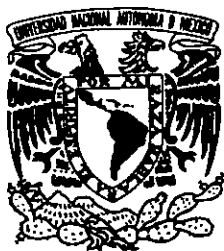


00341  
2  
2uj



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS SENSORIALES DEL  
CEFALÓN DEL ISÓPODO *Creaseriella anops* CREASER, 1936  
(ISOPODA: CIROLANIDAE) EN SISTEMAS ANQUIHALINOS  
DE QUINTANA ROO, MÉXICO**

**TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE  
ESPECIALIDAD EN MICROSCOPIA ELECTRÓNICA  
APLICADA A LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**P R E S E N T A:  
BIÓL. LUIS ALBERTO OSEGUERA PÉREZ**

**DIRECTORA:  
DRA. ELVA ESCOBAR BRIONES**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F. 1999**

**TESIS CON  
FALLA DE CUBRILLO**

274411



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## CONTENIDO

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Índice de Tablas            | i   |
| Índice de Figuras           | ii  |
| Resumen                     | iii |
| Introducción                | 1   |
| Antecedentes                | 2   |
| Descripción de la especie   | 2   |
| Área de estudio             | 4   |
| Hipótesis                   | 5   |
| Objetivo                    | 5   |
| Metodología                 | 5   |
| Resultados                  | 7   |
| Primer segmento del cefalón | 7   |
| Anténula                    | 9   |
| Antena                      | 13  |
| Discusión                   | 15  |
| Conclusiones                | 17  |
| Literatura Citada           | 18  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Condiciones ambientales del sistema Nohoch Nah Chich, Quintana Roo                      | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Caracterización y tipo de setas en los apéndices cefálicos de <i>Creaseriella anops</i> | 10 |

## CONTENIDO

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Índice de Tablas            | i   |
| Índice de Figuras           | ii  |
| Resumen                     | iii |
| Introducción                | 1   |
| Antecedentes                | 2   |
| Descripción de la especie   | 2   |
| Área de estudio             | 4   |
| Hipótesis                   | 5   |
| Objetivo                    | 5   |
| Metodología                 | 5   |
| Resultados                  | 7   |
| Primer segmento del cefalón | 7   |
| Anténula                    | 9   |
| Antena                      | 13  |
| Discusión                   | 15  |
| Conclusiones                | 17  |
| Literatura Citada           | 18  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Condiciones ambientales del sistema Nohoch Nah Chich, Quintana Roo                      | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Caracterización y tipo de setas en los apéndices cefálicos de <i>Creaseriella anops</i> | 10 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Esquema de <i>Creaseriella anops</i> ; a) Vista dorsal del adulto. b) Vista ventral de la lámina frontal.   | 3  |
| <b>Figura 2.</b> Ubicación geográfica del sistema Nohoch Nah Chich.  | 4  |
| <b>Figura 3.</b> Secuencia de la estrategia metodológica seguida para la preparación de los isópodos para su observación al MEB.   | 6  |
| <b>Figura 4.</b> Primer segmento del cefalón de <i>Creaseriella anops</i> . a: Ubicación de las fotografías en el primer segmento del cefalón. b: Vista anterior del primer segmento del cefalón. c: Escamas, porción central del primer segmento del cefalón. d: Ángulo distolateral izquierdo, donde se observa la sutura con microvellosidades.   | 8  |
| <b>Figura 5.</b> Setas con punta sensorial del primer segmento del cefalón de <i>Creaseriella anops</i> . a: Distribución de las seis setas con punta sensorial en el primer segmento del cefalón. b: Seta 1 con punta sensorial y articulación intracuticular del primer segmento del cefalón.  | 9  |
| <b>Figura 6.</b> Pedúnculo de la antena de <i>Creaseriella anops</i> . a: Ubicación de las fotografías en el pedúnculo de la anténula. b: Conjunto de setas plumosas en el segundo artejo. c: Setas plumosas donde se observan las sétulas.  | 11 |
| <b>Figura 7.</b> Flagelo de la anténula de <i>Creaseriella anops</i> . a: Ubicación de fotografías en el flagelo de la anténula. b: Arreglo de esteta, conjunto de setas y seta con punta sensorial. c: Setas simples y esteta con poro terminal y articulación supracuticular. d: Seta con punta sensorial y articulación intracuticular. e: Conjunto de setas simples del último artejo y esteta del penúltimo artejo. | 12 |
| <b>Figura 8.</b> Pedúnculo de la antena de <i>Creaseriella anops</i> . a: Ubicación de los cuatro grupos de setas en el pedúnculo de la antena. b: Conjunto de seis setas simples.   | 13 |
| <b>Figura 9.</b> Flagelo de la antena de <i>Creaseriella anops</i> . a: Ubicación de fotografías en el flagelo de la antena. b: Arreglo del conjunto de setas simples y seta con punta sensorial. c: Conjunto de cuatro setas simples, donde se observa su articulación supracuticular. d: Seta con punta sensorial y articulación intracuticular. e: Último artejo, con conjunto de cinco setas simples y seta serrada  | 14 |

## RESUMEN

Es de gran interés el estudio de las adaptaciones evolutivas de los organismos que habitan en sistemas de cuevas sumergidas donde existe una obscuridad total y un escaso suministro de alimento. *Creaseriella anops* es un organismo dominante de sistemas de cuevas anquihalinas en el noreste de la Península de Yucatán. Este isópodo tiene que encontrar la materia orgánica para poder mantenerse y reproducirse, por lo que desarrolló o modificó estructuras sensoriales que le permitan interactuar con el medio acuático troglobio. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue describir las estructuras sensoriales del cefalón, anténula y antena de *C. anops*. Los especímenes fueron colectados en el Sistema Nohoch Chich (20°11' y 20°17' N y 87°23' y 87°29' O). Este sistema es oligotrófico con una temperatura constante (25.6-28.3 °C), una concentración de oxígeno disuelto variable (2.17 mg L<sup>-1</sup> en fondo y de 7.02 mg L<sup>-1</sup> en superficie) y una salinidad entre 12.5 g L<sup>-1</sup> (superficie) y 34.6 g L<sup>-1</sup> (fondo). El material colectado se fijó con glutaraldehído al 2.5% y postfijó con tetraóxido de osmio al 2%. Posteriormente los cefalones se deshidrataron y secaron por el método de "punto crítico", se montaron y cubrieron con Au-Pd (1:1). Las observaciones y micrografías se tomaron en un Microscopio Electrónico de Barrido JEOL-JSM5410LV. Todo el cuerpo del isópodo carece de pigmentación y está cubierto por pequeñas escamas (22-28 μm). Carece de ojos, en el área donde se deberían ubicar éstos se encontraron dos suturas y seis setas con punta sensorial que es posible que le sirvan para percibir vibraciones en la parte anterodorsal durante su desplazamiento. En las anténulas se encontraron estructuras de tipo mecanoreceptor, setas plumosas y setas con punta sensorial además de estructuras de naturaleza quimiorreceptora de alta eficiencia estetas; éstas últimas facilitan la búsqueda, detección y localización del alimento. El último artejo presentó un conjunto de seis setas simples. La antena cuenta con grupos de seta simples en el pedúnculo y el flagelo. Las estructuras del pedúnculo perciben por su naturaleza los cambios químicos del sedimento mientras que a las del flagelo se les atribuye una función mecanoreceptora. En el último artejo del flagelo de la antena se encontró una seta serrada.

## INTRODUCCIÓN

El tipo de fauna que habita los sistemas anquihalinos es muy particular, en especial en los pasajes de las cuevas donde existe oscuridad total y es el suministro de alimento escaso. El estudio de las adaptaciones evolutivas de los organismos que habitan este tipo de ambientes resulta ser de gran interés (Newell 1976).

En estos ambientes un número vasto de organismos tienen órganos visuales rudimentarios o carecen completamente de ellos (George 1981). Esto se debe a que la visión deja de ser útil para la detección del alimento. Otras adaptaciones a la vida troglobia son la ausencia de pigmentación en todo el cuerpo y la disminución frecuentemente en talla y/o en sus apéndices (Holsinger 1986). Quizás la adaptación evolutiva más importante de estos organismos es la especialización de órganos o estructuras táctiles y sensoriales (George 1981), las cuales dan eficiencia para la percepción de presas y depredadores, así como en la búsqueda de pareja. La disponibilidad del alimento es limitada por la ausencia de fotosíntesis, primer peldaño de la cadena alimenticia (Kaufman 1994) y por la distancia de las regiones donde ésta se genera.

El estudio de la morfología de las microestructuras sensoriales que se encuentran en la superficie del tegumento de los crustáceos ha sido un tema estudiado desde los años ochentas (Tyson & Sullivan 1979, Halcrow & Bousfield 1987); éste se ha apoyado en los avances de la microscopía electrónica (Felgenhauer 1987, Tatsuki *et al.* 1989).

En crustáceos troglobios, la percepción la aporta la especialización del sistema setal, expresado principalmente en quimiorreceptores y mecanorreceptores sobre el tegumento del exoesqueleto (George 1981). Las estructuras mecanoreceptoras son las encargadas de la detección de movimientos y vibraciones en el agua, que se producen a su alrededor generadas por presas o depredadores (Wägele 1993). Las estructuras quimioreceptoras son utilizadas principalmente para la detección de compuestos y moléculas que permiten reconocer la composición y origen del alimento de los organismos (Laverack 1989, Wägele 1993). Pruebas electrofisiológicas y estudios de comportamiento han permitido reconocer que existen dos tipos de setas quimioreceptoras; las olfativas y las gustativas (Laverack 1989, Kaufman 1994). Las primeras son utilizadas en la detección y localización del alimento en distancias grandes, así como la detección de moléculas o compuestos que generan comportamientos sociales complejos. Estos incluyen la reproducción sexual y la comunicación intraespecífica (Laverack 1989, Kaufman 1994). Las setas quimioreceptoras se localizan principalmente en las antenas y anténulas (Wägele 1993). Las

segundas, de naturaleza gustativa, tienen doble función, son quimiorreceptoras y mecanorreceptoras y se activan durante la localización del alimento en distancias cortas, así como durante la manipulación e ingestión del alimento (Laverack 1989, Kaufman 1994). Las setas gustativas están situadas principalmente en los maxilípedos y periópodos (Crouau 1989, Kaufman 1994).

### **Antecedentes**

Los primeros estudios biológicos en la zona de estudio son descriptivos como el de Hall (1936), Pearse (1936, 1938) y Redell (1977, 1981) quienes describen la fauna de cenotes y cuevas de la Península de Yucatán. Iliffe (1993) menciona la fauna troglobia acuática de la Península de Yucatán e indica que 22 especies, entre crustáceos y peces, son endémicos de la zona. Otros trabajos sobre crustáceos y peces son los de Furtos (1936), Hobbs & Hobbs (1976), Hobb (1979) y Hubbs (1936, 1938).

Existen diversos trabajos enfocados a isópodos troglobios en México dada su elevada diversidad. La mayor parte de ellos son descripciones de nuevas especies como las de Contreras-Balderas & Purata-Velarde (1982), Creaser (1936, 1938), Bowman (1975, 1982, 1987), Bowman & Franz (1982), Pérez-Aranda (1984), Rodríguez-Almazán & Bowman (1995). Schultz (1969) sintetiza el conocimiento de la diversidad de isópodos marinos en general y Kensley & Schotte (1989) de los que habitan en el Caribe; en ambos trabajos se incluyen isópodos troglobios. Otros estudios describen la respuesta de los isópodos a los diferentes factores que prevalecen en las cuevas sumergidas (Bolívar & Pietain 1950, Elliott & Mitchell 1973, Pohlman 1995, Elder & Dodds 1996).

Los trabajos realizados sobre la descripción de la ultraestructura externa de la fauna carcinológica de ambientes troglobios son escasos, entre éstos se puede mencionar el de Felgehauer & Felder (1996) y el de Schram & Lewis (1989), quienes describen la morfología del cefalón y los apéndices bucales de remipedios, respectivamente.

