



**UNIVERSIDAD DEL  
MAR**

**campus Puerto Ángel**

**CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO TEMPRANO  
DESDE FECUNDACIÓN HASTA METAMORFOSIS DEL  
ERIZO *Rhyncholampas pacificus* (ECHINODERMATA:  
ECHINOIDEA) EN LA COSTA DE OAXACA, ALIMENTADO  
CON DIFERENTES DIETAS DE MICROALGAS**

**TESIS**

Que como requisito para obtener el Título profesional de

**Licenciada en Biología Marina**

Presenta

**Astrid Itzel Muñoz Álvarez**

Director de tesis

**Dr. Francisco Benítez Villalobos**

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2020



## Resumen

El desarrollo indirecto de las especies de erizos consiste en una serie de sucesos que en la mayor parte se puede resumir en fecundación, blastulación, gastrulación, prisma, larva y metamorfosis. Proceso importante en el ciclo de invertebrados marinos de fecundación externa como es el caso del erizo irregular *Rhyncholampas pacificus*, del cual se caracterizó el desarrollo embrionario y se evaluó la respuesta en el porcentaje de sobrevivencia con tres dietas.

Con el fin de conocer mejor el desarrollo temprano durante los meses de Noviembre (2018) a Febrero (2019) se recolectaron organismos en la Playa Panteón, Puerto Ángel, Oaxaca. Se indujo al desove y se cultivaron los embriones para documentar el desarrollo embrionario.

Se midieron los óvulos, los estadios larvales y el estadio de postlarva. Para la caracterización se tomaron los tiempos con ayuda de cronómetro y se observaron con ayuda de un microscopio óptico.

En el desarrollo embrionario se observaron dieciocho estadios, 2 células (56.5±2.12 min), 4 células (75.5±2.12 min), 8 células (103.5±4.94 min), 16 células (2 h 05 min), 32 células (2 hrs 35 min), 64 células (2 hrs 45 min), blástula temprana (3 hrs 04 min), blástula, blástula mesenquimal (4 hrs 40 min), gástrula temprana (8 hrs 50 min), gástrula (12 hrs 10 min), prisma (15 hrs), larva pluteus I (20 hrs), larva pluteus II (30 hrs 20 min), larva pluteus III (50 hrs 50 min), larva competente (6-7 días), larva pre-metamórfica (8-9 días) y postlarva (9-10 días).

Con respecto a ñas dietas probadas, se obtuvo mejor resultado con la mezcla de *I. galbana* y *C. muelleri*, se pudo llegar hasta el estadio de postlarva, la cual midió 386.78±105.99 µm, por lo tanto esta dieta propició una alta supervivencia (75-85%), mientras que con la mezcla de *I. galbana* y *T. suecica*, no se observó ningún cambio después del estadio de larva de ocho brazos y se registró una supervivencia más baja (43-35%). Existieron diferencias significativas en la supervivencia final de las larvas en ambos cultivos ( $F(1,14) = 15.322, p > 0.05$ ), al igual que en el tamaño de los brazos obtenidos por ambas dietas, entre las medidas de cada brazo ( $F(6,60), p < 0.05$ ). La evaluación de las dietas y la supervivencia larval se realizó un análisis

Muñoz-Álvarez A. I. Caracterización del desarrollo temprano de *Rhyncholampas pacificus*

de la varianza (ANOVA) y una prueba de Fisher para saber si existen diferencias significativas.

Estos resultados muestran que el desarrollo temprano desde fecundación hasta la metamorfosis de la especie *R. pacificus* se da de manera más rápida en comparación de otros equinoideos. La respuesta de esta especie ante el implemento de dietas microalgales demostraron que un estadio larval es idóneo ya que se logró alcanzar un estadio postlarval.

**Palabras clave:** Desarrollo embrionario, larva pluteus, equinoideos, postlarva, Pacífico sur de México.

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a todos los que me apoyaron y creyeron en mí para escribir y concluir este proyecto.

Se la dedico con todo mi amor y cariño a mis padres que sin ellos, no podría haber concluido esta etapa de mi vida, sin sus consejos, regaños, apoyo y su amor incondicional. Por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes. Por mostrarme el camino y nunca dejarme caer y aunque a veces era inevitable siempre estuvieron ahí para ayudarme a levantarme.

