



**UNIVERSIDAD DEL MAR**  
*campus* Puerto Ángel

**Estrategias reproductivas de *Argonauta nouryi* Lorois, 1852  
(Cephalopoda: Argonautidae) en las costas de Oaxaca, México**

**T E S I S**

Que para obtener el Título Profesional de  
**Licenciada en Biología Marina**

Presenta:

**Nayely Martínez Santiago**

Directora:

**Dra. Ma. del Carmen Alejo Plata**

Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2018

## *Dedicatoria...*

*Llena de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto a mis padres Antonio y Pilar, quienes han sido mis pilares para seguir adelante que sin su amor y apoyo incondicional a pesar de la distancia, esto no hubiese sido posible.*

*con todo mi amor a las personas que llevo en mi corazón y se me adelantaron en el camino, a mi abuelita lipa †, mi abuelita Tere † y mi amigo Aníbal †.*

*Por ese amor incondicional a mi hermana Zaira*

## AGRADECIMIENTOS

A La Universidad del Mar por haberme formado paso a paso durante estos años.

Al proyecto “Calamares: Recurso pesquero alternativo para la costa de Oaxaca” CLAVE 2IR1609.

A mi directora de tesis la Dra. María del Carmen Alejo Plata, por haber compartido conmigo sus conocimientos, su amor y pasión por el mundo de los cefalópodos.

A mis revisores: Pablo Pintos, Genoveva, Juan Meraz y Francisco Benitez muchas gracias por formar parte en la revisión de esta tesis, sus aportes y consejos has sido invaluable.

Profa Geno, GRACIAS, por haberme guiado y ayudado a crecer profesionalmente, usted ha sido mi maestra, consejera y amiga.

A todos mis maestros, GRACIAS, por el tiempo de enseñanza, por regalarme esos momentos inigualables de las salidas de campo y prácticas de laboratorio, me llevo recuerdos muy muy GHINGONES.

A mis padres, Gracias mil GRACIAS por siempre estar, a ustedes les debo todo lo que soy, gracias a sus consejos y valores eh podido llegar hasta aquí, por su amor incondicional y esa confianza que depositaron en mi desde el día en que supieron que me iba de casa ¡LOS AMO!

Zaira, hermanita que hubiera hecho sin ti estos años, GRACIAS por acompañarme en esta trayectoria (aunque te enojaste que me fuera de casa) supimos superar la distancia y engrandecer nuestro amor bebé, quiero verte triunfar alcanzado tus sueños y verte muy feliz con lo que decidas ser porque te lo mereces, TE AMO.

Elisa, chiquita bebé que te puedo decir ya, que no sepas? Gracias por estar ahí cuando más necesitaba un patadón y decirme: “*vamos we tu puedes*” porque a pesar de la distancia te volviste la fuerza que necesitaba cuando quería abortar

la misión, bien dicen que no hace falta la misma sangre para ser familia, GRACIAS por todo, me llevaría más páginas que la tesis para agradecerte tanto amor, eres la mejor chiqui, TE AMO.

Pablo, Parece que fue ayer cuando te acercaste a pedirme ayuda en matemáticas 😊 jaja GRACIAS por estar todos estos años conmigo, por el apoyo incondicional, por preocuparte y estar al pendiente de mi cuando más lo necesite, porque hiciste mi vida universitaria la etapa más bonita, por tu amor, cariño y comprensión gracias, te deseo muchísimo éxito en tus proyectos personales y profesionales TE AMO 😊

Abi, bebé GRACIAS por estar en lo más difícil de este proyecto, por las porras que siempre me echaste, por esa confianza que depositaste en mi, por tu amor incondicional, por las clases súper rapidísimas de fotografía (te debo la vida), por estar, por ser amigo, porque aunque no tenías ni la menor idea de lo que hacía también te apasionabas conmigo, por todo mil GRACIAS 😊

Jaime (Papá) el loco de las conchitas mil GRACIAS por tu amor incondicional para conmigo eres lo mejor que pude encontrar en la universidad, un gustoso compartir tantos momentos de locura junto a ti... TE AMO

Selene, mi tuti que hubiera sido de mi sin tus elocuencias, juntas aprendimos muchas cosas, de ti si puedo decir GRACIAS por desvelarte conmigo estudiando mientras todos dormían, por ser mi roomie y por recordarme siempre lo grande que puedo ser... TE AMO

Lore (La galleta de bumbury) Gracias por tu amistad, consejos, tu apoyo incondicional por no dejarme sola y escucharme, por esa comunicación tan peculiar que teníamos en momentos difíciles te amo morra.