### **Descripción de la especie**

*Creaseriella anops*, Creaser 1936 (Figs. 1a y b)

*Cirolana anops*, Creaser 1936; *Creaseriella anops*, Schultz 1969: 187, fig. 294 (a, b y c); Kensley & Schotte 1989: 137-138, fig. 61 (a y b); Iliffe 1993: 679-680.



Diagnosis: Miden de 15.5 a 18 mm de longitud total. Capacidad de enrollar su cuerpo. Carece completamente de ojos compuestos y laterales, así como de pigmentación en todo el cuerpo. Presenta una lamina frontal de forma pentagonal, que es más larga que ancha, con un borde transversal en la parte más ancha (Fig. 1b). El endito del maxilípodo presenta de cuatro a cinco ganchos. El pleotelson es más ancho que largo, con un margen posterior redondeado con crenulaciones. Ambas ramas de los urópodos son redondeadas y los margenes portan espinas y setas distales.

Hábitat: Invertebrado dominante de las cuevas de sistemas anquihalinos de Yucatán y Quintana Roo, México. Se encuentra tanto en aguas dulces como en aguas salobres y marinas.

Notas ecológicas: Los ejemplares capturados en diversos estudios provienen de charcas de agua dulce de cuevas de Yucatán y Quintana Roo, colectados con trampas usando sebo (Iliffe 1993). Los recolectados en este estudio provienen de pasajes enteramente sumergidos.

Los isópodos se desarrollan en ambientes cavernícolas al igual que en mar profundo; son organismos comunmente omnívoros y carroñeros. Algunos estudios reconocen que pueden llegar a comer bacterias (Elder & Dodds 1996). Por esta razón, son importantes para el reciclaje de nutrientes en este tipo de ambientes (Schultz 1969). En peracáridos de cuevas la detección y localización del alimento a gran distancia se realiza mediante las estructuras quimiorreceptoras (olfativas) que se encuentran en el flagelo de las anténulas y antenas, principalmente. Una vez localizado el alimento, existe un contacto con las

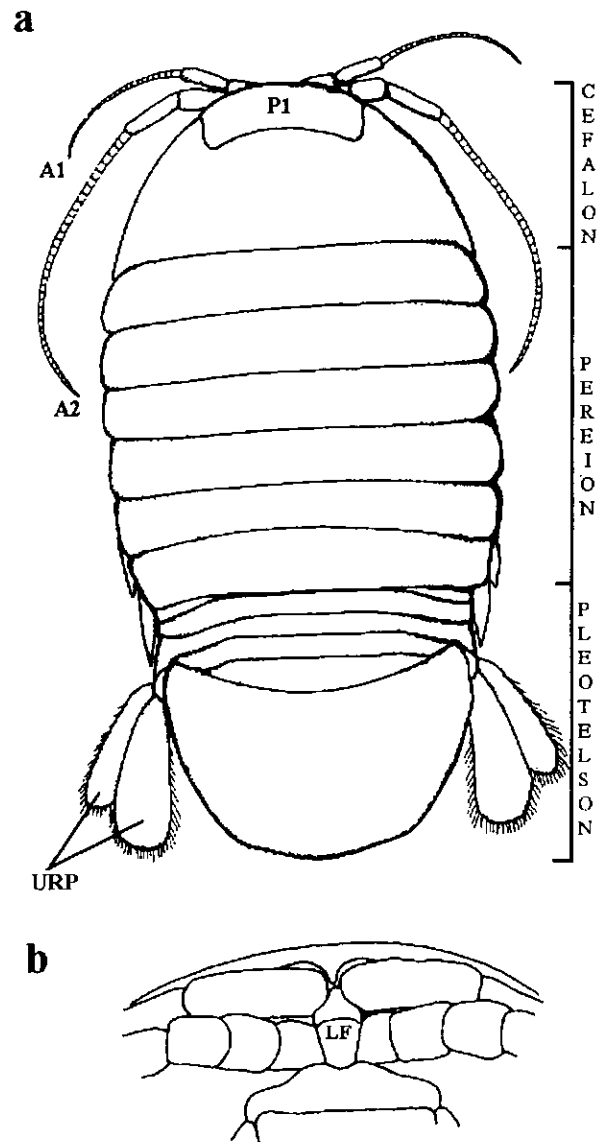


Figura 1. Esquema de *Creaseriella anops*. a) Vista dorsal del adulto (A1=anténula, A2=antena, P1=primer segmento del cefalón, URP=urópodos). b) Vista ventral de la lámina frontal. (LF) (Modificado de Kensley & Schotte 1989).

anténulas para encontrarlo. Posteriormente, se colocan sobre el alimento y utilizan los períodos para caracterizarlo con estructuras gustativas. Finalmente el alimento es colocado en las partes bucales para la ingestión (Crouau 1989, Kaufman 1994).

## ÁREA DE ESTUDIO

La región de estudio comprende la parte noreste del estado de Quintana Roo y está ubicada entre los  $20^{\circ}11'$  y  $20^{\circ}17'$  de latitud norte y los  $87^{\circ}23'$  y  $87^{\circ}29'$  de longitud oeste (Fig. 2).

El área está conformada por sedimentos marinos y arrecifes coralinos del Mioceno y del Plioceno

constituidos por calizas (Back y Hanshaw 1970), con un relieve que no sobrepasa los 200 metros sobre el nivel del mar (Maderey 1967). El clima de la Península de Yucatán es tropical, corresponde al tipo Aw de la clasificación de Köppen, descrito como cálido subhúmedo con lluvias en verano (García 1988). El clima del área de estudio es  $Aw_2$  que corresponde al más húmedo dentro del tipo Aw (García 1988). La temperatura se mantiene constante a lo largo del año, fluctuando de  $23^{\circ}C$  en enero hasta alcanzar un máximo de  $28^{\circ}C$  en mayo. El promedio anual de precipitación es 1000 mm (Back & Hanshaw 1970). La infiltración casi iguala a la evaporación, mientras que el escurrimiento superficial es nulo (Maderey 1967). La vegetación corresponde a selva alta subperenifolia (Maderey 1967, García 1988).

El sistema de cuevas sumergidas donde se realizó la colecta se conoce como Nohoch Nah Chich (que en maya significa "Gran jaula de pájaros). Muchas de las cuevas del sistema son anquihalinas (Stock *et al.* 1986), esto es, contienen una capa de agua marina en el fondo y una de agua dulce en la superficie separadas por una haloclina localizada, generalmente, entre los 10

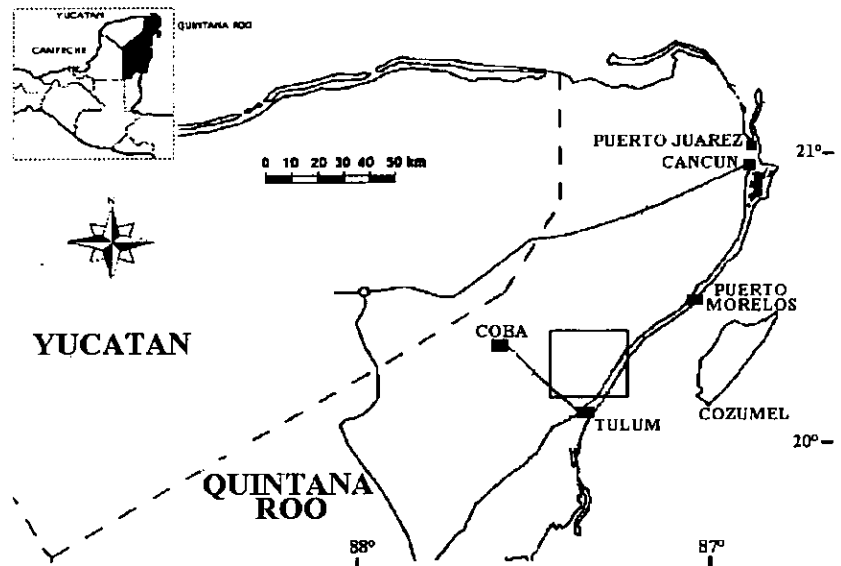


Figura 2. Ubicación geográfica del sistema anquialino Nohoch Nah Chich (Recuadro).

anténulas para encontrarlo. Posteriormente, se colocan sobre el alimento y utilizan los períopodos para caracterizarlo con estructuras gustativas. Finalmente el alimento es colocado en las partes bucales para la ingestión (Crouau 1989, Kaufman 1994).

## ÁREA DE ESTUDIO

La región de estudio comprende la parte noreste del estado de Quintana Roo y está ubicada entre los  $20^{\circ}11'$  y  $20^{\circ}17'$  de latitud norte y los  $87^{\circ}23'$  y  $87^{\circ}29'$  de longitud oeste (Fig. 2).

El área está conformada por sedimentos marinos y arrecifes coralinos del Mioceno y del Plioceno

constituidos por calizas (Back y Hanshaw 1970), con un relieve que no sobrepasa los 200 metros sobre el nivel del mar (Maderey 1967). El clima de la Península de Yucatán es tropical, corresponde al tipo Aw de la clasificación de Köppen, descrito como cálido subhúmedo con lluvias en verano (García 1988). El clima del área de estudio es Aw<sub>2</sub> que corresponde al más húmedo dentro del tipo Aw (García 1988). La temperatura se mantiene constante a lo largo del año, fluctuando de  $23^{\circ}\text{C}$  en enero hasta alcanzar un máximo de  $28^{\circ}\text{C}$  en mayo. El promedio anual de precipitación es 1000 mm (Back & Hanshaw 1970). La infiltración casi iguala a la evaporación, mientras que el escurrimiento superficial es nulo (Maderey 1967). La vegetación corresponde a selva alta subperenifolia (Maderey 1967, García 1988).

El sistema de cuevas sumergidas donde se realizó la colecta se conoce como Nohoch Nah Chich (que en maya significa "Gran jaula de pájaros"). Muchas de las cuevas del sistema son anquihalinas (Stock *et al.* 1986), esto es, contienen una capa de agua marina en el fondo y una de agua dulce en la superficie separadas por una haloclina localizada, generalmente, entre los 10

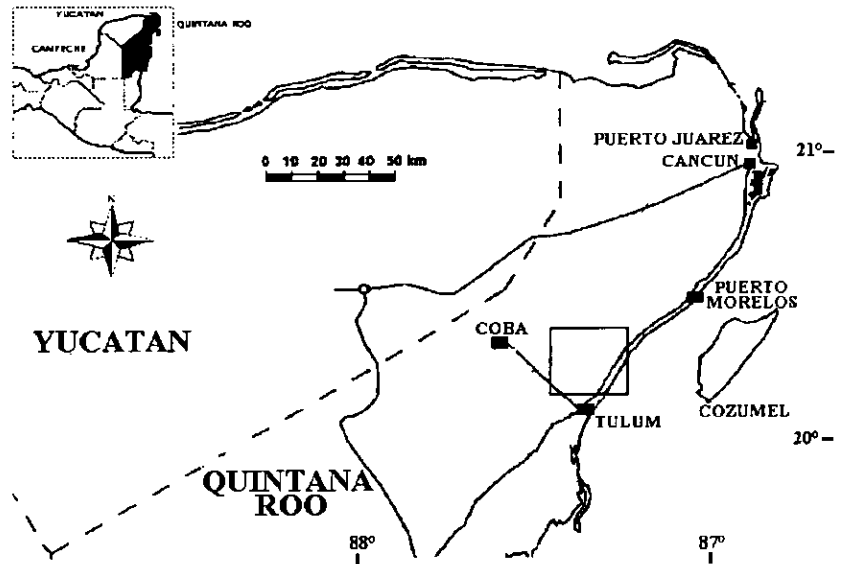


Figura 2. Ubicación geográfica del sistema anquialino Nohoch Nah Chich (Recuadro).

y los 25 metros de profundidad (Alcocer *et al.* 1998).