A mi hermano, por estar siempre a mi lado, por tener tiempo para escuchar mis sueños y apoyarme para que se hicieran realidad. Por ser mi amigo y confidente, a pesar de las pelias, eres una persona valiosa en mi vida, eres mi Juano banano.

A toda mi familia, porque siempre me motivaron con sus buenas vibras, porque fueron la base de formación de este individuo, cada uno de ustedes han aportado grandes cosas a mi persona y me han ayudado a enfrentar mis miedos.

A mi abue porque en ti encuentro una paz tan grande, al contarte mis miedos, mis metas, mis sueños. Por qué me reconfortas con tus palabras en cada plática, por ser ese ser de luz en mi camino.

## **Agradecimientos**

Me van a faltar palabras para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, personalmente se merecen un reconocimiento especial a mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Así mismo, agradezco infinitamente a mi Director de tesis el Dr. Francisco Benítez Villalobos, por su dedicación y compromiso, quien se ha tomado un arduo trabajo en transmitirme sus conocimientos además de su gusto por los equinodermos, por instruirme y guiarme en el complicado proceso de la realización de este trabajo.

A mis revisores M. en C. Leticia Sánchez Estudillo, Dra. Julia Patricia Díaz, Dra. María del Carmen Alejo y el Dr. Eugenio Carpizo Ituarte, por brindarme buenos consejos y comentarios para realizar mi manuscrito. Por asesorarme y por su paciencia, gracias. En especial a la M. en C. Leticia Sánchez Estudillo, por proporcionar las herramientas necesarias para realizar los cultivos de microalgas ampliando más mis conocimientos, además de brindarme su amistad.

A mis compañeros del laboratorio por darme opiniones, por la ayuda brindada durante la recolecta de mis organismos, las recomendaciones y sobre todo por sacarme de las dudas que surgieron en la experimentación, Margarita, Malu, Uriel, Isa y Penélope, muchas gracias

A Cris por ayudarme durante la experimentación, por quedarte conmigo las veces que fueron necesarias y hacer que el trabajo fuera menos pesado, por todos los buenos momentos y siempre creer en mí, gracias.

A Liliana porque siempre me animaste con tu forma de ser, por aquellas pláticas hasta muy noche, porque a pesar de la distancia sigues siendo parte de este pequeño grupo, por apoyarme en todo y ser mi mejor amiga, gracias.

A mi querido Wall, por echarme la mano cuando siempre la necesite, por ser mi amigo durante la carrera, por todos aquellos momentos llenos de alegría, eres una gran persona y me encantaría tenerte más tiempo a mi lado como mi mejor amigo

Muñoz-Álvarez A. I. Caracterización del desarrollo temprano de *Rhyncholampas pacificus*

y cómplice, pero sobre todo por aportar considerablemente en mi trabajo, muchas gracias .

A mis amistades de la Universidad que me ayudaron con motivaciones, momentos épicos que llenaron de muchas alegrías esta travesía, sobre todo por confiar en mí, como persona y como amiga, Roxana, Shuna, Isra, Oswaldo, Gabo, Isma, Lore, Sandra, Oscar, gracias a todos.

A los profesores que a lo largo de mi carrera me ayudaron a desarrollarme profesionalmente.

A la Universidad del Mar por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

Gracias!

