doctoral,  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S.  
México. 170.

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

Hernández, A. J. y Martínez, G. (1992). Notas acerca de la distribución de los  
estomatópodos y decápodos de aguas someras de isla Curión, archipiélago  
Revillagigedo, Colima, México. Proceedings of the San Diego Society of Natural  
History 19:87-92.

Holthuis, L. B. (1950). Preliminary descriptions of twelve new species of  
Palaemonidae prawns from American waters. Proceedings Vol. III. Amsterdam. 1-  
8.

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

Holthuis, L. B. (1980). Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO species catalogue. Vol. 1. FAO Fisheries Synopsis, (1):125.

Instituto de Biología. *Gobiesox juniperoserrai* Espinosa Pérez y Castro Aguirre, 1996. IBUNAM:CNPE:PE7606". UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2006-03-16. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2013. Disponible en:<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:CNPE:PE7606>

Jayachandran, K. V. (2001). Palaemonid prawns: biodiversity, taxonomy, biology and management. Enfield: Science publishers. 624.

Karr, R.J. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6:21-27.

Karr, R. J. y Dudley, D. R. (1981). Ecological perspective on water quality goals. Environmental Management 5:55-68.

Karr, J. R., Fausch, K. D., Angermeier, P. L., Yant, P. R. y Schlosser, I. J. (1986). Assessment of Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale. Illinois Natural History Survey Special Publication 5, Champaign, Illinois.

- Kimura M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*. 16:111-120.
- Lara, L. R. y Wehrtmann, I. S. (2009). Reproductive biology of the freshwater shrimp *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda: Palaemonidae) from Costa Rica, Central America. *Journal of Crustacean Biology*. 29(3):343-349.
- León de la Luz, J. L. y Domínguez C. R. (2006). Hydrophytes of the Sierra de la Giganta oases: Composition, structure, and conservation status. *Journal of Arid Environments*. 67(4): 553-565.
- León de la Luz, J. L., Rebman, J., Domínguez, R. y Domínguez, M. (2008). The vascular flora of the Sierra de La Giganta in Baja California Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79:29-65.
- 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.
- Liu, M. Y., Cai, Y. X. y Tzeng, C. S. (2007). Molecular systematics of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) inferred from mtDNA sequences, with emphasis on East Asian species. *Zoological studies TAIPEI*. 46(3):272.

- Librado, P. y Rozas, J. (2009). DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25:1451-1452.
- Lockington W. N. (1878). Notes on Pacific coast Crustacea. *Bulletin of the Essex Institute* 10:159-165.
- Maeda-Martínez, A. M., Belk, D., Obregón-Barboza, H., y Dumont, H. J. (1997). Large brachiopod assemblages common to Mexico and the United States. *Hydrobiologia*, 359(1-3):45-62.
- Maeda-Martínez, A. M. (2011). Plan de Manejo Integral del Sistema de Ocasimuc Cuenca Hidrográfica Las Pocitas (Subcuenca RH03Ag-A. Caracol) de importancia para la conservación y el desarrollo rural: Aproximación Multifuncional (Multidisciplinaria) para la sustentabilidad. Propuesta de Proyecto para convocatoria FOMIX-BCS del Programa de Planeación Ambiental y Conservación, CIBNOR.
- Martin J. W. y Davis G. E. (2001). An updated classification of the recent crustacean. No. 39. Science series. Natural history museum of Los Angeles county. Los Angeles California. 124. ISSN 1-891276-27-1
- Martínez-Guerrero, B. (2007). Nuevos registros de camarones carídeos intermareales (Crustacea: Caridea) de la costa de Oaxaca, México. 47-53, In: Hendrickx, M.E. (ed.). Contribuciones al estudio de los Crustáceos del Pacífico este. 4(2). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

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

Mendoza-Alfaro, R. E., Rodríguez-Almaraz G. A. y Castillo-Alvarado S. A. (2011). Riesgo de dispersión y posibles impactos de los acociles australianos del género *Cherax* en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 140.

Bogotá, Colombia. Ministerio del ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010). Definición de criterios para la delimitación de páramos de país y lineamientos para su conservación. Memorias del Taller de definición de los diferentes tipos de páramos del país y de lineamientos para su conservación. Informe final. Parte 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recopiladora Ángela Caro Díaz. 76.

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

Murphy, N. P. y Austin, C. M. (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.

- Omkar, R. M. y Shukla, G. S. (2011). On the occurrence of *Macrobrachium amarrei* (H. Milne Edwards) in the Ramgarh lake, Gorakhpur, with a note on the variations of its rostral characters. *Indian Journal of Fisheries*, 31(3):372-373.
- Parrish, J. D., Braun, D. P. y Unnasch, R. S. (2003). Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience*. 53(9):851-860.
- Palumbi, S. R., Martin, A. P., Romano, S., MacMillan, W. O., Sibley, L. y Grabowsky, G. (1991). *The simple fool's guide to PCR*. University of Hawaii. 28.
- Pérez-Munguía, R., Pineda, R. y Medina, M. (2007). Integridad biótica en ambientes acuáticos, p. 71-11. In *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Sánchez, Ó., Herzing, M., Peters, E., Márquez, R. y Zambrano, L. (eds.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, INE, U.S. Fish and Wildlife Service, Unidos para la Conservación A.C., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Pileggi, L. G. y Mantelatto, F. L. (2010). Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. *Invertebrate Systematics*. 24(2):194-208.
- Sitios Ramsar (Ramsar 1971). CONANP. (2012) obtenida de <http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>

- 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. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.. 208.
- Rólier-Lara, L. U. I. S. y Wehrtmann, I.S. (2011). Diversity, abundance and distribution of river shrimps (Decapoda: Caridea) in the largest river basin of Costa Rica, Central America. *New Frontiers in Crustacean Biology*. 15:197-211.
- 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* 257:73-380.
- Rodríguez, P., Oberón, J. y Arista, H. T. (2003). El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana* 89:241-259.
- 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, R., Ortega, A. L., y Mejía, L. M. (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(1), 186-194.
- Román-Contreras, R. (2004). The genus *Probopyrus* Giard and Bonnier, 1888 (Crustacea: Isopoda: Bopyridae) in the eastern Pacific with seven new records for Mexico. *Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico este*, 3, 153-168.
- Rozas, J., Sánchez-Del Barrio, J. C., Messeguer, X. y Rozas, R. (2003). DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. *Bioinformatics*, 19:2496-2497.
- Ruiz-Campos, G. y Contreras-Balderas, S. (1987). Ecological and zoogeographical check-list of the continental fishes of the Baja California Peninsula. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 17:105-117.
- Ruiz-Campos, G. (2000). Threatened fishes of the world: *Fundulus lima* Vaillant, 1894. (Fundulidae). *Environ. Bio. Fish.* 59,20.