Este sistema es oligotrófico y las condiciones físico-químicas de la porción de agua por debajo de la haloclina presentan una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto baja y una salinidad con cambios estacionales mínimos. La porción por encima de la haloclina presenta una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto alta y una salinidad menor a la capa superior (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones ambientales del sistema Nohoch Nah Chich, Quintana Roo. (agua; Sánchez *et al.* 1998, sedimento; Escobar *et al.* 1998).

| AGUA                                   |             | SEDIMENTO                         |                       |
|--|-------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Temperatura (°C)                       | 25.6"-28.3* | Tamaño y tipo de grano            | Arena-limo, carbonato |
| Salinidad (g L <sup>-1</sup> )         | 12.5*-34.6" |                                   |                       |
| Oxígeno disuelto (mg L <sup>-1</sup> ) | 2.17"-7.02* | Cabono orgánico (%)               | 11.7-12.6             |
| Sulfatos (mg L <sup>-1</sup> )         | 976-1,200   |                                   |                       |
| Fósforo total (μM)                     | 0.05-1.7    | Nitrogeno orgánico (%)            | 0.015-0.025           |
| Nitrógeno total μM)                    | 34.89-250.9 |                                   |                       |
| Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> )      | 2,700-8,000 | Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> ) | 13,500-2,400          |

\* Encima de la haloclina

" Debajo de la haloclina

## HIPÓTESIS

La reducción de las estructuras externas oculares o su desaparición en organismos cavernícolas conlleva a que éstas sean remplazadas por estructuras sensoriales (quimiorreceptoras y mecanorreceptoras), que les permitan interactuar con el medio acuático troglobio.

## OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue describir las estructuras sensoriales del cefalón, anténula y antena del isópodo troglobio *Creaseriella anops*.

### Metas:

- Elaborar un listado de las estructuras reconocidas y su abundancia con ayuda del microscopio electrónico de barrido (MEB).
- Caracterizar morfológicamente la naturaleza de las estructuras.

## METODOLOGÍA

Los isópodos fueron recolectados por medio de trampas para carroñeros sebadas con restos de peces como carnada. Las trampas fueron colocadas y recolectadas por medio de espeleobuceo

y los 25 metros de profundidad (Alcocer *et al.* 1998).

Este sistema es oligotrófico y las condiciones físico-químicas de la porción de agua por debajo de la haloclina presentan una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto baja y una salinidad con cambios estacionales mínimos. La porción por encima de la haloclina presenta una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto alta y una salinidad menor a la capa superior (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones ambientales del sistema Nohoch Nah Chich, Quintana Roo. (agua; Sánchez *et al.* 1998, sedimento; Escobar *et al.* 1998).

| AGUA                                   |             | SEDIMENTO                         |                       |
|--|-------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Temperatura (°C)                       | 25.6"-28.3* | Tamaño y tipo de grano            | Arena-limo, carbonato |
| Salinidad (g L <sup>-1</sup> )         | 12.5*-34.6" |                                   |                       |
| Oxígeno disuelto (mg L <sup>-1</sup> ) | 2.17"-7.02* | Cabono orgánico (%)               | 11.7-12.6             |
| Sulfatos (mg L <sup>-1</sup> )         | 976-1,200   |                                   |                       |
| Fósforo total (μM)                     | 0.05-1.7    | Nitrogeno orgánico (%)            | 0.015-0.025           |
| Nitrógeno total μM)                    | 34.89-250.9 |                                   |                       |
| Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> )      | 2,700-8,000 | Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> ) | 13,500-2,400          |

\* Encima de la haloclina

" Debajo de la haloclina

## HIPÓTESIS

La reducción de las estructuras externas oculares o su desaparición en organismos cavernícolas conlleva a que éstas sean remplazadas por estructuras sensoriales (quimiorreceptoras y mecanorreceptoras), que les permitan interactuar con el medio acuático troglóbico.

## OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue describir las estructuras sensoriales del cefalón, anténula y antena del isópodo troglóbico *Creaseriella anops*.

### Metas:

- Elaborar un listado de las estructuras reconocidas y su abundancia con ayuda del microscopio electrónico de barrido (MEB).
- Caracterizar morfológicamente la naturaleza de las estructuras.

## METODOLOGÍA

Los isópodos fueron recolectados por medio de trampas para carroñeros sebadas con restos de peces como carnada. Las trampas fueron colocadas y recolectadas por medio de espeleobuceo

y los 25 metros de profundidad (Alcocer *et al.* 1998).

Este sistema es oligotrófico y las condiciones físico-químicas de la porción de agua por debajo de la haloclina presentan una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto baja y una salinidad con cambios estacionales mínimos. La porción por encima de la haloclina presenta una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto alta y una salinidad menor a la capa superior (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones ambientales del sistema Nohoch Nah Chich, Quintana Roo. (agua; Sánchez *et al.* 1998, sedimento; Escobar *et al.* 1998).

| AGUA                                   |             | SEDIMENTO                         |                       |
|--|-------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Temperatura (°C)                       | 25.6"-28.3* | Tamaño y tipo de grano            | Arena-limo, carbonato |
| Salinidad (g L <sup>-1</sup> )         | 12.5*-34.6" |                                   |                       |
| Oxígeno disuelto (mg L <sup>-1</sup> ) | 2.17"-7.02* | Cabono orgánico (%)               | 11.7-12.6             |
| Sulfatos (mg L <sup>-1</sup> )         | 976-1,200   |                                   |                       |
| Fósforo total (μM)                     | 0.05-1.7    | Nitrogeno orgánico (%)            | 0.015-0.025           |
| Nitrógeno total μM)                    | 34.89-250.9 |                                   |                       |
| Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> )      | 2,700-8,000 | Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> ) | 13,500-2,400          |

\* Encima de la haloclina

" Debajo de la haloclina

## HIPÓTESIS

La reducción de las estructuras externas oculares o su desaparición en organismos cavernícolas conlleva a que éstas sean remplazadas por estructuras sensoriales (quimiorreceptoras y mecanorreceptoras), que les permitan interactuar con el medio acuático troglóbico.

## OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue describir las estructuras sensoriales del cefalón, anténula y antena del isópodo troglóbico *Creaseriella anops*.

### Metas:

- Elaborar un listado de las estructuras reconocidas y su abundancia con ayuda del microscopio electrónico de barrido (MEB).
- Caracterizar morfológicamente la naturaleza de las estructuras.

## METODOLOGÍA

Los isópodos fueron recolectados por medio de trampas para carroñeros sebadas con restos de peces como carnada. Las trampas fueron colocadas y recolectadas por medio de espeleobuceo

y los 25 metros de profundidad (Alcocer *et al.* 1998).

Este sistema es oligotrófico y las condiciones físico-químicas de la porción de agua por debajo de la haloclina presentan una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto baja y una salinidad con cambios estacionales mínimos. La porción por encima de la haloclina presenta una temperatura constante, concentración de oxígeno disuelto alta y una salinidad menor a la capa superior (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones ambientales del sistema Nohoch Nah Chich, Quintana Roo. (agua; Sánchez *et al.* 1998, sedimento; Escobar *et al.* 1998).

| AGUA                                   |             | SEDIMENTO                         |                       |
|--|-------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Temperatura (°C)                       | 25.6"-28.3* | Tamaño y tipo de grano            | Arena-limo, carbonato |
| Salinidad (g L <sup>-1</sup> )         | 12.5*-34.6" |                                   |                       |
| Oxígeno disuelto (mg L <sup>-1</sup> ) | 2.17"-7.02* | Cabono orgánico (%)               | 11.7-12.6             |
| Sulfatos (mg L <sup>-1</sup> )         | 976-1,200   |                                   |                       |
| Fósforo total (μM)                     | 0.05-1.7    | Nitrogeno orgánico (%)            | 0.015-0.025           |
| Nitrógeno total μM)                    | 34.89-250.9 |                                   |                       |
| Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> )      | 2,700-8,000 | Bacterias (cél ml <sup>-1</sup> ) | 13,500-2,400          |

\* Encima de la haloclina

" Debajo de la haloclina

## HIPÓTESIS

La reducción de las estructuras externas oculares o su desaparición en organismos cavernícolas conlleva a que éstas sean remplazadas por estructuras sensoriales (quimiorreceptoras y mecanorreceptoras), que les permitan interactuar con el medio acuático troglobio.

## OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue describir las estructuras sensoriales del cefalón, anténula y antena del isópodo troglobio *Creaseriella anops*.

### Metas:

- Elaborar un listado de las estructuras reconocidas y su abundancia con ayuda del microscopio electrónico de barrido (MEB).
- Caracterizar morfológicamente la naturaleza de las estructuras.

## METODOLOGÍA

Los isópodos fueron recolectados por medio de trampas para carroñeros sebadas con restos de peces como carnada. Las trampas fueron colocadas y recolectadas por medio de espeleobuceo

y se dejaron por periodos de 12 a 24 hrs en las cuevas "Main Entrance" y "Lunas y Sombras" a distancias de 30, 60 y 100 m de la entrada (Escobar *et al.* 1997). Una vez recolectados los organismos se colocaron en frascos de vidrio de 0.1 L previamente etiquetados con fecha, localidad y número de frasco. En cada frasco se colocaron cinco isópodos, en dos modalidades: completos y seccionados a nivel del cefalotórax. Se fijaron con una solución de glutaraldehído al 2.5% con amortiguador de fosfatos 0.1 M (pH=7) y agua de la localidad siguiendo la técnica Felgenhauer (1987).

Una vez hecha la fijación en campo, los cefalones se colocaron en frascos de vidrio de 0.02 L y se realizaron lavados con tres baños de cinco minutos cada uno, utilizando el amortiguador de fosfatos 0.1 M (pH=7) en el laboratorio. Posteriormente, se realizó una fijación secundaria durante dos horas con tetraóxido de osmio ( $\text{OsO}_4$ ) al 2%, para asegurar la buena fijación de ejemplares y facilitar la conductividad de los electrones durante la observación al MEB. Posteriormente, se enjuagaron con amortiguador de fosfatos 0.1 M (pH=7), realizando tres cambios de cinco minutos cada uno, para quitar los excedentes de  $\text{OsO}_4$ . Se procedió a deshidratar en un gradiente de etanol que inició con agua destilada, etanol al 25, 35, 50, 70, 80, 90 y 100% (absoluto). La deshidratación incluyó tres cambios de cinco minutos en cada concentración de etanol, seguida de una sustitución de etanol absoluto por acetona al 100%, ésta última consistió

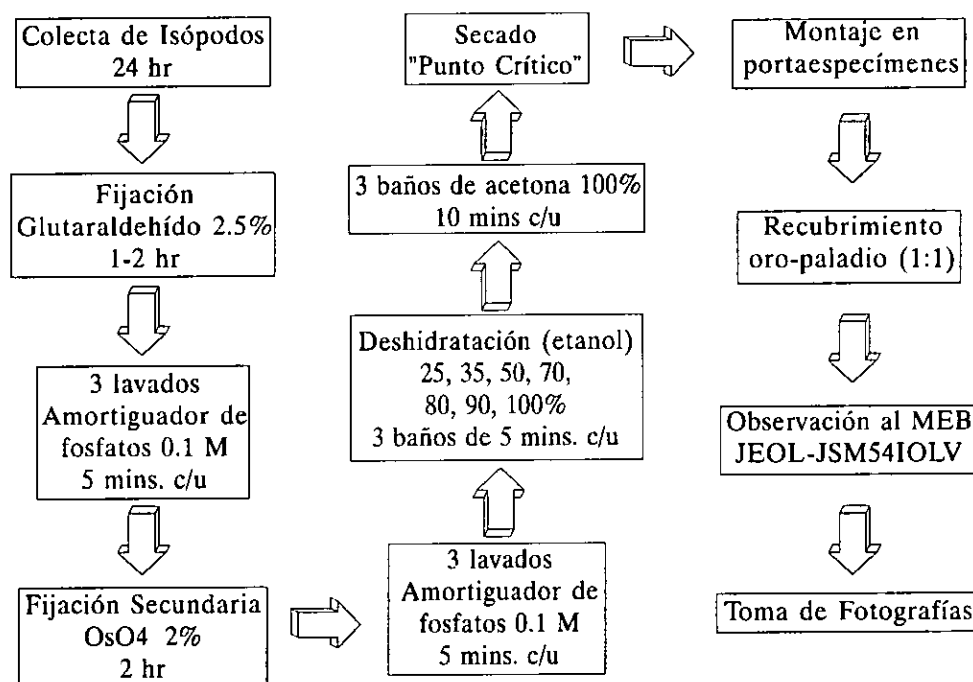


Figura 3. Secuencia de la estrategia metodológica seguida para la preparación de los isópodos para su observación al MEB.



de tres baños de diez minutos cada una. Cada cefalón se colocó en una cápsula de polietileno, con ayuda de pinzas (para evitar la contaminación por grasa) y se procedió al secado por el método de "punto crítico" en un desecador Samdri-780, donde la acetona es evaporada y sustituida por CO<sub>2</sub> en una cámara al vacío para evitar que las estructuras del cefalón se colapsen. Una vez secado el material se montó sobre los portaespecímenes del MEB con ayuda de pinzas (para evitar alguna contaminación). Para fijar las estructuras cefálicas a los portaespecímen se utilizó cinta de carbón, mejorando así la conducción de electrones. Las muestras se colocaron en una ionizadora de metales (JEOL-JFC1100) durante diez minutos, para cubrirlos con una aleación de oro-paladio en proporción 1:1 que mejora la conducción de electrones en toda la superficie del material de estudio. La observación y obtención de fotografías se realizó en un MEB JEOL modelo JSM-5410LV al alto vacío, para mejorar la calidad de las imágenes (Fig. 3).