*“SIEMPRE CREE EN TI MISMO, HAZ ESTO Y NO IMPORTA  
DÓNDE TE ENCUENTRES, NO TENDRÁS NADA QUE TEMER”*

*-Hayao Miyazaki*

## Índice

<b>1. Introducción</b>	1
1.1 <i>Echinoidea</i>	1
1.2 <i>Reproducción</i>	3
1.3 <i>Desarrollo temprano</i>	3
1.4 <i>Metamorfosis</i>	5
1.5 <i>Formación de testa en erizos irregulares</i>	6
1.6 <i>Rhyncholampas pacificus</i>	6
1.6.1 <i>Importancia ecológica</i>	7
1.6.2 <i>Distribución y Hábitat</i>	7
1.6.3 <i>Posición taxonómica de Rhyncholampas pacificus</i>	8
<b>2. Antecedentes</b>	8
<b>3. Justificación</b>	12
<b>4. Hipótesis</b>	12
<b>5. Objetivos</b>	13
5.1 <i>General</i>	13
5.2 <i>Específicos</i>	13
<b>6. Área de estudio</b>	14
<b>7. Material y Métodos</b>	15
7.1 <i>Recolecta de organismos</i>	15
7.2 <i>Inducción al desove</i>	15
7.3 <i>Fecundación</i>	17
7.4 <i>Desarrollo embrionario</i>	18
7.5 <i>Desarrollo larval</i>	19
7.6 <i>Dietas de microalgas</i>	20
7.7 <i>Metamorfosis</i>	21
<b>8. Resultados</b>	22
<b>8.1 Descripción embrionaria y larval</b>	22
8.1.1 <i>Blástula</i>	24
8.1.2 <i>Gástrula temprana</i>	25
8.1.3 <i>Gástrula</i>	25
8.1.4 <i>Prisma</i>	26
<b>8.2 Estadio larval de cuatro brazos</b>	27

<b>8.3 Estadio larval de seis brazos</b> .....	28
<b>8.4 Estadio larval de ocho brazos</b> .....	29
<b>8.5 Larva competente</b> .....	31
<b>8.6 Larva pre-metamórfico</b> .....	32
<b>8.7 Estadio postlarval</b> .....	33
<b>8.8 Evaluación de dietas de microalgas en larvas</b> .....	36
<b>9. Discusión</b> .....	40
<b>10. Conclusión</b> .....	45
<b>11. Literatura citada</b> .....	46

## Índice de figuras

Figura.1. Tipos de erizos de mar; A) erizos regulares, B) erizos irregulares (Diagrama modificado de Khanna y Yadav 2005).....	1
Figura.2.Linterna de Aristóteles, A) Vista general de la linterna dentro del erizo, B) Detalle de la rótula y pirámide, C) Dientes sobresalientes por la boca (Diagrama modificado de Zaballos <i>et al.</i> 2009).....	2
Figura.3.Ejemplares de <i>Rhyncholampas pacificus</i> .....	7
Figura.4.Mapa del área de muestreo en la playa de Panteón, Puerto Ángel, Oaxaca.....	14
Figura.5. Procedimiento para la inducción al desove, A) inyección de KCl, en la región oral, B) hembra desovando, C) recolección de espera seco de un macho...17	
Figura.6.A) Lavado del ovulo, B) Aforado a 4 litros.....	18
Figura.7. Mediciones registradas en la larvas de <i>P. miliaris</i> por Maeve <i>et al.</i> (2000), A) longitud larval, B) longitud corporal larval, C) ancho corporal larval, D) longitud postoral del brazo <b>PO</b> = brazo postoral.....	20
Figura.8.Cultivos de microalgas, A) <i>Tetraselmis suecica</i> , B) <i>Chaetoceros muelleri</i> , C) <i>Isochrysis galbana</i> .....	21
Figura.9.A) Ovulo sin ser fecundado, B) ovulo fecundado, se observa la presencia de la membrana de fecundación (flechas). Barra de escala: 50 $\mu$ m.....	22
Figura.10. Desarrollo embrionario de <i>Rhyncholampas pacificus</i> , A) estadio de 2 células, B) estadio de 4 células, C) estadio de 8 células, D) 16 células, se distinguen ya los mesómeros ( <b>me</b> ), macrómeros ( <b>ma</b> ) y micrómeros ( <b>mi</b> ), F) estadio de 32 células, G) estadio de 64 células. Barra de escala: 30 $\mu$ m.....	24
Figura.11.A) Blástula temprana, B) blástula, <b>BC</b> : blastocele, <b>PV</b> : polo vegetativo, C) blástula mesenquimal. Barra de escala: 30 $\mu$ m.....	25
Figura.12. A) Gástrula temprana, formación del blastoporo (flechas), B) estadio de gástrula, C) gástrula tardía, D) formación de las espículas trirradiadas (círculos). Barra de escala: 30 $\mu$ m.....	26

Figura.13. A) Estado de prisma, B) apreciación de las espículas trirradiadas, C) prisma en vista dorsal, D) larva pluteus de dos brazos, en el que se aprecia el estómago (e), ano (a) y la boca (m). Barra de escala: 30  $\mu\text{m}$  (A, B, C), 50  $\mu\text{m}$  (D)...27

