

## DESARROLLO EMBRIONARIO Y LARVAL DE *BANKIA MARTENSI* (STEMPELL, 1899) (BIVALVIA: TEREDINIDAE) DE PUERTO MONTT, CHILE, OBSERVADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO

MARCEL VELÁSQUEZ<sup>1</sup>, CARLOS LIRA<sup>2</sup> & CARLOS S. GALLARDO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile.  
marcelvelasquez2@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Isla de Margarita,  
Venezuela.

<sup>3</sup>Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

**RESUMEN:** En el presente estudio se describe el desarrollo embrionario y larval del bivalvo perforador de madera *Bankia martensi*, en condiciones de laboratorio. Para esto, los cultivos se mantuvieron a una temperatura de  $10,5 \pm 1^\circ\text{C}$  y salinidad de 35 UPS. Entre los resultados obtenidos, se observó que *B. martensi*, puede presentar dos tipos de fertilización (interna y externa) que se manifiestan cuando los individuos se encuentran en condiciones normales o de estrés. Los espermatozoides presentaron una longitud total de  $37,4 \pm 2,55 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ), mostrando el patrón general señalado para este tipo de gametos, mientras que los ovocitos eran esféricos y con un diámetro de  $47,5 \pm 0,44 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ). Las etapas del desarrollo embrionario obtenidas mediante la fertilización interna y externa tuvieron una duración de 16 y 24 horas, mientras que las del desarrollo larval 52 y 56 días, respectivamente.

Palabras clave: Fecundación externa, gametos.

**ABSTRACT:** The present study describes the embryonic and larval development of wood-boring bivalve *Bankia martensi* under laboratory conditions. The cultures were conducted at a temperature of  $10.5 \pm 1^\circ\text{C}$  and 35 UPS of salinity. Among the results, it was found that *B. martensi* can present two kinds of fertilization (internal and external) that can be apparent when the individuals are under normal or stressful conditions. Sperm showed an overall length of  $37.4 \pm 2.55 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ), showing the general pattern noted for this type of gametes, while oocytes were spherical with a diameter of  $47.5 \pm 0.44 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ). The stages of embryonic development obtained by the internal and external fertilization lasted for 16 to 24 hours, while that of larval development 52 and 56 days, respectively.

Key words: External fertilization, gametes.

### INTRODUCCIÓN

Los moluscos bivalvos de la familia Teredinidae Rafinesque, 1815 son conocidos como moluscos “perforadores” debido a que horadan su madriguera en los lugares donde se fijan (maderas) (TURNER 1966; CANTERA 2010; VELÁSQUEZ *et al.* 2011). En las comunidades costeras de muchas partes del mundo, son considerados una plaga y constituyen uno de los principales agentes biológicos involucrados en la degradación de diferentes estructuras de madera tales como pilotes de muelles, embarcaciones pesqueras, viviendas, entre otros, en ambientes marinos y estuarinos (MENZIES & TURNER 1957; ROJAS & SEVEREYN 2000).

Esta familia incluye un total de 71 especies, de las que se conocen aproximadamente 31 para el océano Atlántico y unas 26 para el Pacífico (TURNER 1966; SCHELTEMA 1971; HENDRICKX 1986; CANTERA 2010; DISTEL *et al.* 2011). En Chile han sido reportadas las especies *Lydorus pedicellatus* y *Bankia martensi*; la primera hasta el momento sólo ha sido documentada para el Archipiélago de las islas Juan Fernández y la segunda desde Valparaíso hasta Punta Arenas (TURNER 1966; STUARDO *et al.* 1970; CAMPOS & RAMORINO 1990; REID & OSORIO 2000; VELÁSQUEZ *et al.* 2011).

En cuanto a la reproducción, se conoce que pocas especies de Teredinidae, presentan sexos separados

(especies gonocóricas), pero en general la mayoría son hermafroditas (SIGERFOOS 1908; COE 1941; NAIR 1956; TURNER 1966; TURNER & JOHNSON 1971; HOAGLAND & TURNER 1981). En el caso de *B. martensi*, presenta hermafroditismo del tipo simultáneo en etapa adulta, llegando a desarrollar madurez sexual femenina temprana, lo que es considerada una estrategia favorable en especies oportunistas (SPORMAN *et al.* 2006).

En Chile *B. martensi*, ha sido objeto de diversos estudios, que van desde la evaluación del impacto que causan en estructuras de madera (STUARDO *et al.* 1970), biología larval (CAMPOS & RAMORINO 1990), patrones de reclutamiento (SPORMAN *et al.* 2006), distribución vertical y abundancia de sus larvas en los canales de los fiordos de la región Patagónica chilena (BALBONTÍN *et al.* 2009) hasta la documentación de fecundación “interna” o paleal en individuos de esta especie (VELÁSQUEZ *et al.* 2011).

El presente trabajo busca contribuir con el conocimiento de algunos aspectos de la biología reproductiva de *B. martensi*, tales como la descripción de las etapas de desarrollo embrionario y larval en condiciones de laboratorio. Ya que el conocimiento de estos aspectos es relevante en estudios de ecología y biología larval para el manejo de esta especie, que es considerada una plaga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### OBTENCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LOS REPRODUCTORES

Ejemplares de *B. martensi* fueron obtenidos en la localidad pesquera de Caleta Yerba Buena (41°40'34" S - 72°39'43" W), Puerto Montt, Sur de Chile, en el mes de septiembre de 2009. La recolección de los organismos fue realizada mediante buceo con equipo autónomo (SCUBA), extrayendo maderos que se encontraban sumergidos en el mar, a una profundidad promedio de 10 m y que presentaban evidencias de perforaciones.