Para la caracterización de las setas de los crustáceos, se tomaron en cuenta algunas características morfológicas. En este trabajo se siguió la nomenclatura para setas propuesta por Jacques (1989). Las principales características morfológicas externas de las setas son: el tipo de articulación que puede ser intracuticular (int) y supracuticular (spr), la proporción longitud/diámetro, la presencia o ausencia de un poro terminal y la presencia de ornamentaciones a lo largo de su superficie. Pudiendo ser las ornamentaciones: sétulas (se), espinas (es), denticulaciones (dt) o escamas (ec).

## **RESULTADOS**

Se encontraron cuatro tipos diferentes de setas (simple, con punta sensorial, plumosa y serrada) y un tipo de esteta. Las setas simples se localizaron en la antena, en forma individual o conformando conjuntos. Las setas con punta sensorial se encontraron en el primer segmento del cefalón, antena y anténula. En el pedúnculo de esta última se encontraron las setas plumosas. La esteta se encontraron en el flagelo de la anténula.

### **Primer segmento del cefalón**

El 70% del frente del cefalón es ocupado por el primer segmento (Figs 1, 4a y b), el cual presenta una forma rectangular, siendo más ancha (1.9mm) que larga (1.2mm). La pigmentación en el cefalón está ausente al igual que en todo el cuerpo del isópodo. Tanto los bordes distolaterales como el borde dorsal del primer segmento del cefalón son redondeados y lisos. En

de tres baños de diez minutos cada una. Cada cefalón se colocó en una cápsula de polietileno, con ayuda de pinzas (para evitar la contaminación por grasa) y se procedió al secado por el método de "punto crítico" en un desecador Samdri-780, donde la acetona es evaporada y sustituida por CO<sub>2</sub> en una cámara al vacío para evitar que las estructuras del cefalón se colapsen. Una vez secado el material se montó sobre los portaespecímenes del MEB con ayuda de pinzas (para evitar alguna contaminación). Para fijar las estructuras cefálicas a los portaespecímen se utilizó cinta de carbón, mejorando así la conducción de electrones. Las muestras se colocaron en una ionizadora de metales (JEOL-JFC1100) durante diez minutos, para cubrirlos con una aleación de oro-paladio en proporción 1:1 que mejora la conducción de electrones en toda la superficie del material de estudio. La observación y obtención de fotografías se realizó en un MEB JEOL modelo JSM-5410LV al alto vacío, para mejorar la calidad de las imágenes (Fig. 3).

Para la caracterización de las setas de los crustáceos, se tomaron en cuenta algunas características morfológicas. En este trabajo se siguió la nomenclatura para setas propuesta por Jacques (1989). Las principales características morfológicas externas de las setas son: el tipo de articulación que puede ser intracuticular (int) y supracuticular (spr), la proporción longitud/diámetro, la presencia o ausencia de un poro terminal y la presencia de ornamentaciones a lo largo de su superficie. Pudiendo ser las ornamentaciones: sétulas (se), espinas (es), denticulaciones (dt) o escamas (ec).

## **RESULTADOS**

Se encontraron cuatro tipos diferentes de setas (simple, con punta sensorial, plumosa y serrada) y un tipo de esteta. Las setas simples se localizaron en la antena, en forma individual o conformando conjuntos. Las setas con punta sensorial se encontraron en el primer segmento del cefalón, antena y anténula. En el pedúnculo de esta última se encontraron las setas plumosas. La esteta se encontraron en el flagelo de la anténula.

### **Primer segmento del cefalón**

El 70% del frente del cefalón es ocupado por el primer segmento (Figs 1, 4a y b), el cual presenta una forma rectangular, siendo más ancha (1.9mm) que larga (1.2mm). La pigmentación en el cefalón está ausente al igual que en todo el cuerpo del isópodo. Tanto los bordes distolaterales como el borde dorsal del primer segmento del cefalón son redondeados y lisos. En

borde dorsal del primer segmento del cefalón son redondeados y lisos. En el borde anterior se forma una carena a todo lo ancho. La carena es más ancha (230  $\mu\text{m}$ ) en la parte central, que en las partes laterales, las cuales se van reduciendo hasta terminar en una punta delgada y redondeada que sale de los bordes distolaterales, formando el rostro del organismo (Fig. 4b). Este se inclina ventralmente y toca con la lámina frontal que tiene una forma pentagonal (Fig. 1b).

No se encontraron estructuras externas de ojo compuestos, como lentes cuticulares, cristalinos y omatidias (Fig. 4b). Se presentan escamas en toda la superficie del isópodo. El ancho de éstas varía entre 22 y 28  $\mu\text{m}$  y el largo entre 17 y 30  $\mu\text{m}$ . Las escamas están bordeadas por vellosidades de aproximadamente 5  $\mu\text{m}$  de largo (Fig. 4c).

En cada uno de los ángulos distolaterales del primer segmento del cefalón se observa una sutura en posición transversal con respecto a lo largo del primer segmento y paralela al eje más largo. La longitud de las suturas es de 91.5  $\mu\text{m}$  y con una abertura de 2.2  $\mu\text{m}$ . Cada sutura está rodeada de microvellosidades (Fig. 4d).

En el cefalón se encontraron seis setas simples terminadas en punta sensorial. Cuatro están repartidas a todo lo largo del borde dorsal del primer segmento. Dos se encuentran en posición dorsal a la sutura a una distancia de 20 a 25  $\mu\text{m}$  y próximas (23  $\mu\text{m}$ ) a los ángulos distolaterales de la placa, una cerca de cada ángulo interno. Las otras dos se localizaron aproximadamente a 800  $\mu\text{m}$  de los ángulos distolaterales y a 28  $\mu\text{m}$  del borde dorsal del primer segmento. Más alejadas de los ángulos distolaterales (66  $\mu\text{m}$ ) y en posición ventral de la sutura, se encontraron las otras dos setas, una a cada lado (Fig. 5a).

Todas las setas encontradas en el primer segmento del cefalón presentan una articulación de tipo intracuticular (int). Su diámetro es de 1.3  $\mu\text{m}$  y presentan una longitud aproximada de 47.2  $\mu\text{m}$ . Cerca de la parte apical de la seta se encuentra una punta sensorial, que es el 8.7 % del total del largo de la seta. Tanto la seta como la punta sensorial carecen de poro terminal (Fig. 5b, Tabla 2).

### **Anténula**

La anténula es unirramia, tiene pedúnculo y un flagelo que consta de 17 artejos. En la parte distal del segundo artejo del pedúnculo se encontraron cinco setas plumosas, dos en posición dorsal y un grupo de tres en posición posterodorsal (Fig. 6b). Las setas tienen un diámetro de 7.8  $\mu\text{m}$  y una longitud de 227.2  $\mu\text{m}$ . La articulación es de tipo supracuticular (spr) y no presentan

Tabla 2. Caracterización y tipos de setas en los apéndices cefálicos de *Creaseriella anops*. **spr**=supracuticular, **int**=intracuticular, **+**=presente, **-**=ausente, **ps**=punta sensorial, **se**=setulas y **es**=espinas.

| Segmento/Ubicación      | Estructura    | No. de setas | No. de grupos | Tipo de articulación | Diámetro (µm) | Longitud (µm) | Ornamentación | Poros terminal |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| <b>CEFALÓN</b>          |               |              |               |                      |               |               |               |                |
| 1 margen dorsal         | Seta simple   | 6            | -             | int                  | 1.3           | 47.2          | +ps           | -              |
| <b>ANTÉNULA</b>         |               |              |               |                      |               |               |               |                |
| Pedúnculo               |               |              |               |                      |               |               |               |                |
| 2 dorsal/distal         | Seta plumosa  | 5            | 2             | spr                  | 7.8           | 227.2         | +se           | -              |
| Flagelo                 |               |              |               |                      |               |               |               |                |
| 2-16 posterior/distal   | Seta simple   | 2-3          | 1             | int                  | 2.8           | 58.6          | -             | -              |
| 2-16 posterior/distal   | Esteta        | 1            | -             | spr                  | 5.7           | 122.9         | -             | +              |
| 2-16 anterior/distal    | Seta simple   | 1            | -             | int                  | 3             | 47.2          | +ps           | -              |
| 17 distal               | Seta simple   | 6            | 1             | spr                  | 2-4           | 30-88         | -             | -              |
| <b>ANTENA</b>           |               |              |               |                      |               |               |               |                |
| Pedúnculo               |               |              |               |                      |               |               |               |                |
| 3 ventral-dorsal/distal | Setas simples | 5            | 2             | int                  | 2.8-10        | 61-168        | -             | -              |
| 4 ventral-dorsal/distal | Setas simples | 9            | 2             | int                  | 4.2-9.6       | 49-202.2      | -             | -              |
| Flagelo                 |               |              |               |                      |               |               |               |                |
| 2-31 posterior/distal   | Seta simple   | 3-5          | 2             | int                  | 2.7           | 63            | -             | -              |
| 2-31 variable/distal    | Seta simple   | 1            | -             | int                  | 2.2           | 52.8          | +ps           | -              |
| 32 distal               | Seta simple   | 5            | 1             | intra                | 2.8           | 104           | -             | -              |
| 32 distal               | Seta serrada  | 1            | -             | intra                | 3             | 124           | +es           | -              |

un poro en la parte apical. El 57.4 % de la longitud total de la seta está cubierta por una hilera de sétulas (se) a cada lado (filamentos delgados y largos) que le dan la forma plumosa (Figs 6c, Tabla 2).

La parte distal de los artejos del flagelo, con excepción del primero y último, tienen un grupo formado por dos ó tres setas simples con punta sensorial y una esteta en posición posterior (Fig. 7b). Las setas tienen un diámetro de  $2.8 \mu\text{m}$  y una longitud de  $58.6 \mu\text{m}$ . Su articulación es de tipo intracuticular (int) y carecen de ornamentaciones en toda la superficie. No presenta poro terminal (Fig. 7c, Tabla 2). La esteta tiene una forma de espátula con un diámetro de  $5.7 \mu\text{m}$  y una longitud de  $122.9 \mu\text{m}$ . Su articulación es supracuticular (spr). Presenta un poro terminal y su superficie es rugosa (Fig. 7c, Tabla 2). La parte distal de los artejos del flagelo tienen una seta con punta sensorial en posición anterior (Fig. 7b). El diámetro de la seta es de  $3 \mu\text{m}$  y su longitud de  $47.2 \mu\text{m}$ . La articulación es supracuticular (spr). La punta sensorial ocupa el 2.5 % de la longitud total de la seta. El poro terminal está ausente (Fig. 7d, Tabla 2).

El último artejo del flagelo, presenta seis setas simples, con tamaño diferente entre sí (Fig. 7e). El diámetro varía entre 2 y  $4 \mu\text{m}$  y su longitud de 30 a  $88 \mu\text{m}$ . La articulación es de tipo supracuticular (spr). No presenta poro terminal. Ornamentaciones ausentes en la superficie de las setas (Tabla 2).