Quique, Hermanito fuiste a la primer personita que la hable cuando llegue a puerto como olvidar todas esas pláticas motivacionales te quiero mucho gracias por tu amistad.

A mi segunda familia, mis borrachos pudientes: Lore, Edgar, Jaimito, Jaime, Pablo, Ale, mil GRACIAS por estar ahí en whatsapp con sus memes y juntos echarnos porras porque ustedes también son bien chingones, gracias por saber ser familia y amigos, por esos “convivios” en los que me dormía o esas caminatas y amaneceres a las 4, 5, o 6 am, Gracias por haberme abierto las puertas de su corazón les estoy eternamente agradecida bebés ¡LOS AMO! 😊

Gaby, muchas gracias por sacarme del apuro y enseñarme a editar algunas fotos.

Mis chicas PARAFINA (Zara y Andrea), mi grupo de trabajo, parte fundamental al inicio de mi vida universitaria, gracias por compartirme de sus conocimientos, ÉXITO en todo chicas...

A mi generación 2011-2016, gracias por todo, fue muy agradable haber compartido estos 5 años de desvelos, estudios, trabajo, proyectos, charlas, risas, cotorreo, fiesta, enojos y sobre todo por esas salidas de campo que siempre quedaran guardadas en mi corazón, chicos son la onda!!! 😊

## CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS.....	iii
INDICE DE TABLAS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRAC .....	ix
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. Taxonomía .....	4
1.3. Descripción General.....	5
1.4. Distribución Geográfica .....	12
2. ANTECEDENTES .....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
4. HIPOTESIS .....	18
5. OBJETIVOS .....	18
6. ÁREA DE ESTUDIO .....	19
7. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
7.1. Trabajo de campo.....	21
7.2. Trabajo de laboratorio.....	21
7.2.1. Biometrías y obtencion de muestras .....	21
7.2.2. Identificación de Hectocotilos.....	25
7.2.3. Desarrollo embrionario .....	26
7.2.4. Procesamiento histológico .....	27
7.2.5. Análisis Microscópico.....	30
7.3 Trabajo de Gabinete.....	31
7.3.1 Relación Talla-Peso .....	31
7.3.2 Estimadores de densidad por Kernel (EDKs) .....	32
8. RESULTADOS.....	33
8.1. Estructuras de tallas.....	33
8.2. Relación Longitud de Manto-Peso.....	34
8.3. Cámara de crianza .....	35
8.4. Descripción gonadal macroscópica.....	36
8.5. Evaluación de la frecuencia de tallas de Ovocitos .....	38
8.6. Descripción gonadal microscópica.....	39