- Ruiz-Campos, G., Contreras-Balderas, S., Andreu-Soler, A., Varela-Romero, A., y Campos, E. (2012). An annotated distributional checklist of exotic freshwater fishes from the Baja California Peninsula, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1):216-234.
- Saitou, N. y Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*. 4:406-425.
- Savage J. M. (1960). Evolution of a peninsular herpetofauna. *Systematic Zoology*. 9(3-4):184- 212.
- Schubart, C. D., Neigel, J. E. y Felder, D. L. (2000) The use of the mitochondrial 16S rRNA gene for phylogenetic and population studies of Crustacea. *Crustacean Issues* 12:817-830.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación* (segunda sección). 30-12-2010. 78.
- Secretaría de Economía. Norma Oficial Mexicana NOMX-AA-159-SCFI-2012 Que establece el procedimiento para la determinación de la carga ecológica en cuencas hidrológicas. *Diario Oficial de la Federación* (primera sección). 20-09-2012. 123.

Secretaría de Promoción y Desarrollo Económico ( SPDE). ( 2011). Proyecto Estratégico de Desarrollo Sustentable: Ocaso Sudcalifornianos. Gobierno del Estado de Baja California Sur. Coordinación General de Desarrollo Sustentable, 16.

SEMARNAT ( 2007). Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas La Purísima, Mezquital Seco, Santo Domingo, Bramonas, Santa Rita, Las Pocitas-San Hilario, Conejos-Los Viejos, Melitón Albañez, La Matanza, Cañada Honda, Todos Santos, Pescadero, Plutarco E. Calles, Migriño y El Carrizal, mismos que forman parte de la Región Hidrológica Numero 3 Baja California Suroeste. Diario Oficial de la Federación (primera sección) 1-25.

Simaika, J. P. y Samways, M. J. ( 2009). An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biodiversity and Conservation*. 18(5):1171-1185.

Shorts, J. W. ( 2004). A revision of Australian river prawns *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) *Hydrobiologia*. 525(1-3):1-100.

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.

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

Southwood, T. R. E. (1992). Ecological methods. Chapman and Hall, London, 24: 524.

Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M. y Kumar, S. (2011). Molecular Evolutionary Genetics Analysis Using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. Mol. Biol. Evol. 28(10):2731–2739.

Tamura, K., Dudley, J., Nei, M. y Kumar, S. (2007). MEGA 4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. Molecular Biology and Evolution. 24:1596-1599.

Tero, N., Aspi, J., Siikamäki, P., Jakalanemi, A. y Tuomi, J. (2003). Genetic structure and gene flow in a metapopulation of an endangered plant species, *Silene tatarica*. Molecular Ecology 12: 2073-2085.

Villalobos, F. A. (1966). Estudio de los Palaemonidae de México. 1. *Macrobrachium acanthochirus* n. sp., de la suroeste de México. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México 37:167-173.

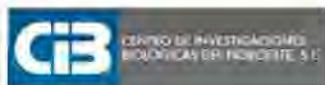
Villalobos, A. (1969). Problemas de especiación en América de un grupo de Palaemonidae del género *Macrobrachium*. Actas de la Conferencia Científica Mundial sobre Biología y Cultivo de Camarones y Gambas. FAO Fisheries Reports 3:1055–1066.

- Villalobos, F. A. (1982). Decápoda. 215-239. En: Hurlbert, S. y Villalobos-Figueroa, A. (eds). Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies. San Diego State University-Universidad Autónoma Metropolitana, San Diego, California.
- Villalobos-Hiriart, J. L., Cantú, A. y Lira-Fernández, E. (1993). Los crustáceos de agua dulce de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 44:267-290.
- Villalobos-Hiriart, J. L., Álvarez, F., Hernández, C., Lanza-Espino, G. y González-Mora, I. D. (2010). Crustáceos decápodos de las cuencas Copalita, Zimatán y Coyuya, en Oaxaca México. *Revista mexicana de biodiversidad*. 81:99-111.
- Wehrtmann, I. S. y Dittel, A. I. (1990). Utilization of floating mangrove leaves as a transport mechanism of estuarine organisms, with emphasis on decapod Crustacea. *Marine Ecology Progress Ser.* 60:67-73.
- Whitehead, P. J. P. (1990). Systematics and endangered species. *Systematics Zoological*. 39(2): 179-184.
- 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 Hendrickx, M. E. (2003). An updated checklist of benthic marine and brackish water shrimps (Decapoda: Penaeoidea, Stenopodidea, Caridea) from the Eastern Tropical Pacific. 49-76. En: Hendrickx, M. (ed.). *Contributions to the study of Eastern Pacific Crustaceans*. 2. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

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

# APÉNDICE I

## Formato de Morfología Básica del Género *Macrobrachium*



Colección de Crustacea  
Formato de Morfología Básica del Género  
*Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae)

Nombre científico del ejemplar:										
Clave del lote (No. de recolecta):					Clave del ejemplar:					
Cuenca hidrológica:					Localidad:					
Fecha de recolecta:					Nombre del recolector(es):					
Segunda pleura cubre la 1era y 3era pleuras:					si		no			
Quelras del segundo par de pereópodos:					isoquelas		heteroquelas			
Espacio interdactilar:					presente		ausente			
Longitud del isquio:										mm
Longitud del mero:										mm
Longitud del carpio:										mm
Longitud del propodio: (distancia entre el borde anterior y el borde posterior (= borde distal del dactilo inmóvil del propodio))					mm	setas	espinas	tubérculos	pubescencia	
Longitud del dactilo inmóvil: (distancia entre el borde anterior y el borde posterior (= borde distal del dactilo inmóvil del propodio))					mm	Tipo de ornamentación	dientes		No. dientes:	
							si	no		
Longitud del dactilo móvil: (desde el borde distal ventral del propodio hasta el borde distal del dactilo móvil)					mm	Tipo de ornamentación	dientes		No. dientes:	
							si	no		
Longitud total del rostró: (distancia desde el borde orbital del caparazón hasta el diente distal rostral)										mm
Alcance del rostró sobre el pedúnculo antenular:					primer segmento	segundo segmento	tercer segmento	Sobrepasa el pedúnculo		
Forma del rostró: = Sobre pasa el pedúnculo antenular es largo y si no sobre pasa el pedúnculo antenular es corto:					rostró largo:			rostró corto:		
Número total de dientes del borde dorsal del caparazón incluyendo el diente apical rostral:										
Número de dientes del borde dorsal del rostró: (desde el diente apical rostral hasta la altura del borde orbital)										
Número de dientes del borde dorsal post-rostrales: (desde la altura del borde orbital hasta el borde posterior del caparazón)										
Longitud del borde dorsal dentado: (distancia desde el borde anterior del diente apical rostral hasta el borde posterior del último diente dorsal del caparazón)										mm
Número de dientes del borde ventral del rostró: (sin incluir el diente apical rostral)										
Longitud total del borde ventral dentado: (distancia desde el borde anterior del diente ventral distal hasta el borde anterior orbital)										mm
Longitud específica del borde ventral dentado: (distancia desde el borde anterior del diente ventral distal hasta el borde anterior del último diente ventral. No incluye el diente apical rostral)										mm
Longitud del cefalotórax sin rostró: (distancia desde el borde anterior orbital hasta el borde posterior dorsal del caparazón)										mm
Longitud del cefalotórax con rostró: (distancia desde el borde posterior dorsal del caparazón hasta el diente apical del rostró)										mm
Presenta espinas en el cefalotórax:					si		no			
					espinas supraorbital		espinas suborbital		espinas antenas	
					espinas branquioestegal		espinas pterigostomial		espinas hepáticas	
Sexo:					hembra		nd	macho		
Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3	Estadio 4	Estadio 5	Estadio 6	Estadio 7	Estadio 8	Estadio 9	Estadio 10	
5-10mm	10.1-15mm	15.1-20mm	20.1-25mm	25.1-30mm	30.1-35mm	35.1-40mm	40.1-45mm	45.1-50mm	50.1-55mm	
Observaciones: AM=Alejandra Meade GM=Gael Mirugan CL=Clase Camacho HG=Humberto Gerós OC=Olivia Campos										
Nombre del revisor:										