## **Antena**

La antena es unirramia, tiene un pedúnculo y un flagelo que consta de 32 artejos. En la parte distal del tercer y cuarto artejos del pedúnculo se encontraron dos conjuntos de setas, uno en posición ventral y otro dorsal. El número de setas varía de cinco en el tercer artejo a nueve en el cuarto. Dentro de cada conjunto el tamaño de las setas es diferente entre sí, su diámetro varía entre  $2.8$  a  $10 \mu\text{m}$  y su longitud entre  $61$  a  $168 \mu\text{m}$  en los grupos del tercer artejo. En el cuarto artejo su diámetro varía de  $4.2$  a  $9.6 \mu\text{m}$  y su longitud de  $49$  a  $202.2 \mu\text{m}$ . Todas las setas presentan una articulación de tipo intracuticular (int). Las setas no presentan un poro terminal. Las ornamentaciones están ausentes en la superficie de las setas (Fig. 8b, Tabla 2).

En la parte distal de cada artejo del flagelo (excepto el último artejo) se encontraron dos grupos de setas simples y una seta simple con punta sensorial (Fig. 9b). Los dos conjuntos de setas son similares en tamaño y están en posición posterior. El número de setas varía de tres a cinco por grupo y ocasionalmente una o dos. Las setas tienen un tamaño parecido entre sí, con un diámetro

de 2.7  $\mu\text{m}$  y una longitud de 63  $\mu\text{m}$ . Cada seta presenta una articulación intracuticular (int) y su superficie es completamente lisa. No se observa un poro terminal (Fig. 9c Tabla 2). La seta con punta sensorial varía en posición en todos los artejos a lo largo de todo el flagelo. En contraste a las setas en grupo, su diámetro es de 2.2  $\mu\text{m}$  y su longitud de 52.8  $\mu\text{m}$ . La punta sensorial ocupa el 3.2 % de la longitud de la seta. Ésta presenta una articulación intracuticular (Int) y carece de ornamentaciones en su superficie. Poro terminal ausente. (Fig. 9d, Tabla 2).

En el último artejo del flagelo se encontró un grupo de seis setas (Fig. 10e). La articulación es intracuticular (int). Del grupo, cinco setas son simples y presentan un tamaño similar entre sí, tienen un diámetro de 2.8  $\mu\text{m}$  y una longitud de 104  $\mu\text{m}$ . El poro terminal está ausente, la superficie es lisa. La sexta seta es más robusta, tiene un diámetro de 3  $\mu\text{m}$  y una longitud de 124  $\mu\text{m}$ . No se observó poro terminal. Presenta pequeñas espinas, formando anillaciones de la segunda mitad a la porción apical. El 40% de la seta está ornamentada por las anillaciones (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

Diversos estudios muestran que muchas de las especies troglobias han reducido o modificado las estructuras oculares (George 1981, Wägele 1993) como una adaptación al medio. Los resultados de este estudio indican una reducción de las estructuras oculares de *Creaseriella anops*, las que han sido sustituidas por dos suturas y seis setas con punta sensorial. La presencia de estas estructuras junto con las escamas dérmicas pudieran ser una modificación para percibir variaciones en la hidrodinámica y en la concentración de compuestos en el agua.

La presencia de las escamas en la superficie de la cutícula en todo el cuerpo, es una característica no descrita aún para la especie, la cual pudiera ser ocupada como criterio taxonómico. Como antecedente, el uso de la micromorfología de la cutícula como caracter taxonómico ya se ha hecho para otros crustáceos decápodos (Spano & Rapisarda 1995).

Por la morfología y posición de las setas en el cefalón, éstas se consideraron mecanoreceptoras principalmente. Una de las características de este tipo de seta es la presencia de una punta sensorial en la parte apical, la cual tiene la capacidad de detectar vibraciones por movimientos bruscos en el agua (Watling 1989, Wägele 1993). Estas setas permiten responder a cambios hidrostáticos a pequeña escala (mm a cm), percibiendo la presencia de depredadores potenciales o estructuras (paredes columnas) durante el nado facilitando la evasión. Puede

de 2.7  $\mu\text{m}$  y una longitud de 63  $\mu\text{m}$ . Cada seta presenta una articulación intracuticular (int) y su superficie es completamente lisa. No se observa un poro terminal (Fig. 9c Tabla 2). La seta con punta sensorial varía en posición en todos los artejos a lo largo de todo el flagelo. En contraste a las setas en grupo, su diámetro es de 2.2  $\mu\text{m}$  y su longitud de 52.8  $\mu\text{m}$ . La punta sensorial ocupa el 3.2 % de la longitud de la seta. Ésta presenta una articulación intracuticular (Int) y carece de ornamentaciones en su superficie. Poro terminal ausente. (Fig. 9d, Tabla 2).

En el último artejo del flagelo se encontró un grupo de seis setas (Fig. 10e). La articulación es intracuticular (int). Del grupo, cinco setas son simples y presentan un tamaño similar entre sí, tienen un diámetro de 2.8  $\mu\text{m}$  y una longitud de 104  $\mu\text{m}$ . El poro terminal está ausente, la superficie es lisa. La sexta seta es más robusta, tiene un diámetro de 3  $\mu\text{m}$  y una longitud de 124  $\mu\text{m}$ . No se observó poro terminal. Presenta pequeñas espinas, formando anillaciones de la segunda mitad a la porción apical. El 40% de la seta está ornamentada por las anillaciones (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

Diversos estudios muestran que muchas de las especies troglobias han reducido o modificado las estructuras oculares (George 1981, Wägele 1993) como una adaptación al medio. Los resultados de este estudio indican una reducción de las estructuras oculares de *Creaseriella anops*, las que han sido sustituidas por dos suturas y seis setas con punta sensorial. La presencia de estas estructuras junto con las escamas dérmicas pudieran ser una modificación para percibir variaciones en la hidrodinámica y en la concentración de compuestos en el agua.

La presencia de las escamas en la superficie de la cutícula en todo el cuerpo, es una característica no descrita aún para la especie, la cual pudiera ser ocupada como criterio taxonómico. Como antecedente, el uso de la micromorfología de la cutícula como caracter taxonómico ya se ha hecho para otros crustáceos decápodos (Spano & Rapisarda 1995).

Por la morfología y posición de las setas en el cefalón, éstas se consideraron mecanoreceptoras principalmente. Una de las características de este tipo de seta es la presencia de una punta sensorial en la parte apical, la cual tiene la capacidad de detectar vibraciones por movimientos bruscos en el agua (Watling 1989, Wägele 1993). Estas setas permiten responder a cambios hidrostáticos a pequeña escala (mm a cm), percibiendo la presencia de depredadores potenciales o estructuras (paredes columnas) durante el nado facilitando la evasión. Puede

interpretarse que la conducta de enrollamiento observada a través de videos, sea respuesta a dichos cambios hidrostáticos percibidos anterodorsalmente.

La función principal de las anténulas en los isópodos es la detección de pequeñas concentraciones de compuestos químicos (Wägele 1983, Schultz 1969) a distancias grandes (respuesta olfatoria), como son aminas y aminoácidos en el caso de la detección del alimento o ferormonas en el caso de búsqueda de pareja (Laverack 1989). En el flagelo de la anténula de *C. anops* se encontró una esteta por cada artejo, las cuales son estructuras quimiorreceptoras de alta eficiencia. Estas estructuras se caracterizan por presentar un poro en su parte apical, por donde perciben los estímulos químicos (Jacques 1989, Watling 1989) y pueden detectar cambios en las concentraciones de los compuestos, ya que en su base se agrupan un gran número de dendritas (Laverack 1989, Derby 1989). Las estetas facilitan la búsqueda, detección y localización del escaso alimento presente en estos sistemas.

En el flagelo de la anténula se encontraron setas con una punta sensorial y una articulación supracuticular, características de las setas mecanoreceptoras. La presencia de la articulación les permite tener movimientos angulares en su base para detectar gradientes marcados, tanto de movimiento como de concentraciones químicas en el agua (Jacques 1989, Watling 1989) producidas por presas o depredadores potenciales.

La presencia de setas plumosas en el pedúnculo de la anténula ha sido considerada como una ayuda en la recepción de vibraciones, tanto en decápodos (Watling 1989) como en anfípodos (Kaufman 1994). Estas estructuras mecanoreceptoras presentan comunmente dos hileras de sétulas y una articulación supracuticular. Estas setas también han sido descritas en conchostracos (Martín 1989), en los cuales, al parecer, tienen una función filtradora.

La presencia de setas simples en el último artejo del flagelo de la anténula ha sido asociado a funciones táctiles en la cercanía del fondo (Wägele 1993). Su posición ha sugerido a algunos autores que podría existir una respuesta a estímulos químicos como es el caso de los misidáceos de cuevas (Crouau 1989) o mecanorreceptores para otros grupos de crustáceos (Derby 1989).

Los dos grupos de setas encontradas en los artejos del flagelo de la antena, sugieren por su posición una función mecanoreceptora. Otros estudios han reconocido que la función principal de las antenas en los isópodos es la detección de estímulos mecánicos (Wägele 1983, Schultz 1969) en escalas aún menores. Así mismo se ha visto que la presencia de un número mayor de setas hace más eficaz la detección de pequeñas vibraciones en el agua.



En el pedúnculo de la antena se encontraron grupos de setas simples. Estas estructuras se asemejan a las encontradas en anfípodos (Kaufman 1994), donde se han descrito como las encargadas de recibir los estímulos químicos provenientes del sedimento. Por su conducta carroñera, en este estudio se atribuyó una función similar en *C. anops*. Observaciones en sistemas anquihalinos han sugerido que la especie podría estar alimentándose de detritos orgánico del sedimento (Pohlman 1995) o de la placa bacteriana que crece sobre el sustrato y paredes como han descrito Elder & Dodds (1996) en sistemas subterráneos.

La presencia de una seta serrada en el último artejo de la antena se asocia tanto a funciones quimiorreptoras como mecanoreceptoras. Rodeando a la seta se encuentra un grupo de setas, que diera la impresión de protegerla. A este conjunto de setas también se le atribuyó una función quimiorreptora (Crouau 1989).

Más estudios al respecto son requeridos, éstos deben incluir fases experimentales y conductuales. Observaciones de otros estudios con fauna troglobia distinta validan lo observado en éste conllevando a sugerir la posible convergencia evolutiva para la vida en sistemas anquihalinos.

## CONCLUSIONES

- El cefalón muestra la ausencia de estructuras oculares las cuales han sido reemplazadas por dos suturas distales y seis setas con punta sensorial.
- El cefalón, al igual que el resto del cuerpo está cubierto por escamas pequeñas, que es una característica aún no reportada para la especie.
- En el pedúnculo de la anténula se encontraron setas plumosas, reconocidas con una función mecanoreptora.
- En el flagelo de la anténula se presentaron setas con punta sensorial y estetas. Las primeras por su naturaleza pueden tener la función de detectar pequeñas vibraciones de movimiento en el agua, y las segundas caen en la categoría de estructuras quimiorreptoras de alta eficiencia, que facilitan la búsqueda de alimento y se podrían asociar a la comunicación.
- El último artejo de la anténula presentó un conjunto de setas simples con una posible función táctil.
- En el pedúnculo de la antena se presentaron conjuntos de setas simples, que al parecer son las encargadas de percibir los cambios químicos en el agua.

En el pedúnculo de la antena se encontraron grupos de setas simples. Estas estructuras se asemejan a las encontradas en anfípodos (Kaufman 1994), donde se han descrito como las encargadas de recibir los estímulos químicos provenientes del sedimento. Por su conducta carroñera, en este estudio se atribuyó una función similar en *C. anops*. Observaciones en sistemas anquihalinos han sugerido que la especie podría estar alimentándose de detritos orgánico del sedimento (Pohlman 1995) o de la placa bacteriana que crece sobre el sustrato y paredes como han descrito Elder & Dodds (1996) en sistemas subterráneos.