8.7. Descripción del desarrollo embrionario.....	43
8.8. Descripción de Hectocotilos.....	47
9. DISCUSIÓN.....	50
9.1. Estructura de tallas y relación talla-peso .....	50
9.2. Análisis histológico.....	51
9.3. Frecuencia de tallas de ovocitos y huevos.....	52
9.4. Desarrollo embrionario.....	54
9.5. Descripción de Hectocotilos.....	55
9.6. Estrategias reproductivas .....	56
10. CONCLUSIONES.....	58
REFERENCIAS.....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar de <i>Argonauta nouryi</i> recolectada en un estomago de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. LM: 23.63. Foto: Nayely Martínez Santiago.....	4
Figura 2. Vista lateral del manto de una hembra de <i>A. nouryi</i> , mostrando el sifón (S), ojos (O), manto (M) y membranas del primer par de brazos (Mb), recolectada en un estómago de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. LM: 32.71 mm. Foto: Nayely Martínez Santiago. ....	6
Figura 3. Corona circumpolar (CC) provista de ocho ventosas en la periferia de la parte oral, en el centro se observa el pico (P) de <i>A. nouryi</i> , recolectada en un estómago de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. LM: 16.8 mm Foto: Nayely Martínez Santiago. ....	7
Figura 4. Primer par de brazos con ventosas alrededor de la membrana de <i>A. nouryi</i> , recolectada en un estómago de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. LM: 32.71 mm. Foto: Nayely Martínez Santiago. ....	7
Figura 5. Ejemplar de <i>A. nouryi</i> hembra dentro de su concha incubando sus huevos, recolectada en un estómago de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. LC: 23.04 mm. Foto: Nayely Martínez Santiago.....	8
Figura 6. Vista lateral de la concha de <i>A. nouryi</i> recolectada en un estómago de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. LC: 23.04 mm. Foto: Nayely Martínez Santiago. ....	8
Figura 7 Comparación de las cámaras de crianza entre <i>A. nouryi</i> y su sinonimia <i>A. cornuta</i> . <b>A-B)</b> Cámara de crianza históricamente atribuido a <i>A. cornuta</i> . <b>C-D)</b> Cámara de crianza históricamente atribuido a <i>A. nouryi</i> . Tomado de Finn (2013). ....	9
Figura 8. Composición de la mandíbula de <i>A. nouryi</i> . <b>A)</b> Mandíbulas superior, <b>B)</b> Mandíbula inferior, <b>C)</b> Esquema de los dientes de la rádula, <b>D)</b> Microfotografía de la rádula, LM: 24.1 mm. Capuchón (c), Cresta (Cr), Rostro (R), Ala (Al). Dibujo: Oscar Illescas Espinoza. ....	10





Figura 9. Esquema descriptivo del Aparato digestivo y reproductor de una hembra de *A. nouryi*. Masa bucal (BM), Glándulas Salivales Anteriores GSA, Esófago (ESF), Glándulas Salivales Posteriores (GSP), Glándula digestiva (GD), Saco de tinta (ST), Apéndices Oviductales de la Glándula Digestiva (AODG), Ciego pilórico (CP), Estómago (EST), Buche (B), Vestíbulo (VB). LM: 24.1 mm. Dibujo: Oscar Illescas Espinoza. .... 11

Figura 10. Distribución geográfica de *A. nouryi*, tomado de Finn (2014). ..... 12

Figura 11. Localización del área de estudio, donde se indican los polígonos de pesca (zona sombreada) y las localidades de importancia pesquera de las flotas deportivas y ribereñas. .... 20

Figura 12. Medidas de *A. nouryi* donde se muestra la longitud del manto (LM) Foto: Nayely Martínez Santiago. .... 22

Figura 13. Medidas de la concha de *A. nouryi* que muestra la longitud de la concha (LC), altura de la concha (ALC) y el ancho de la concha (AC). Foto: Nayely Martínez Santiago. .... 22

Figura 14. Aparato digestivo y reproductor de una hembra de *A. nouryi*, (1) mandíbula, (2) Glándulas salivales anteriores, (3) Esófago, (4) Glándula digestiva, (5) Estómago, (6) Ciego pilórico, (7) Glándulas Salivales Posteriores, (8) Ovario, (9) Oviductos, Masa Bucal (MB). Foto: Nayely Martínez Santiago... 23

Figura 15. Esquema descriptivo de la cavidad del manto de una argonauta hembra. Sifón (S), Hectocotilo (H), Lamela Branquial (LB), Branquia (B), Ovario (OVA) tomado de Finn (2013). .... 24

Figura 16. Estructuras de tallas de *A. nouryi* en la costa de Oaxaca durante el periodo 2016-2017. .... 33

Figura 17. Relación entre el peso total y longitud de manto en hembras de *A. nouryi* en la costa de Oaxaca durante el periodo 2016-2017. .... 34

Figura 18. Cámaras de crianza de *A. nouryi* recolectadas en estómagos de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. Foto: Nayely Martínez Santiago ..... 35

Figura 19. Esquema del ovario de *A. nouryi*. Oviducto Proximal (OP), Glándula Oviductal (GO), Oviducto Distal (OD), Membrana Ovárica (MO). LM: 24.1 mm. Dibujo: Oscar Illescas Espinoza ..... 36