## APÉNDICE II

### Clases de talla

Medidas utilizadas para determinar la clase de talla de cada ejemplar de acuerdo a la longitud del cefalotórax (distancia desde el borde anterior orbital hasta el borde posterior dorsal del caparazón)

Clases de Talla	Longitud Cefálica (L.C.)
<5.00 mm	<5.00 mm
1	5.1-10 mm
2	10.1-15 mm
3	15.1-20 mm
4	20.1-25 mm
5	25.1-30 mm
6	30.1-35 mm
7	35.1-40 mm
8	40.1-45 mm
9	45.1-50 mm
10	50.1-55 mm
11	55.1-60 mm
12	60.1-65 mm
13	65.1-70 mm
14	70.1-75 mm



## APÉNDICE III

### Protocolo para la extracción de ADN utilizando el método Cell & Tissue Puregene Kit ®

Se realizó la extracción de músculo en la quinta pleura abdominal.

#### Lisis celular

En el tubo eppendor con el músculo agregar 400 µL de solución de lisis celular y macerar con un pistilo de vidrio. Agregar 10 µL de Proteinase K mezclando varias veces. Incubar a 55°C por 15 minutos. Se vuelven a macerar con un pistilo de vidrio y se dejan toda la noche incubando a 55°C para la digestión.

#### Tratamiento de ARNasa

A la mañana siguiente, agregar 3 µL de ARNasa y mezclar varias veces. Incubar a 37°C por 40 minutos.

#### Precipitación de proteínas

Agregar 100 µL de solución precipitadora de proteínas. Agitar en el vórtex por 20 segundos y congelar las muestras por 4 minutos. Colocar en la centrífuga a 15,000 rpm por 5 minutos a 20° C. Rotular tubos nuevos. Recuperar el sobrenadante en los tubos eppendor nuevos rotulados previamente.

### Precipitación de ADN

Agregar 500  $\mu$ l de isopropanol absoluto frío mezclando bien. Colocar en la centrífuga a 15,000 rpm por 7 minutos. Eliminar sobrenadante sin perder el pellet que se formó.

Agregar 500  $\mu$ L de etanol al 70% que está refrigerado y lavar el pellet. Nuevamente colocar en la centrífuga a 15,000 rpm por 7 minutos. Eliminar el sobrenadante sin perder el pellet. Dejar secar a temperatura ambiente durante 30 minutos.

### Hidratación ADN

Agregar 70  $\mu$ L de solución hidratante de ADN. Se incuba a 37°C por 10 minutos.

Una vez extraído el ADN se verificó mediante electroforesis en gel de agarosa al 1% aplicando un voltaje de 70v durante 30 minutos. El gel fue visualizado en un fotodocumentador.

## APÉNDICE IV

### Protocolo para la amplificación del fragmento del gen 16S

Previamente se realizan las diluciones (dependiendo el caso) y el templado. Para la amplificación del fragmento del gen 16S ARNr ADNmt se realizó empleando los iniciadores 1471 B [5pm] y 1472 B [5pm].

#### Templado

El volumen final de la ADNt y el agua sigma es de 10  $\mu$ L. Rotulados los tubos eppendor con el ADNt se agrega agua sigma (la cantidad varia por muestra).

#### Mezcla maestra

La mezcla para PCR tuvo un volumen final de 50  $\mu$ L y consistió de:

10  $\mu$ L de ADNt como templado

26.3  $\mu$ L de agua sigma

5  $\mu$ L del buffer 10 $\times$  para PCR

2  $\mu$ L MgCl<sub>2</sub>

0.5  $\mu$ L dNTPs

3  $\mu$ L 1471 B [5pm]

3  $\mu$ L 1472 B [5pm]

0.2  $\mu$ L Taq polimerasa

Las condiciones del termociclador fueron:

1 ciclo de desnaturalización previa del ADNt a 94°C durante 4 minutos

35 ciclos de desnaturalización a 94°C por 30 segundos

35 ciclos de alineamiento a 53°C por 30 segundos

35 ciclos de extensión a 72°C por 30 segundos

1 ciclo de extensión adicional a 72°C por 5 minutos

1 ciclo de extensión adicional a 25°C por 5 minutos

Las amplificaciones del gen 16S fueron verificadas por electroforesis en gel de agarosa al 1%, y visualizados en el fotodocumentador.

Los productos amplificados de Ig en 16s obtenidos fueron enviados a la compañía Macrogen en Corea del Sur para su secuenciación.

Nota: cabe mencionar que algunos productos se les realizó purificación y reamplificaciones antes de ser enviados a su secuenciación.

## APÉNDICE V

### Protocolo para la purificación de ADN utilizando el método Gel Band Purification Kit ®

#### Recuperación de ADN

En los productos amplificados que se tienen que purificar se les agrega 350  $\mu$ L de buffer de captura de ADN.

Se rotulan los contenedores y se les coloca una columna posteriormente se agrega el ADN amplificado con el buffer de captura. Se centrifuga a 16,000 rpm por 45 segundos. Se tira el líquido del contenedor.