La presencia de una seta serrada en el último artejo de la antena se asocia tanto a funciones quimiorreptoras como mecanoreceptoras. Rodeando a la seta se encuentra un grupo de setas, que diera la impresión de protegerla. A este conjunto de setas también se le atribuyó una función quimiorreptora (Crouau 1989).

Más estudios al respecto son requeridos, éstos deben incluir fases experimentales y conductuales. Observaciones de otros estudios con fauna troglobia distinta validan lo observado en éste conllevando a sugerir la posible convergencia evolutiva para la vida en sistemas anquihalinos.

## CONCLUSIONES

- El cefalón muestra la ausencia de estructuras oculares las cuales han sido reemplazadas por dos suturas distales y seis setas con punta sensorial.
- El cefalón, al igual que el resto del cuerpo está cubierto por escamas pequeñas, que es una característica aún no reportada para la especie.
- En el pedúnculo de la anténula se encontraron setas plumosas, reconocidas con una función mecanoreptora.
- En el flagelo de la anténula se presentaron setas con punta sensorial y estetas. Las primeras por su naturaleza pueden tener la función de detectar pequeñas vibraciones de movimiento en el agua, y las segundas caen en la categoría de estructuras quimiorreptoras de alta eficiencia, que facilitan la búsqueda de alimento y se podrían asociar a la comunicación.
- El último artejo de la anténula presentó un conjunto de setas simples con una posible función táctil.
- En el pedúnculo de la antena se presentaron conjuntos de setas simples, que al parecer son las encargadas de percibir los cambios químicos en el agua.

- El flagelo de la antena presentó setas con punta sensorial y conjuntos de setas simples. Ambos tipos de setas se les atribuye una función mecanoreceptora, siendo más eficientes los conjuntos de setas simples.
- En el último artejo de la antena se encontró una seta serrada con posibles funciones tanto quimiorreceptoras como mecanoreceptoras. Esta seta se encuentra rodeada de setas simples.

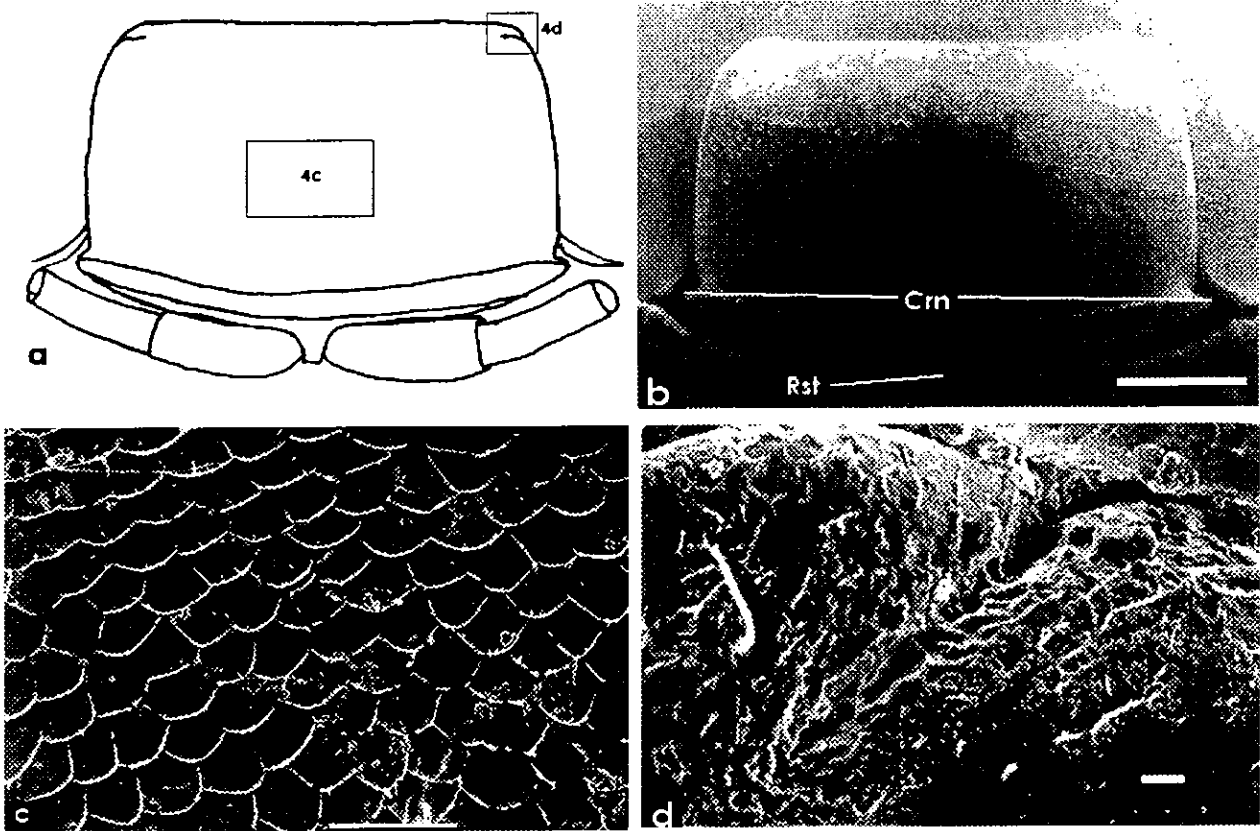


Figura 4. Primer segmento del cefalón de *Creaseriella anops*. a: Ubicación de fotografías en el primer segmento del cefalón. b: Vista anterior del primer segmento del cefalón (**Crn** = carena, **Rst** = rostro). Barra = 500 $\mu$ m. c: Escamas, porción central del primer segmento del cefalón. Barra = 50 $\mu$ m. d: Ángulo distolateral izquierdo, donde se observa la sutura con microvellosidades. Barra = 10 $\mu$ m.

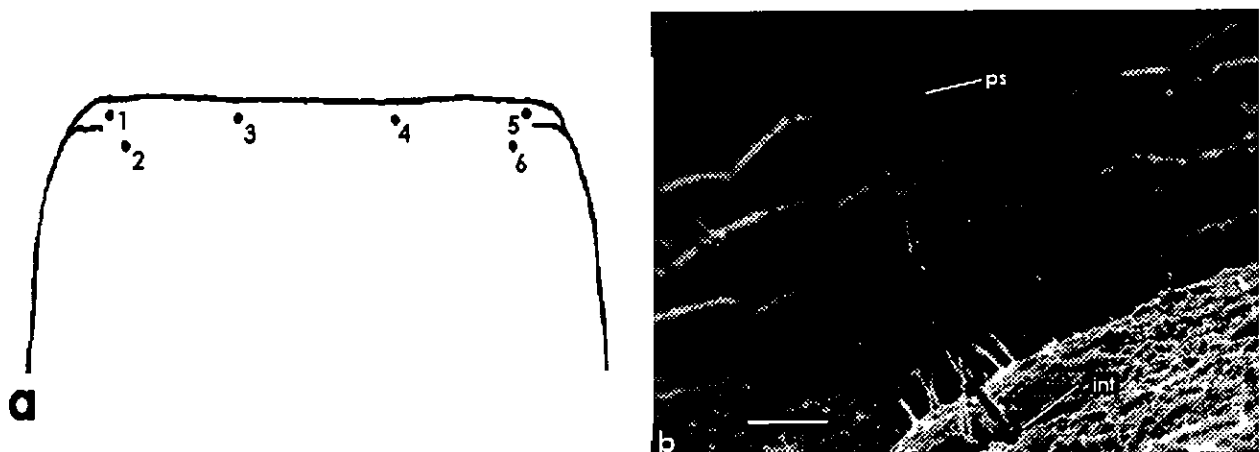


Figura 5. Setas con punta sensorial del primer segmento del cefalón de *Creaseriella anops*. a: Distribución de las setas con punta sensorial indicadas con puntos en el primer segmento del cefalón. b: Seta 1 con punta sensorial (**ps**) y articulación intracuticular (**int**) del primer segmento del cefalón. Barra=10 $\mu$ m

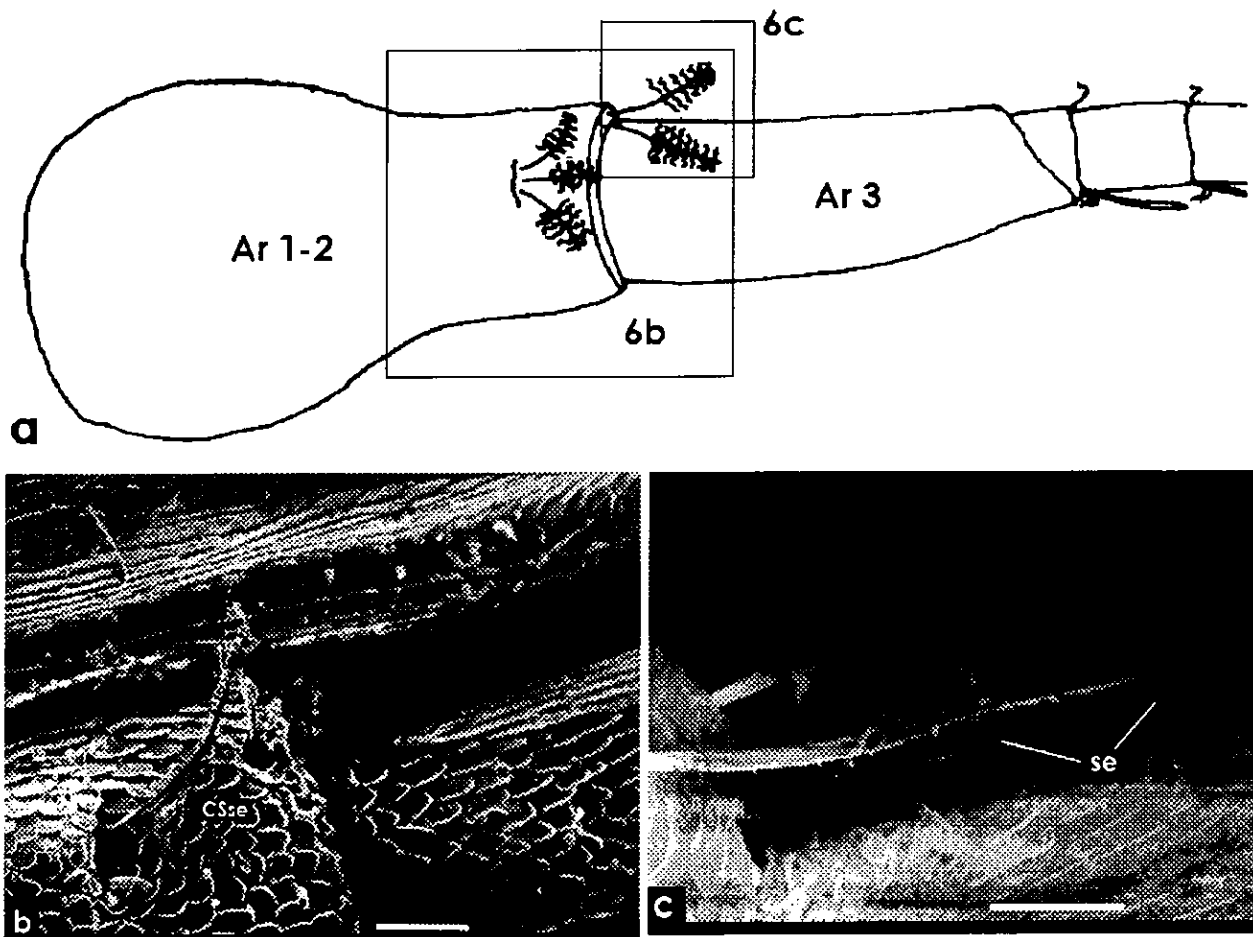


Figura 6. Pedúnculo de la anténula de *Creaseriella anops*. a: Ubicación de las fotografías en el pedúnculo de la anténula (**Ar1 y 2**= Primer y segundo artejo fusioados, **Ar3**=tercer artejo). b: Conjunto de setas plumosas (**CSse**) en el segundo artejo. Barra=50µm. c: Setas plumosas donde se observan las sétulas (**se**). Barra=50µm.