Figura 20. <b>A)</b> Vista de los oviductos de <i>A. nouryi</i> donde se observa claramente el Oviducto Proximal (OP), Glándula Oviductal (GO), Oviducto Distal (OD), Membrana Ovárica (MO). <b>B)</b> Ovario inmaduro. ....	37
Figura 21. <b>A)</b> Vista de los oviductos de <i>A. nouryi</i> donde se observa claramente el Oviducto Proximal (OP), Glándula Oviductal (GO), Oviducto Distal, Membrana Ovárica (MO). <b>B)</b> Ovario maduro. ....	37
Figura 22. Comparación de la sección transversal de una gónada madura de <i>A. nouryi</i> con la distribución de frecuencia de tallas del largo de ovocitos. Folículo post ovulatorios (POFS). H&E10xLM:19.6 mm. ....	38
Figura 23. Corte de Ovario en estadio inmaduro, tinción H&E: <b>A)</b> Células foliculares (CF), Núcleo (N), Folículo Primario (FP), Vitelo (V). 40x (LM: 19.6 mm); <b>B)</b> Folículo Secundario (FS) Células Foliculares (CF), Núcleo 40x (LM: 18.14mm). ....	40
Figura 24. Corte de Ovario en estadio maduro. Folículo Vitelogénico Terminal (FVT). Tinción H&E: 40x (LM: 22.53 mm). ....	40
Figura 25. Corte de Ovario en estadio de desove, tinción H&E: <b>A)</b> Ovocitos vitelogénicos (OVT), Corion (C), Invaginaciones (Invg). 10x (LM: 23 mm); <b>B)</b> Células Germinales (CG) 10 x (LM: 29.6 mm). ....	41
Figura 26. Corte de Ovario en estadio post desove Tinción H&E: folículos post ovulatorios (POFS). 10x (LM: 23.63 mm). ....	41
Figura 27. Corte de oviducto de <i>A. nouryi</i> . <b>A)</b> Espermatozoides (ESP) dentro del oviducto de una hembra inmadura 4x (LM: 19.6 mm); <b>B)</b> ovocitos dentro de los oviductos de una hembra en desove, Vitelo (V). 4x (LM: 25.52 mm), tinción: Tricrómica de Mallory. ....	42
Figura 28. Masa de huevos de <i>A. nouryi</i> . <b>A)</b> huevos dentro de la concha. <b>B)</b> coloración de los huevos en diferentes etapas. <b>C)</b> tallos de los huevos. Foto: Nayely Martínez Santiago .....	43
Figura 29. <b>A)</b> Estadio 1, Vitelo (V), Corion (c), Espacio previtelogénico (EP). <b>B)</b> Estadio 2, Blastodermo (bode), Comienzo de la reversión (zona punteada). ....	45
Figura 30. <b>A)</b> Estadio 3, Manto (M), Saco vitelino (SV), Lóbulo óptico (LO). <b>B)</b> Estadio 4, Saco de tinta (ST), Brazos (B). ....	45



Figura 31. **A)** Estadio 5, Manto (M), Ojos (O), Brazos (B). **B)** Saco vitelino (SV). Estadio 6, Saco vitelino (SV)..... 46

Figura 32. **A)** Estadio 7, Manto (M), Cromatóforos (Cr), Retina (R). **B)** Estadio 8, Saco de tinta (ST), Corona de brazos (CB). ..... 46

Figura 33. **A)** Hectocotilo de un *A. nouryi* macho encontrado en el interior de una hembra, Filamento del pene (FP), Ventosas (V), Depósito de espermátóforo (DE), Cromatóforos (CR). (LM: 16.63 mm, 1 gr.). **B)** Depósito de espermátóforo (DE). **C)** Filamento del pene de un hectocotilo dentro del ovario de una hembra (LM: 23.04 mm, 2.7 gr.). **D)** Brazo del macho de *A. nouryi* encontrado dentro de la cavidad del manto de la hembra con menor longitud de manto (LM: 13.9 mm, 34 gr.). ..... 47

Figura 34. Hectocotilos encontrados en una sola hembra de *A. nouryi* recolectada en un estómago de pez vela capturado en la costa de Oaxaca. LM: 33.41mm; 7.7 gr. .... 49