#### Lavado de ADN

En el contenedor limpio se vuelve a colocar la columna, se agrega 450 $\mu$ L de buffer de lavado. Se centrifuga a 16,000 rpm por 45 segundos.

#### Elución de ADN

Se coloca la columna en un tubo eppendorf rotulado. Agregar 30 $\mu$ L de buffer de elución. Hidratar por 1 minuto. Se centrifuga a 16,000 rpm por 1 minuto.

Los productos purificados y reamplificados del gen 16s fueron enviados a la compañía MacroGen en Corea del Sur para su secuenciación.

## APÉNDICE VI

### Porcentaje de congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica (16S).

VI.1. Congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica (16S) de 33 ejemplares de *Macrobrachium americanum* = 75.8%.

No.	L.C.	Sexo	Clave Ejemplar	Fecha	Cuenca	Oasis	Determinación Morfológica	Determinación Haplotípica
1	4.6	hembra	CATO499	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. hobbsi</i>
2	4.9	hembra	CATO500	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. hobbsi</i>
3	7	macho	CATO501	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. hobbsi</i>
4	8	hembra	CATO367	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. hobbsi</i>
5	8.9	macho	CATO921;Mh127	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
6	14.2	macho	CATO518;Mh151	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
7	14.4	hembra	CATO389;Mh193;M161.1	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
8	14.4	macho	CATO521;Mh152	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
9	15	macho	CATO519;Mh149;M165.1	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
10	16.2	macho	CATO721;Mh137	01.08.2009	Santa Rita	Agua de León	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
11	16.9	hembra	CATO1116;Mh144;M153.1	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
12	17.3	macho	CATO922;Mh125	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
13	21.6	hembra	CATO349;Mh67	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
14	22.7	hembra	CATO327;Mh185	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
15	23.9	hembra	CATO347;Mh66	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
16	25.6	macho	CATO348;Mh72	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
17	25.8	hembra	CATO354;Mh65	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
18	26	hembra	CATO887;Mh49	01.08.2009	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
19	26.7	hembra	CATO326;Mh184	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
20	27.2	hembra	CATO350;Mh64	25.05.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
21	27.6	macho	CATO324;Mh113	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
22	28.4	hembra	CATO352;Mh63	25.05.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
23	29.7	hembra	CATO343;Mh75	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
24	31.7	macho	CATO345;Mh73	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
25	33.5	macho	CATO353;Mh61	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
26	33.5	macho	CATO325;Mh111	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
27	33.5	macho	CATO323;Mh112	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
28	33.6	hembra	CATO346;Mh74	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
29	35.8	macho	CATO344;Mh71	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
30	42.3	hembra	CATO44;Mh101	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
31	46.1	macho	CATO322;Mh110	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
32	59	macho	CATO36;Mh3	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>
33	59.9	macho	CATO38;Mh2	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. americanum</i>	<i>M. americanum</i>

VI.2. Congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica ( 16S) de 12 ejemplares de *Macrobrachium digueti* = 100%.

No.	L.C.	Sexo	Clave Ejemplar	Fecha	Cuenca	Oasis	Determinación morfológica	Determinación haplotípica
1	10.3	hembra	CATO249	26.06.2011	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. digueti</i>
2	13.7	macho	CATO233;Mh44	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
3	13.8	hembra	CATO397;Mh198;M160.1	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
4	15	macho	CATO228;Mh34	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
5	16.5	hembra	CATO1125;Mh210	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
6	23.3	macho	CATO419;Mh55	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. digueti</i>	<i>M. digueti</i>
7	25.3	macho	CATO241	26.06.2011	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. digueti</i>	<i>M. digueti</i>
8	25.9	macho	CATO929;Mh121	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. digueti</i>	<i>M. digueti</i>
9	27.4	macho	CATO927;Mh118	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. digueti</i>	<i>M. digueti</i>
10	27.6	macho	CATO928;Mh120	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. digueti</i>	<i>M. digueti</i>
11	29.1	macho	CATO930;Mh119	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. digueti</i>	<i>M. digueti</i>
12	29.7	macho	CATO926;Mh117	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. digueti</i>	<i>M. digueti</i>

VI.3. Congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica ( 16S) de 31 ejemplares de *Macrobrachium michoacanus* = 77.4%.

No.	L.C.	Sexo	Clave Ejemplar	Fecha	Cuenca	Oasis	Determinación morfológica	Determinación haplotípica
1	4.1	hembra	CATO508	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. hobbsi</i>
2	5	hembra	CATO509	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. hobbsi</i>
3	8.6	macho	CATO510	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. hobbsi</i>
4	10.3	hembra	CATO249	26.06.2011	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. digueti</i>
5	13.4	macho	CATO219;Mh43	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
6	13.5	macho	CATO216;Mh33	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
7	14	macho	CATO218;Mh46	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
8	14.9	macho	CATO541;Mh220;M164.4	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
9	15	macho	CATO539;Mh221;M164.5	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
10	16.5	hembra	CATO392;Mh191;M162.1	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
11	16.6	macho	CATO373;Mh69	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
12	17.1	macho	CATO378;Mh68	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
13	17.4	macho	CATO377;Mh70	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
14	18	macho	CATO220;Mh31	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
15	18.3	hembra	CATO540;Mh222	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
16	18.6	macho	CATO1040;Mh213	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
17	19	macho	CATO430;Mh114	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. olfersii</i>
18	19.5	macho	CATO536;Mh223;M164.2	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. olfersii</i>
19	19.9	macho	CATO431;Mh53	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. olfersii</i>
20	20.3	macho	CATO429;Mh115	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
21	21.9	macho	CATO943;Mh99	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
22	22.4	macho	CATO433;Mh54	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
23	22.7	macho	CATO434;Mh52	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
24	23.7	macho	CATO934;Mh100	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
25	24.1	macho	CATO432;Mh56	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
26	26.6	macho	CATO931;Mh96	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
27	27	macho	CATO1119;Mh146	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
28	27.4	macho	CATO537;Mh219	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
29	27.6	macho	CATO1129;Mh57;M154.1	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
30	28.2	macho	CATO933;Mh98	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>
31	29.8	macho	CATO932;Mh97	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. michoacanus</i>



VI.4. Congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica ( 16S) de 23 ejemplares de *Macrobrachium olfersii* = 65.2%.