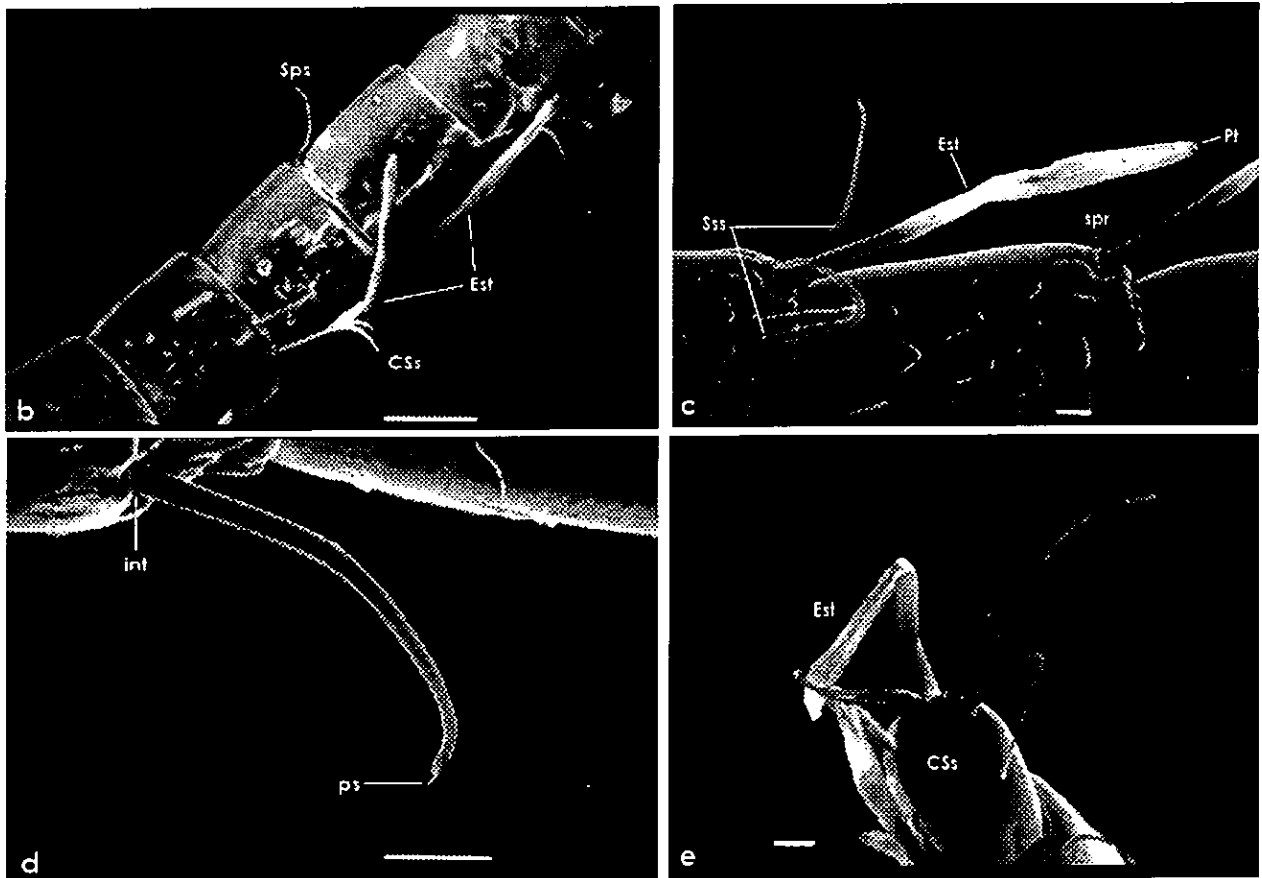
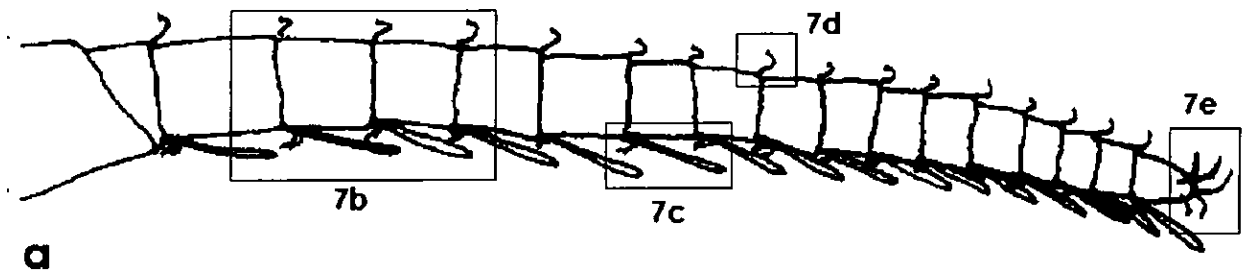


Figura 7. Flagelo de la anténula de *Creaseriella anops*. a: Ubicación de fotografías en el flagelo de la anténula. b: Arreglo de esteta (**Est**), Conjunto de setas simples (**Css**) y seta con punta sensorial (**Sps**). Barra=50µm. c: Setas simples (**Sss**) y esteta (**Est**) con poro terminal (**pt**) y articulación supracuticular (**spr**). Barra=10µm. d: Seta con punta sensorial (**ps**) y articulación intracuticular (**int**). Barra=10µm. e: Conjunto de setas simples (**Ccs**) del último artejo y esteta (**Est**) del penúltimo artejo. Barra=10µm.

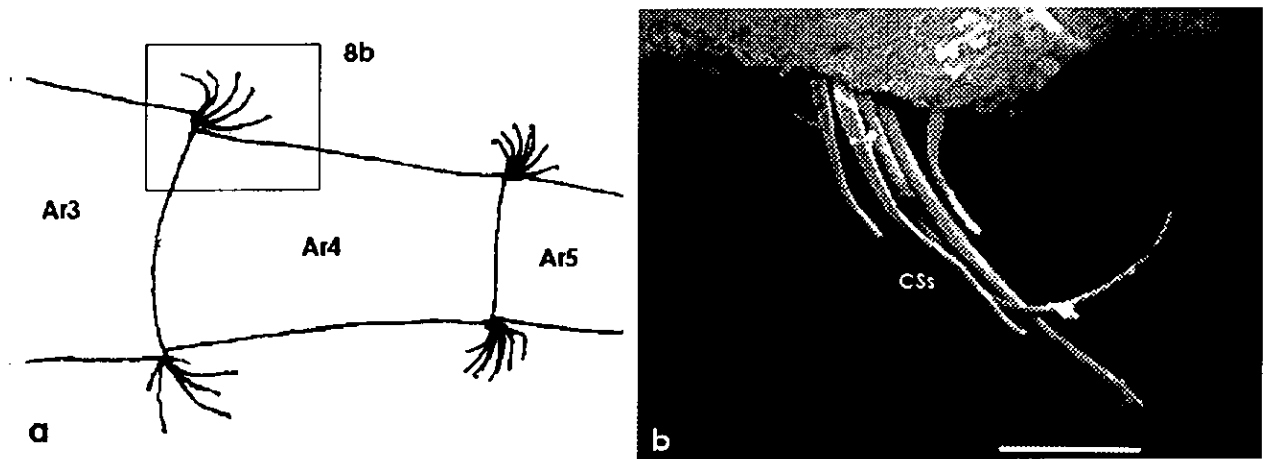


Figura 8. Pedúnculo de la antena de *Creaseriella anops*. a: Ubicación de los cuatro grupos de setas simples en el pedúnculo de la antena. (Ar3=tercer artejo, Ar4=cuarto artejo, Ar5=quinto artejo). b: Conjunto de cinco setas simples (C5s). Barra=50µm.

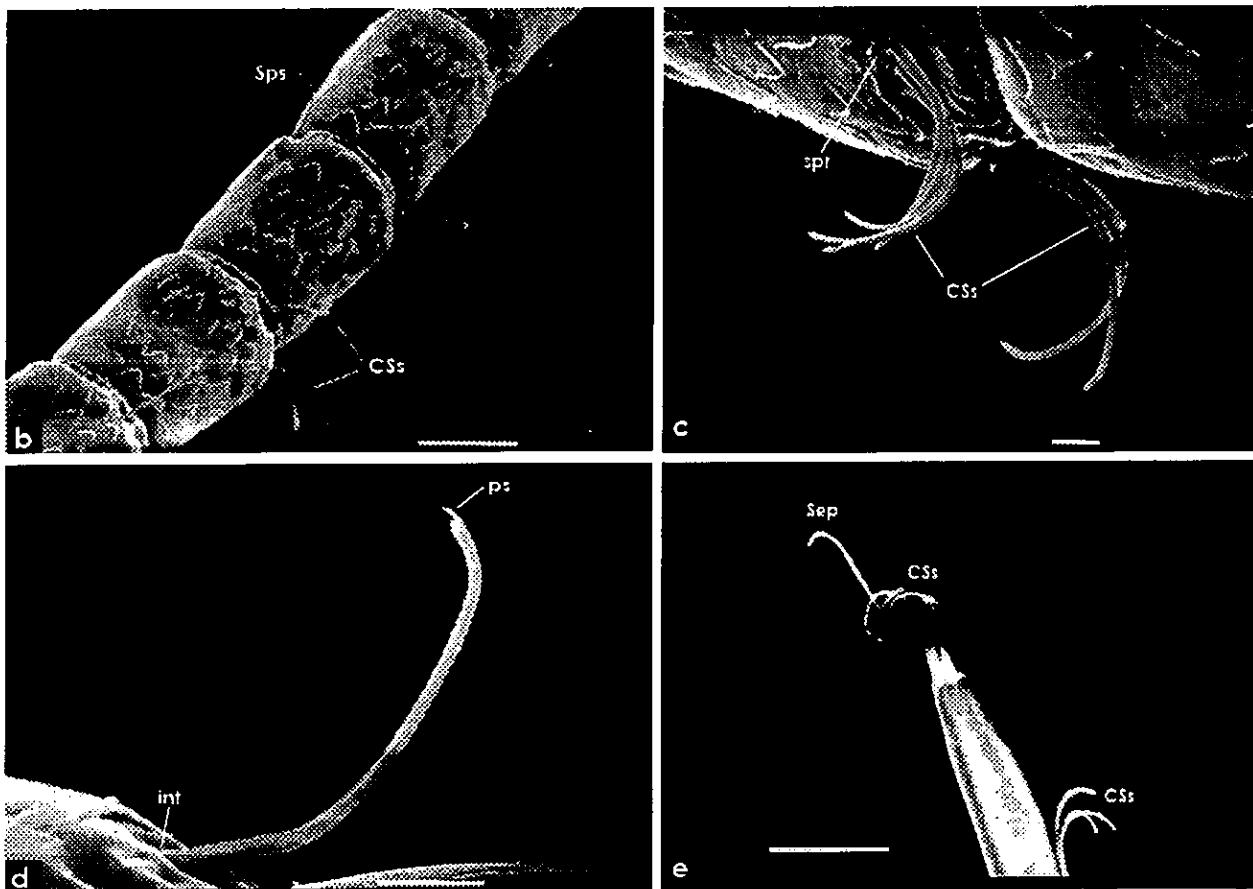
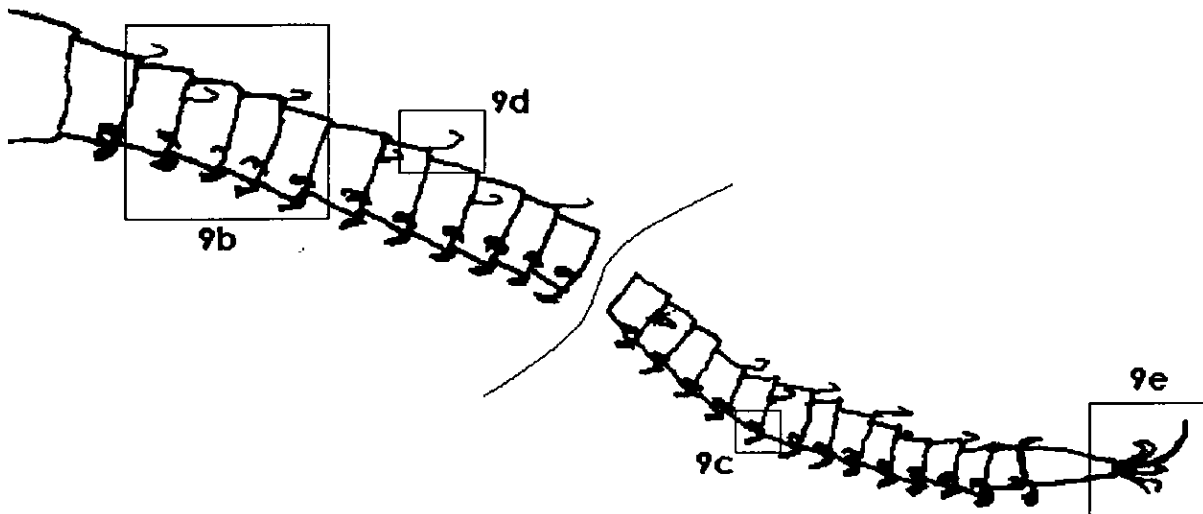