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de diafanización.....	25
Tabla 2. Criterios tomados en cuenta para determinar el desarrollo embrionario de <i>A. nouryi</i> tomados de Sukhsangchan (2009) y Sweeney <i>et al.</i> (1992). ....	26
Tabla 3. Proceso de deshidratación y transparentado. ....	27
Tabla 4. Inclusión de las muestras en Paraplast.....	27
Tabla 5. Desarrollo de la técnica hematoxilina-eosina (Humason, 1962) modificada por Bancroft <i>et al.</i> (1990). ....	28
Tabla 6. Desarrollo de la técnica de tinción tricrómica de Mallory (Humason, 1962). ....	29
Tabla 7. Desarrollo embrionario de <i>A. nouryi</i> . ....	44
Tabla 8. Relación de hembras de <i>A. nouryi</i> que presentaron hectocotilos. ....	48
Tabla 9. Comparación de información biológica de dos especies y una sinonimia de la familia Argonautidae con respecto a los datos obtenidos en el presente estudio de <i>A. nouryi</i> . Fuente: Naef, 1923; Rocha <i>et al.</i> 2001; Laptikhovsky y Salman, 2003; Sukhsangchan, 2009 y Vidal <i>et al.</i> 2010. ....	53



## RESUMEN

El género *Argonauta* es un grupo de pulpos epipelágicos que se encuentran en aguas templadas y tropicales de los océanos, los argonautas son conocidos como nautilus de papel por las hermosas conchas blancas de las hembras, la cual funciona como una cámara de ovoposición que protege a los huevos. Las observaciones de argonautas *in situ* son poco frecuentes debido a la complejidad de muestreo directo, pero su frecuencia en los estómagos de los depredadores (pez vela, marlin, dorado y barrilete) y los reportes de varamientos, sugieren que son abundantes, Los trabajos sobre la biología de argonautidos son escasos, por lo que el objetivo de esta investigación es evaluar las estrategias reproductivas en hembras de *Argonautas nouryi* a partir de análisis histológico. Las hembras fueron colectadas de estómagos de pez vela durante el periodo 2016-2017 en la costa de Oaxaca. Se extrajeron los ovarios y oviductos, se fijaron en solución Davidson y se procesaron con la técnica histológica de rutina, utilizando las tinciones de Hematoxilina-Eosina y Tricrómica de Mallory. Los resultados indican que *A. nouryi* tiene diferentes estrategias reproductivas, entre ellas la capacidad de copular con diferentes machos y almacenar espermatozoides en hembras inmaduras; es un desovador continuo con desarrollo asincrónico y presentan cuidado parental de los huevos, se describen microscópicamente cuatro estadios de madurez gonadal y ocho etapas de desarrollo embrionario.

Palabras clave: Desarrollo asincrónico, Brazo hectocotilizado, Fecundación, Reproducción, Golfo de Tehuantepec.



## ABSTRAC

The genus *Argonauta* is a group of epipelagic octopuses found in temperate and tropical waters of the oceans, Argonauts are known as paper nautilus by the beautiful white shells of the females, which functions as an oviposition chamber that protects eggs. Argonauts observations in situ are infrequent due to the complexity of direct sampling, but their frequency in the stomachs of predators (sailfish, marlin, dorado and skipjack) and reports of strandings suggest that they are abundant. The works on the biology of argonautides is scarce, so the objective of this research is to evaluate the reproductive strategies of the female *Argonauta nouryi* from histological analysis. The females were collected from sailfish stomachs during the period of 2016-2017 on the coast of Oaxaca. The ovaries and oviducts were removed, fixed in Davidson solution and processed with the routine histological technique, using Hematoxylin-Eosin and Mallory's Trichrome. The results indicate that *A. nouryi* has different reproductive strategies, such as the ability to copulate with different males and the capacity to store sperm in immature females; it is a continuous spawner with asynchronous development and present parental care of eggs in the Shell, four stages of maturity and eight stages of embryonic development are microscopically described.

Keywords: Asynchronous development, Fertilization, Gulf of Tehuantepec, Hectocotilized arm, Reproduction.