No.	L.C.	Sexo	Clave Ejemplar	Fecha	Cuenca	Oasis	Determinación morfológica	Determinación haplotípica
1	8.9	macho	CATO921;Mh127	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
2	11.5	macho	CATO 529;Mh217	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. occidentale</i>	<i>M. olfersii</i>
3	14.4	hembra	CATO389;Mh193;M161.1	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
4	16.2	macho	CATO721;Mh137	01.08.2009	Santa Rita	Agua de León	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
5	16.4	hembra	CATO1042;Mh214	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
6	16.6	macho	CATO1043;Mh215	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
7	17.3	macho	CATO922;Mh125	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. americanum</i>	<i>M. olfersii</i>
8	17.5	macho	CATO424;Mh60	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
9	17.7	macho	CATO1126;Mh211	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
10	18	macho	CATO422;Mh58	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
11	18	macho	CATO1127;Mh208	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
12	18.2	macho	CATO421;Mh59	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
13	18.7	macho	CATO720;Mh138	01.08.2009	Santa Rita	Agua de León	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
14	19	macho	CATO430;Mh114	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. olfersii</i>
15	19.1	macho	CATO1117;Mh148;M152.2	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
16	19.3	macho	CATO420;Mh116	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
17	19.5	macho	CATO536;Mh223;M164.2	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. olfersii</i>
18	19.9	macho	CATO431;Mh53	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. michoacanus</i>	<i>M. olfersii</i>
19	21	macho	CATO924;Mh123	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
20	21.1	macho	CATO1122;Mh209	23.05.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
21	22.2	macho	CATO925;Mh124	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
22	22.9	macho	CATO1118;Mh147;M152.1	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>
23	23.8	macho	CATO923;Mh122	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. olfersii</i>	<i>M. olfersii</i>

VI.5. Congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica ( 16S) de 55 ejemplares de *Macrobrachium hobbsi* = 83.6%.

No.	L.C.	Sexo	Clave Ejemplar	Fecha	Cuenca	Oasis	Determinación morfológica	Determinación haplotípica
1	4	hembra	CATO502	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
2	4.1	hembra	CATO508	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
3	4.5	hembra	CATO503	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
4	4.6	hembra	CATO499	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
5	4.7	hembra	CATO504	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
6	4.7	hembra	CATO505	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
7	4.8	hembra	CATO506	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
8	4.9	hembra	CATO500	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
9	5	hembra	CATO509	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
10	7	macho	CATO501	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
11	8	hembra	CATO367	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
12	8.1	macho	CATO507	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
13	8.6	macho	CATO510	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
14	8.8	macho	CATO792;Mh143	18.07.2009	Santa Rita	Agua Verde	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
15	8.9	macho	CATO789;Mh139	18.07.2009	Santa Rita	Agua Verde	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
16	9.1	macho	CATO790;Mh140	18.07.2009	Santa Rita	Agua Verde	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
17	9.5	macho	CATO793;Mh142	18.07.2009	Santa Rita	Agua Verde	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
18	9.5	macho	CATO902;Mh182;M158.4	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
19	9.7	macho	CATO791;Mh141	18.07.2009	Santa Rita	Agua Verde	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
20	10.2	macho	CATO891;Mh131	01.08.2009	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
21	10.2	macho	CATO892;Mh132	01.08.2009	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
22	10.4	macho	CATO1035;Mh41	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
23	10.5	macho	CATO888;Mh133	01.08.2009	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
24	10.5	hembra	CATO394;Mh201	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
25	11	macho	CATO890;Mh130	01.08.2009	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
26	11.2	macho	CATO395;Mh202	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
27	12.4	hembra	CATO393;Mh199;M160.2	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
28	12.8	hembra	CATO725;Mh173;M157.1	22.05.2010	Santa Rita	Agua de León	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
29	13.5	macho	CATO229;Mh36	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
30	13.7	macho	CATO233;Mh44	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
31	13.8	hembra	CATO397;Mh198;M160.1	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
32	14.3	macho	CATO396;Mh200	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
33	14.3	macho	CATO550;Mh224;M163.3	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
34	14.8	hembra	CATO900;Mh181;M158.2	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
35	14.8	hembra	CATO901;Mh183	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
36	15	macho	CATO228;Mh34	27.06.2009	Las Pocitas-San Hilario	El Pilar	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
37	15	macho	CATO1036;Mh40	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
38	16.3	hembra	CATO545;Mh228	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
39	16.4	hembra	CATO1042;Mh214	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
40	16.5	hembra	CATO1125;Mh210	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. digueti</i>
41	16.6	macho	CATO1043;Mh215	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
42	16.6	macho	CATO719;Mh136	01.08.2009	Santa Rita	Agua de León	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
43	16.7	hembra	CATO549;Mh226	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
44	17.5	hembra	CATO548;Mh225	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
45	17.7	macho	CATO1126;Mh211	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
46	17.9	macho	CATO1124;Mh206;M151.4	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>

47	18	macho	CATO1127;Mh208	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>
48	18.3	hembra	CATO547;Mh227	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
49	18.9	macho	CATO899;Mh180;M158.3	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
50	18.9	macho	CATO1128;Mh205;M151.2	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
51	19	macho	CATO437;Mh50	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
52	19.3	hembra	CATO903;Mh179;M158.1	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
53	19.9	macho	CATO462;Mh51	02.08.2009	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
54	20.9	macho	CATO1123;Mh207;M151.3	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. hobbsi</i>
55	21.1	macho	CATO1122;Mh209	23.05.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. hobbsi</i>	<i>M. olfersii</i>

VI.6. Congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica ( 16S) de 66 ejemplares de *Macrobrachium occidentale* = 98.5%.

No.	L.C.	Sexo	Clave Ejemplar	Fecha	Cuenca	Oasis	Determinación morfológica	Determinación haplotípica
1	6.9	macho	CATO514	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
2	7	hembra	CATO530;Mh218	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
3	7.4	macho	CATO497	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
4	8.2	hembra	CATO511	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
5	8.5	macho	CATO329;Mh190	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
6	8.6	hembra	CATO512	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
7	8.7	hembra	CATO496	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
8	8.8	macho	CATO513	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
9	9	hembra	CATO495	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
10	9.2	macho	CATO333;Mh187	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
11	9.3	hembra	CATO316	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
12	9.3	macho	CATO332;Mh186	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
13	9.7	macho	CATO527;Mh216	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
14	10	hembra	CATO330;Mh189	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
15	10.3	macho	CATO528;Mh154	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
16	11.3	hembra	CATO331;Mh188	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
17	11.5	macho	CATO 529;Mh217	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. occidentale</i>	<i>M. offersii</i>
18	11.6	macho	CATO314;Mh19	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
19	11.9	macho	CATO358;Mh162	25.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Huatomote	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
20	12	hembra	CATO320	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
21	12.3	hembra	CATO304	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
22	12.3	macho	CATO913;Mh159;M157.5	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
23	12.6	macho	CATO318	26.09.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
24	12.8	macho	CATO522;Mh153	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
25	12.8	hembra	CATO400;Mh197;M159.1	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatomote	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
26	13	hembra	CATO391;Mh194	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatomote	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
27	13.1	macho	CATO520;Mh150;M165.2	23.05.2010	Santa Rita	Santa María de Toris	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
28	13.2	macho	CATO315	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
29	13.2	macho	CATO256;Mh21	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
30	13.3	macho	CATO317	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
31	13.3	macho	CATO39;Mh172	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
32	13.6	macho	CATO289	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
33	13.7	macho	CATO270	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
34	14.3	macho	CATO254;Mh20	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
35	14.6	macho	CATO255;Mh22	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
36	14.7	macho	CATO268	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
37	14.7	macho	CATO313;Mh23	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
38	15.2	macho	CATO41;Mh170	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
39	15.3	macho	CATO253;Mh18	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
40	15.3	hembra	CATO399;Mh196	30.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatomote	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
41	16.1	macho	CATO911;Mh155;M156.1	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
42	16.3	macho	CATO390;Mh192	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatomote	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
43	16.8	hembra	CATO16;Mh104	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
44	17.2	hembra	CATO19;Mh107	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
45	17.7	macho	CATO281	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
46	17.9	macho	CATO299	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	La Cuchilla	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>