Figura 9. Flagelo de la antena de *Creaseriella anops*. a: Ubicación de fotografías en el flagelo de la antena. b: Arreglo del conjunto de setas simples (CSs) y seta con punta sensorial (Sps). Barra=50µm. c: Conjuntos de cuatro setas simples (CSs) donde se observa su articulación supracuticular (spr). Barra=10µm. d: Seta con punta sensorial (ps) y articulación intracuticular (int). Barra=10µm. e: Último artejo, con conjunto de cinco setas simples (CSs) y seta serrada (Sep). Barra=50µm.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



## LITERATURA CITADA

- Alcocer, J., A. Lugo, L.E. Marín & E. Escobar. 1998. Hydrochemistry of waters from five cenotes and evaluation of their suitability for drinking water supplies, Northeastern Yucatan, Mexico. *Hydrogeol. J.* 6: 293-301.
- Back, W. & B.B. Hanshaw. 1970. Comparison of chemical hydrogeology of the carbonate peninsulas of Florida and Yucatan. *J. Hydrol.* 10: 330-368.
- Bolivar A. & C. Pietain. 1950. Estudio de una Cirolana cavernícola nueva de la región de Valles, San Luis Potosí, México. *Ciencias.* 10: 211-218.
- Bowman, T.E. 1975. A new genus and species of troglitic cirolanid isopod from San Luis Potosi, Mexico. *Occasional papers the Museum Texas Tech University.* 27: 1-7
- Bowman, T.E. 1982. Specirolana pubens and S. endeca, new troglitic isopod crustacean from Mexico (Flabellifera: Cirolanidae). 8: 13-23.
- Bowman, T.E. 1987. Bahalana mayana, a new troglitic cirolanid isopod from Cozumel Island and Yucatan Peninsula. *Proc. Biol. Soc. Washington.* 100: 659-663.
- Bowman, T.E. & R. Franz. 1982. Anopsilana crenata, a new troglitic cirolanid isopod from Grand Cayman Island, Caribbean Sea. *Proc. Biol. Soc. Washington.* 95: 522-529.
- Contreras-Balderas, S. & D.C. Purata-Velarde, 1982. Specirolana guerrai sp. nov., cirolánido troglítico anoptalmo de la cueva de la Chorrera, Linares, Nuevo León, México. *Assoc. Mex. Cave Stud. Bull.* 8: 1-12.
- Crouau, Y. 1989. Feeding mechanisms of the Mysidacea. In Felgenhauer, B, L. Watling & A.B. Thistle (eds.), *Crustacean issues.* Vol. 6. pp. 153-171. Netherlands: A.A. Balkema.
- Creaser, E.P. 1936. Crustaceans from Yucatan. *Carnegie Inst. Washington.* 457: 117-132.
- Creaser, E.P. 1938. Large cave crustaceans of the Yucatan Peninsula. *Carnegie Inst. Washington.* 491: 159-164.
- Derby, C.D. 1989. Physiology of sensory neurons in morphologically identified cuticular sensilla of crustaceans. In Felgenhauer, B., L. Watling & A.B. Thistle (eds.), *Crustacean issues.* Vol. 6. pp. 27-48. Netherlands: Balkema.

- Elder, C. & W.K. Dodds. 1996. The ecology of a subterranean isopod, Caecidotea tridentata. *Freshwater Biol.* 35:249-259.
- Elliott, W.R. & R.W. Mitchell. 1973. Temperature preference response of some aquatic, cave adapted crustaceans from central Texas and northeastern Mexico. *Int. J. Speleol.* 5: 171-189.
- Escobar-Briones, E., M.E. Camacho & J. Alcocer. 1997. Calliasmata nohochi, new species (Decapoda: Caridea: Hippolytidae), from anchialine cave systems in continental Quintana Roo, México. *J. Crust. Biol.* 17: 733-744
- Escobar, E., L. Oseguera, E. Vázquez & J. Alcocer. 1998. The external morphology of the cephalothorax of the isopod Creaseriella anops. *Second International Isopod Conference*. Netherlands.
- Felgenhauer, B.E. 1987. Techniques for preparing crustaceans for scanning electron microscopy. *J. Crust. Biol.* 7: 71-76.
- Felgenhauer, B.E. & D.L. Felder. 1996. Gross anatomical and ultrastructural features of the cephalon in the remipede crustacean Speleonectes tulumensis. *Amer. Zool.* 36: 109A. Proceedings of the Society for Integrative and Comparative Biology.
- Furtos, N.C. 1936. On the Ostracoda from the cenotes of Yucatan and vicinity. *Carnegie. Instit. Washington.* 457: 89-115.
- García, E. 1988. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. E. García. México. 217 pp.
- George, R.Y. 1981. Functional adaptations of deep-sea organisms. In Jornberg, F.J. & W.B. Verndery (eds.), *Functional adaptations of marine organisms*. pp. 280-347. New York: Academic Press.
- Halcrow, K. & E.L. Bousfield. 1987. Scanning electron microscopy of surface microstructures of some gammaridean amphipod crustaceans. *J. Crust. Biol.* 7: 274-287.
- Hall, F.G. 1936. Physical and chemical survey of cenotes of Yucatan. *Carnegie. Inst. Washington* 457: 5-16.
- Hobbs, H.H. III. 1979. Additional notes on cave shrimps (Crustacea: Atyidae and Palaemonidae)

- from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Proc. Biol. Soc. Washington*. 92: 618-633.
- Hobbs, H.H. III & H.H. Hobbs Jr. 1976. On the troglobitic shrimps of the Yucatan Peninsula, Mexico (Decapoda: Atyidae and Palaemonidae). *Smithsonian Contr. Zool.* 240: 1-23.
- Holsinger, J.R. 1986. Zoogeographic patterns of North American subterranean amphipod crustaceans. In Gore, R.H. & K.L. Heck (eds.), *Crustacean issues*. Vol. 4. pp. 85-106. Netherlands: Balkema.
- Hubbs, C.L. 1936. Fishes of the Yucatan Peninsula. *Carnegie. Inst. Washington*. 457: 157-287.
- Hubbs, C.L. 1938. Fishes from the caves of Yucatan. *Carnegie. Inst. Washington*. 491: 261-295.
- Illife, T.M. 1993. Fauna troglobia acuática de la Península de Yucatán. In S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.), *Biodiversidad Marina y Costera de México*. pp 673-686. México: Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO.
- Jacques, F. 1989. The setal system of crustaceans: Types of setae, groupings, and functional morphology. In Felgenhauer, B, L. Watling & A.B. Thistle (eds.), *Crustacean issues*. Vol. 6. pp. 1-13. Netherlands: Balkema.
- Kaufman, R.S. 1994. Structure and function of chemoreceptors in scavenging lysianassoid amphipods. *J. Crust. Biol.* 17: 54-71.
- Kensley, B. & M. Schotte. 1989. *Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean*. Smithsonian Institution. Estados Unidos. 308 pp.
- Laverack, M.S. 1989. The diversity of chemoreceptors. In Atema J., R.R. Fay, A.N. Popper & W.N. Tavolga (eds.), *Sensory biology of aquatic animals*. pp. 287-312. New York: Springer-Verlag.
- Maderey, R.L. 1967. *Estudio preliminar sobre las aguas subterráneas en México*. Inst. de Geografía, UNAM. México. 77 pp.
- Martín, J.M. 1989. Morphology of feeding structures in the Conchostraca with special reference to Lynceus. In Felgenhauer, B, L. Watling & A.B. Thistle (eds.), *Crustacean issues*. Vol. 6. pp. 123-136. Netherlands: Balkema.
- Newell, R.C. 1976. *Adaptation to environment*. Butterworth. Gran Bretaña. 539 pp.

- Pearse, A.S. 1936. Fauna of the caves of Yucatan. *Carnegie Inst. Washington*. 457: 1-304
- Pearse, A.S. 1938. Fauna of the caves of Yucatan. Introduction. *Carnegie Inst. Washington*. 491: 1-17
- Pérez-Aranda, L. 1984. Cirolanidae: Cirolana anops. *Fauna Cenot. Yucatan*. N° 7. Univ. Autón. Yuc. Mérida. 13pp
- Pohlman, J. 1995. *Analysis of ecology of anchialine caves using carbon and nitrogen stable isotopes*. M. in Sc. Thesis. Texas A & M University. 127pp.
- Rodríguez-Almaraz, G.A. & T.E. Bowman. 1995. Sphaeralana karenae, a new species of hypogean isopod crustacean from Nuevo León, México. *Proc. Biol. Soc. Washington*. 108: 207-211
- Redell, J.R. 1977. A preliminary survey of the caves of the Yucatan Peninsula. *Assoc. Mex. Cave Study. Bull.* 6:215-296
- Redell, J.R. 1981. A review of the cavernicole fauna of Mexico, Guatemala and Belize. *Bull.* 27. Texas Memorial Museum. Austin. 327 pp.
- Sánchez, M., J. Alcocer, A. Lugo, M.R. Sanchez & E. Escobar. 1998. Variación temporal de las densidades bacterianas pláncnicas en cinco cenotes y dos cuevas sumergidas del noreste de Quintana Roo, México. In Mancilla J.M. & G. Vilaclara (eds.), *Cuadernos de investigación interdisciplinaria en Ciencias de la Salud, la Educación y el Ambiente*. Vol. 1. pp. 66-80. México:UNAM.
- Schram, F.R. & C.A. Lewis. 1989. Functional morphology of feeding in the Nectiopoda. In Felgenhauer, B, L. Watling & A.B. Thistle (eds.), *Crustacean issues*. Vol. 6. pp. 123-136. Netherlands: Balkema.
- Schultz, G.A. 1969. *How to know the marine isopod crustaceans*. Brown. Iowa. 234 pp.
- Spano, N. & A. Rapisarda. 1995. SEM carapace micro-morphology as a diagnostic character for some decapoda (Fam. Leucosidae). *Crustaceana*. 68: 489-493
- Stock, J.H., T.M. Iliffe & D. Williams. 1986. The concept of "anchialine" reconsidered. *Stygologia*. 2: 90-92.
- Tatsuki, T., S. Hac-Lip & N. Takahisa. 1989. Dry fracturing: A simple technique for scanning

electron microscopy of small crustaceans and its application to internal observations of copepods. *J. Crust. Biol.* 9: 409-413.

Tyson, G.E. & M.L. Sullivan. 1979. Antenular sencilla of the brine shirmp, Artemia salina. *Biol. Bull.* 156: 382-392

Wägele J.W. 1983. On the homology of antennal articles in isopoda. *Crustaceana.* 45: 31-37.

Wägele J.W. 1993. Isopoda. In Harrison F.W. & A.G. Hames (eds.), *Microscopy anatomy of invertebrates*. pp. 529-617. Nueva York: Wiley-Liss.

Watling, L. 1989. A classification system for crustacean setae based on the homology concept. In Felgenhauer, B, L. Watling & A.B. Thistle (eds.), *Crustacean issues*. Vol. 6. pp. 15-26. Netherlands: Balkema.