Figura.14. A) Larva pluteus I (cuatro brazos) en el que se observa la banda ciliar encerrada en los círculos y una cibirta oral (**Ohl**), B) vista ventral de la larva pluteus I, en la que se puede apreciar el brazo postoral izquierdo (**lpo**), brazo postoral derecho (**rpo**), brazo anterolateral izquierdo (**la**), brazo anterolateral derecho (**ra**), varilla postoral derecha (**rpor**), varilla postoral izquierda (**lpor**) y la varilla del cuerpo (**br**). Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$ .....28

Figura.15. A) Larva pluteus II (seis brazos) en vista dorsal, se observan los nuevos pares de brazos, brazo posterodorsal derecha (**rpd**) y el brazo posterodorsal izquierdo (**lpd**), B) vista ventral, se puede apreciar el ano (**a**), estómago (**e**), boca (**m**) y la cubierta oral (**Ohl**). Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$ .....29

Figura.16. A) Larva pluteus III (ocho brazos), se observan los últimos brazos desarrollados, brazo preoral izquierdo (**lpr**) y brazo preoral derecha (**rpr**), B) vista dorsal (**da**), la boca (**m**), esófago (**e**), épauettes traseros (**ep**), varilla postoral izquierda (**lpor**), varilla postoral derecha (**rpor**), varilla anterolateral izquierda (**lar**), varilla anterolateral derecha (**rar**), varilla posterodorsal izquierdo (**lpdr**) y la varilla posterodorsal derecha (**rpdr**). Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$ .....30

Figura.17. A) Larva competente, B) se observa los épauettes delanteros (**ep**), épauettes traseros (**ept**), el rudimento (**r**), en esta etapa los brazos empiezan a doblarse (flecha). Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$ .....31

Figura.18. A y B) Estado pre-metamórfico, se puede apreciar la transición de la larva a postlarva, se observan los pies ambulacrales (**pa**), aun con la presencia de los brazos (**brs**), C y D) se notan las primeras espinas (**es**), más pies ambulacrales (**pa**) y el cuerpo larval (**cla**) aun presente. Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$ .....32

Figura.19. Tipos de espinas, A) se pueden apreciar las espinas gruesas, B) espinas largas y delgadas. Barra de escala: 450  $\mu\text{m}$ .....33

Figura.20. Zona oral, A) se observa una pieza calcárea (**p**), B) dientes unidos por la membrana, C y D) dientes maduros. Barra de escala: 450  $\mu\text{m}$ .....34

Figura.21. Zona oral, A) se observan cinco esferidios en forma de gota (círculos), además de observa la linterna primitiva de Aristóteles (líneas amarillas), B) se distinguen los pedicelarios tridentados (flechas). Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$  (B) y 450  $\mu\text{m}$  (A).....35

Figura.22. A) Vista dorsal de la postlarva, B) vista ventral, C) espícula circular del pie ambulacral, D) vista dorsal donde se notan las espículas ovaladas (esqueleto). Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$  (Ay B) y 450  $\mu\text{m}$  (C y D).....35

Figura.23. Se observan las microalgas dentro del estómago de la larva pluteus III (ocho brazos). Barra de escala: 450  $\mu\text{m}$ .....36

Figura.24. A) Se observan las microlagas en el estómago de la larva pluteus III, en los primeros días de alimentación , B) se puede apreciar el rudimento (estrella) el cual no es notorio y las puntas de los brazos (flechas) , empiezan a doblarse. Barra de escala: 100  $\mu\text{m}$ .....37

Figura.25. Supervivencia de larvas de *Rhyncholampas pacificus* alimentadas con diferentes dietas de microalgas y sus respectivas replicas. ....38

Figura.26. Tamaño de los brazos larvales en cada replica de las dietas implementadas; **PO** (brazo postoral), **PD** (brazo posterodorsal), **AL** (brazo anterolateral), brazo **preoral**; las estrellas muestran las primeras replicas en ambos casos .....39

## Índice de tablas

Tabla.1. Análisis de la Varianza para la evacuación de las dietas implementadas en el desarrollo temprano de *Rhyncholampas pacificus*.....38

Tabla.2. Tiempo del desarrollo temprano de diversos equinoideos.....41

Tabla.3. Comparación de las tallas del largo de las postlarvas de diferentes especies de equinoideos.....44