47	18.1	macho	CATO18;Mh106	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
48	18.5	macho	CATO398;Mh195;M159.2	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Huatamote	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
49	18.7	hembra	CATO11;Mh14	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
50	19	hembra	CATO13;Mh16	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
51	19.4	macho	CATO920;Mh126	02.08.2009	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
52	19.6	hembra	CATO12;Mh15	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
53	19.8	hembra	CATO912;Mh158;M157.4	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
54	20.5	macho	CATO15;Mh103	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
55	21.2	hembra	CATO20;Mh109	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
56	22.1	macho	CATO5;Mh8	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
57	22.5	macho	CATO1115;Mh145;M151.1	23.05.2010	Santa Rita	San Pedro de la Presa	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
58	22.6	macho	CATO10;Mh13	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
59	22.7	hembra	CATO17;Mh105	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
60	23.4	macho	CATO9;Mh12	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
61	24.2	macho	CATO909;Mh157;M157.3	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
62	24.6	macho	CATO910;Mh156;M157.2	23.05.2010	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
63	25.5	macho	CATO1;Mh4	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
64	26	macho	CATO14;Mh102	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
65	27.2	macho	CATO3;Mh6	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>
66	27.9	macho	CATO6;Mh9	26.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Las Cuevas	<i>M. occidentale</i>	<i>M. occidentale</i>

VI.7. Congruencia entre la determinación morfológica y la determinación haplotípica (16S) de siete ejemplares de *Macrobrachium tenellum* = 100%.

No.	L.C.	Sexo	Clave Ejemplar	Fecha	Cuenca	Oasis	Determinación morfológica	Determinación haplotípica
1	3.5	hembra	CATO515	29.05.2010	Las Pocitas-San Hilario	Santa Fe	<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>
2	14.4	hembra	CATO404;Mh79	18.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Santa Fe	<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>
3	19.1	macho	CATO402;Mh77	18.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Santa Fe	<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>
4	21.9	macho	CATO885;Mh48	01.08.2009	Santa Rita	San Ignacio	<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>
5	23.2	hembra	CATO403;Mh76	18.07.2009	Las Pocitas-San Hilario	Santa Fe	<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>
6	24.8	macho	CATO847;Mh81	22.05.2010	Santa Rita	Agua Verde	<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>
7	28.9	macho	CATO839;Mh80	22.05.2010	Santa Rita	Agua Verde	<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>

## APÉNDICE VII

### Número, clases de talla y sexo de los ejemplares examinados de cinco especies de *Macrobrachium*.

VII. 1. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm
2009	♀				
	♂				
2010	♀			[1]	
	♂		[1]		
2011	♀		[1]		
	♂		[1]		[1]
2012	♀				
	♂				

VII. 2. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Santa María de Toris, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm	30.1-35 mm	35.1-40 mm	40.1-45 mm	45.1-50 mm
2009	♀									
	♂									
2010	♀	[6]								
	♂	[3]	[7]							
2011	♀									
	♂									
2012	♀				[1]		[1]			
	♂									[1]

VII. 3. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Ignacio, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm
2009	♀					[1]
	♂					
2010	♀	[1]				
	♂					
2011	♀					
	♂					
2012	♀					
	♂					

VII. 4. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua de León, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm
2009	♀			
	♂		[1]	
2010	♀			
	♂			
2011	♀			
	♂			
2012	♀			
	♂			

VII. 5. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Las Cuevas, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm	30.1-35 mm	35.1-40 mm	40.1-45 mm	45.1-50 mm	50.1-55 mm	55.1-60 mm	60.1-65 mm
2009	♀												
	♂										[1]	[1]	[1]
2010	♀			[2]									
	♂			[1]				[1]					[1]
2011	♀												
	♂												
2012	♀												
	♂												

VII. 6. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis La Cuc hilla, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm	30.1-35 mm	35.1-40 mm	40.1-45 mm	45.1-50 mm
2009	♀	[18]	[1]							
	♂	[1]								
2010	♀	[1]			[1]	[1]				
	♂					[1]	[1]			[2]
2011	♀						[1]		[1]	
	♂	[1]						[1]		
2012	♀									
	♂									

VII. 7. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Huatamote, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm	30.1-35 mm	35.1-40 mm
2009	♀	[4]	[1]		[2]	[5]	[1]	
	♂	[3]	[3]			[1]	[2]	[1]
2010	♀							
	♂							
2011	♀							
	♂							
2012	♀							
	♂							

VII. 8. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium digueti* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm
2009	♀					
	♂				[3]	[15]
2010	♀	[8]		[2]		
	♂	[7]	[1]	[1]	[2]	[1]
2011	♀					
	♂				[1]	[1]
2012	♀				[1]	[1]
	♂					



VII. 9. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium digueti* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Santa María de Toris, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm
2009	♀					
	♂			[1]	[5]	[2]
2010	♀			[2]		
	♂		[3]	[1]		[1]
2011	♀					
	♂					
2012	♀					
	♂					

VII. 10. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium digueti* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua Verde, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm
2009	♀	
	♂	
2010	♀	
	♂	[2]
2011	♀	
	♂	
2012	♀	
	♂	

VII. 11. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium digueti* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis La Cuc hilla, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm
2009	♀				
	♂				[1]
2010	♀				
	♂				
2011	♀			[1]	
	♂				
2012	♀				
	♂				

VII. 12. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium digueti* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Huatamote, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm
2009	♀	[6]		
	♂	[3]	[6]	[5]
2010	♀		[1]	[1]
	♂			
2011	♀			
	♂			
2012	♀			
	♂			

VII. 13. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium digueti* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis El Pilar, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm
2009	♀					
	♂		[6]	[4]	[1]	
2010	♀					
	♂					
2011	♀		[1]			
	♂					[1]
2012	♀					
	♂					

VII. 14. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium occidentale* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm
2009	♀				
	♂			[1]	
2010	♀	[3]			
	♂	[1]	[1]		[1]
2011	♀				
	♂				
2012	♀				
	♂				

VII. 15. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium occidentale* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Santa María de Toris, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm
2009	♀		
	♂		
2010	♀	[4]	
	♂	[2]	[5]
2011	♀		[1]
	♂		
2012	♀		
	♂		

VII. 16. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium occidentale* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Ignacio, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm
2009	♀				
	♂				
2010	♀	[2]		[1]	[1]
	♂		[3]	[1]	[2]
2011	♀				
	♂				
2012	♀				
	♂				

VII. 17. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium occidentale* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Las Cuevas, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm
2009	♀			[3]	[1]	
	♂				[6]	[3]
2010	♀		[6]	[7]	[3]	
	♂		[1]	[4]	[2]	[1]
2011	♀					
	♂					
2012	♀					
	♂					

VII. 18. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium occidentale* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis La Cuc hilla, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm
2009	♀	[140]	[7]	
	♂	[51]	[41]	18
2010	♀	[1]	[1]	
	♂	[2]	[1]	
2011	♀			[2]
	♂			
2012	♀			
	♂			

VII. 19. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium occidentale* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Huatamote, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm
2009	♀	[1]	[2]		
	♂	[2]	[4]		
2010	♀		[1]		[1]
	♂			[2]	
2011	♀				
	♂				
2012	♀				
	♂				

VII. 20. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm
2009	♀	[20]	[10]	[2]		
	♂	[11]	[34]	[41]	[8]	[1]
2010	♀	[32]	[3]	[1]		
	♂	[23]	[8]	[6]	[3]	
2011	♀	[1]	[14]	[13]	[1]	
	♂		[5]	[7]	[5]	
2012	♀			[3]	[3]	
	♂					

VII. 21. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Santa María de Toris, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm
2009	♀	[3]	[2]			
	♂	[1]	[13]	[40]	[1]	[1]
2010	♀	[73]	[7]	[6]		
	♂	[74]	[15]	[2]	[1]	
2011	♀		[10]	[1]		
	♂			[4]	[5]	
2012	♀	[1]	[1]	[3]		
	♂			[1]		

VII. 22. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Ignacio, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm
2009	♀	[63]	[1]	
	♂	[61]	[6]	
2010	♀		[7]	[1]
	♂	[5]		[1]
2011	♀		[1]	
	♂			
2012	♀			
	♂			

VII. 23. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua de León, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm
2009	♀	[176]	[3]	[1]	
	♂	[212]	[75]	[8]	
2010	♀		[1]		
	♂				
2011	♀		[2]		
	♂				[1]
2012	♀				
	♂				

VII. 24. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua Verde, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm
2009	♀	[5]	
	♂	[24]	[1]
2010	♀	[1]	
	♂	[12]	
2011	♀		
	♂		
2012	♀		
	♂		

VII. 25. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis La Cuc hilla, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm
2009	♀	[19]		
	♂	[6]	[1]	
2010	♀			
	♂			
2011	♀			[2]
	♂			
2012	♀			
	♂			

VII. 26. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Huatamote, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm
2009	♀	[10]	[1]	
	♂	[27]	[7]	[1]
2010	♀		[3]	
	♂		[2]	
2011	♀			
	♂			
2012	♀			
	♂			

VII. 27. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium olfersii* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis El Pilar, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm
2009	♀	[34]		
	♂	[85]	[10]	[1]
2010	♀			
	♂			
2011	♀		[3]	[2]
	♂			[4]
2012	♀			
	♂			

VII. 28. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium tenellum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis San Ignacio, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	<5.0mm	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm
2009	♀			[1]		
	♂					[1]
2010	♀			[1]		
	♂		[3]	[1]		
2011	♀				[1]	
	♂		[1]			
2012	♀					
	♂					

VII. 29. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium tenellum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua de León, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	<5.0mm	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm	30.1-35 mm	35.1-40 mm
2009	♀								
	♂		[1]						
2010	♀								
	♂			[2]	[2]	[2]			
2011	♀					[4]	[1]	[1]	
	♂						[3]		[1]
2012	♀								
	♂								

VII. 30. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium tenellum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua Verde, Cuenca Santa Rita, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	<5.0mm	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm	30.1-35 mm
2009	♀		[89]	[29]				
	♂		[103]	[14]	[1]			
2010	♀	[9]	[200]	[9]	[4]			
	♂	[28]	[137]	[25]	[12]	[13]	[1]	
2011	♀				[3]	[2]		
	♂				[4]		[3]	[1]
2012	♀							
	♂							

VII. 31. Clases de talla y sexo de los ejemplares de *Macrobrachium tenellum* recolectados en los años 2009 al 2012 en el oasis Santa Fe, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S., México. El número de ejemplares se encierra en corchetes.

Años	Sexo	<5.0mm	5-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	20.1-25 mm	25.1-30 mm	30.1-35 mm
2009	♀		[11]	[3]		[1]		
	♂		[7]	[5]	[1]			
2010	♀	[364]	[250]	[17]	[22]	[4]		
	♂		[221]	[136]	[29]	[3]		[1]
2011	♀		[2]	[1]	[1]	[12]	[1]	
	♂			[2]	[6]	[4]		[6]
2012	♀							
	♂							



## APÉNDICE VIII

### Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012, en los 10 oasis de estudio de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, Baja California Sur, México.

VIII.1. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis San Pedro de la Presa, Cuenca Santa Rita, B.C.S. México, y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>
San Pedro de la Presa	27.06.2009	-	-	-	-	-	-			-	18	1	127	-
	23.05.2010	26.8	0.64	0.3	0.40	8.2	9.7-10.3	infrahalino	Oasis con agua superficial permanente	2	22	6	76	-
	12.06.2011	30.0	0.67	0.3	0.40	8.6	12	infrahalino		3	2	-	46	-
	18.03.2012	26.0	0.60	0.3	0.38	8.2	-	infrahalino	-	2	-	6	-	

VIII.2. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis Santa María de Toris, Cuenca Santa Rita, B.C.S. México, y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>
Santa María de Toris	02.08.2009	-	-	-	-	-	-			-	8	-	61	-
	23.05.2010	28.9	0.83	0.4	0.51	8.3	9.1-10	infrahalino	Oasis con agua superficial permanente	16	7	11	180	-
	03.07.2011	29.6	0.97	0.4	0.58	8.1	8.6	infrahalino		-	-	1	18	-
	18.03.2012	25.0	0.87	0.4	0.56	7.9	-	infrahalino	3	-	-	6	-	

VIII.3. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis San Ignacio, Cuenca Santa Rita, B.C.S. México, y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>
San Ignacio	01.08.2009	36.9	2.55	1.3	1.26	-	-	oligohalino	2009 oasis en varios cuerpos de agua superficial.	1	-	-	131	2
	23.05.2010	22.0	1.95	1.1	1.35	8.7	8.7-9.1	oligohalino		1	-	10	14	5
	03.07.2011	32.7	4.35	2.0	2.47	8.6	13.4	oligohalino	-	-	-	1	2	
	18.03.2012	17.9	7.27	4.7	5.47	8.2	-	mesohalino	-	-	-	-	-	

VIII.4. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua de León, Cuenc a Santa Rita, B.C.S. México y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>olfersii</i>	<i>tenellum</i>
	01.08.2009	33.9	4.94	2.7	2.58	7.9	-	oligohalino		1	-	-	475	1
Agua de León	22.05.2010	28.6	4.55	2.3	2.77	7.8	11	oligohalino	2012 oasis sin agua superficial	-	-	-	1	6
	03.07.2011	31.3	4.91	2.3	2.81	8.3	13.5	oligohalino		-	-	-	3	10
	18.03.2012	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-

VIII.5. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis Agua Verde, Cuenc a Santa Rita, B.C.S. México y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>olfersii</i>	<i>tenellum</i>
Agua Verde	18.07.2009	31.4	4.37	2.3	2.24	8.3	-	oligohalino		-	-	-	30	236
	22.05.2010	25.8	4.24	2.2	2.72	8.1	8-11	oligohalino	Oasis con agua superficial permanente	-	2	-	13	438
	03.07.2011	25.7	3.34	1.7	2.14	7.9	0.3	oligohalino		-	-	-	-	13
	17.03.2012	21.7	4.36	2.5	3	7.5	-	oligohalino		-	-	-	-	-

VIII.6. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis Las Cuevas, Cuenc a Las Pocitas-San Hilario, B.C.S. México y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>olfersii</i>	<i>tenellum</i>
Las Cuevas	26.07.2009	28.8	1.15	0.6	0.56	8.8	-	oligohalino		3	-	13	-	-
	29.05.2010	31.0	0.84	0.4	0.49	9.3	14.5	infrahalina		5	-	24	-	-
	26.06.2011	-	-	-	-	-	-		2011 y 2012 oasis sin agua superficial	-	-	-	-	-
	18.03.2012	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-

VIII.7. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis La Cuchilla, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S. México y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>
La Cuchilla	26.07.2009	34.2	1.44	0.7	0.68	8.1	-	oligohalino		20	1	257	26	-
	29.05.2010	28.5	1.58	0.7	0.95	8.2	9.1-10	oligohalino		7	-	5	-	-
	26.06.2011	27.6	2.64	1.3	1.66	8.4	9.2	oligohalino		4	1	2	2	-
	26.06.2011	27.6	2.91	1.4	1.80	8.5	10.4	oligohalino	2011 y 2012 cuerpo fraccionado en dos con poca agua superficial	-	-	-	-	-
	18.03.2012	23.1	3.50	1.9	2.35	8.1	-	oligohalino		-	-	-	-	-
	18.03.2012	18.9	4.33	2.6	3.18	8.3	-	oligohalino		-	-	-	-	-

VIII.8. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis Huatamote, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S. México y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>
Huatamote	27.06.2009	34.7	1.66	0.8	0.78	-	-	oligohalino		23	20	8	46	-
	29.05.2010	26.4	1.32	0.6	0.84	-	8.5-9.4	oligohalino	oasis con poca agua superficial	-	2	5	5	-
	26.06.2011	28.4	1.89	0.9	1.16	8.1	9.4	oligohalino		-	-	-	-	-
	23.03.2012	21.7	1.38	0.7	0.96	7.6	-	oligohalino		-	-	-	-	-

VIII.9. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis El Pilar, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S. México y especies registradas del género *Macrobrachium* con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>
El Pilar	27.06.2009	20.3	5.36	2.9	2.87	-	-	oligohalino		-	11	-	130	-
	29.05.2010	33.9	0.95	0.4	0.53	8.5	12.1	infrahalino		-	-	-	-	-
	26.06.2011	33.9	0.95	0.4	0.53	8.5	12.1	infrahalino	oasis con varias pozas de agua superficial y permanente	-	2	-	9	-
	05.07.2011	25.0	2.22	1.1	1.43	7.3	1.0	oligohalino		-	-	-	-	-
	05.07.2011	26.7	1.98	1.0	1.24	8.4	8.8	oligohalino		-	-	-	-	-
	18.03.2012	21.1	0.76	0.4	0.53	7.5	-	infrahalino		-	-	-	-	-

VIII.10. Valores de las variables físicas y químicas de la calidad de agua obtenidos en los años 2009 al 2012 en el oasis Santa Fe, Cuenca Las Pocitas-San Hilario, B.C.S. México y especies del género *Macrobrachium* registradas con el número de individuos recolectados y tipo de agua basado en la salinidad según Hedgpeth (1957).

Oasis	Fecha	Temperatura °C	Conductividad mS	Salinidad g/L	SDT g/L	pH	OD ppm	Tipo de agua	Observaciones	<i>americanum</i>	<i>digueti</i>	<i>occidentale</i>	<i>offersii</i>	<i>tenellum</i>
Santa Fe	18.07.2009	32.9	3.64	1.9	1.86	8.1	-	oligohalino		-	-	-	-	28
	18.07.2009	30.6	2.15	1.1	1.04	8.2	-	oligohalino	cuerpo fraccionado en dos	-	-	-	-	-
	29.05.2010	25.0	3.74	2.0	2.42	7.9	3-7.5	oligohalino		-	-	-	-	1047
	05.07.2011	25.0	2.22	1.1	1.43	7.3	1.0	oligohalino		-	-	-	-	35
	05.07.2011	26.7	1.98	1.0	1.24	8.4	8.8	oligohalino		-	-	-	-	-
	17.03.2012	20.4	1.83	1.0	1.31	7.7	-	oligohalino	2011 y 2012 oasis con poca agua superficial	-	-	-	-	-
	17.03.2012	21.0	1.71	0.9	1.30	7.2	-	oligohalino		-	-	-	-	-