Los troncos que presentaban individuos vivos fueron colocados en un contenedor térmico con agua de mar suficiente para mantener húmedos los troncos durante su transporte hacia el Laboratorio de Recursos Acuáticos de la Universidad Austral de Chile (UACH), de Calfuco (Costa Valdiviana), Región de Los Ríos.

Una vez en el laboratorio, fueron seleccionados cuatro troncos de 1,2 m de largo y colocados por pares en dos

acuarios distintos de circuito abierto, dotados con un sistema de intercambio de agua de mar filtrada a 0,5  $\mu\text{m}$ , con una temperatura y salinidad promedio de  $10,5 \pm 1^\circ\text{C}$  y 35 UPS, respectivamente. El periodo de aclimatación de los animales fue de 24 a 48 horas, seguido a esto se iniciaron los ensayos para la obtención de los gametos y el inicio de los cultivos.

### Obtención de los gametos, fecundación y desarrollo embrionario

La inducción del desove fue lograda por estrés térmico sumergiendo los troncos en agua de mar a  $9^\circ\text{C}$ , en uno de los acuarios. Las condiciones iniciales fueron mantenidas inalterables en el segundo acuario para su uso como control.

Aproximadamente diez minutos después del estrés térmico se produjo la liberación de los gametos, los cuales fueron recolectados con ayuda de un gotero y colocados en tres recipientes de vidrio de 250 ml con agua de mar filtrada, por un periodo de 20 minutos, hasta obtener fecundación. Los óvulos que resultaron fertilizados fueron diferenciados de los no fertilizados, por presentar la membrana de fecundación, esta observación fue realizada con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Posteriormente, los huevos fueron tamizados para eliminar el exceso de espermatozoides.

Fueron seleccionados 750 óvulos fertilizados y distribuidos equitativamente en tres recipientes de vidrio de 1,5 litros cada uno. Cada recipiente de cultivo estaba dotado con agua de mar filtrada con un filtro de 0,5  $\mu\text{m}$  y esterilizada con luz UV, a una temperatura de  $10^\circ\text{C}$  y una salinidad de 35 UPS, dotados de aireación continua. La densidad de los cultivos fue de 250 óvulos/litro; además, diariamente se realizó un recambio parcial del agua de los recipientes de cultivo, correspondiente al 30 % del volumen total. Se mantuvo un ciclo de 13 horas de luz y 11 horas de oscuridad para simular lo más parecido a un ciclo diario de luz acorde con la estación del año.

Para llevar a cabo el seguimiento del desarrollo embrionario, cada 10 minutos, durante el primer día, fueron tomadas muestras provenientes de cada uno de los recipientes de cultivo, y observadas con ayuda de un microscopio de luz. A partir de esta etapa, se comenzó a suministrar *Isochrysis* sp. como alimento, a una concentración de  $100 \text{ cel.}\mu\text{m}^{-1}$ .

## Desarrollo larval

Para la observación de los estadios larvales y postlarvales fueron tomadas muestras provenientes de los cultivos cada 24 horas y se observaron con ayuda de un microscopio de luz. Luego de cada observación, parte de las muestras observadas durante cada una de las distintas etapas del desarrollo (4 individuos) fueron fijadas en formaldehído al 4 % neutralizado, para su posterior análisis.

La observación, medición y fotografiado de: óvulos, espermatozoides, cigotos, larvas y postlarva se realizó con ayuda de un microscopio Olympus modelo BX51 provisto de una cámara digital Jenoptik Laser, conectada a un computador provisto con el programa Progres® Capture Pro 2.5, con el que se realizaron las mediciones.

Aunque *B. martensi* pareciera ser la única especie de Teredinidae presente en el área de estudio (TURNER, 1966; BALBONTÍN *et al.* 2009), de igual manera todos los individuos adultos fueron extraídos de los troncos con la ayuda de pinzas, martillo y cincel y preservados en alcohol al 70 % para posteriormente confirmar su identidad, empleando para ello la estructura de las paletas, de acuerdo con lo establecido en la clave para la familia Teredinidae de TURNER (1966).

La terminología empleada para la descripción de las etapas embrionarias fue adoptada de LOOSANOFF & DAVIS (1963). Mientras que para los estadios larvales y postlarvales, se utilizó la terminología de REES (1950); CHANLEY & ANDREWS (1971); URIBE & LÓPEZ (1980); RAMORINO & CAMPOS (1983) y CAMPOS & RAMORINO (1990), basada en las características externas de la concha y la aparición de órganos internos.

El tamaño de los gametos fue establecido como la longitud total de los espermatozoides y diámetro de los ovocitos. Mientras que en los estadios larvales, la longitud (L) fue tomada desde eje apical hasta eje ventral de la trocófora. En las larvas veliger, charnela recta, umbonada, y en la postlarva, la longitud (L) de la concha se definió como la máxima distancia anteroposterior paralela a la línea de la charnela, y la altura (A) se consideró la mayor dimensión de la concha sobre una línea perpendicular a la línea de la charnela. La obtención de los tamaños promedio y desviación estándar ( $X \pm DE$ ), para cada uno de los casos fue el resultado de la medición

de 20 individuos durante cada una de las etapas de desarrollo.

La duración de las etapas embrionarias, larvales y postlarvales, se definió como el tiempo promedio que tardó en pasar el 50 % de los individuos de un estado al siguiente.

## RESULTADOS

### OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS GAMETOS

Los ejemplares sometidos a estrés térmico comenzaron a liberar los gametos al cabo de diez minutos, mientras que en el acuario control, después de una semana se observó que los individuos de mayor tamaño introducían los sifones exhalantes en los sifones inhalantes de los más pequeños, para descargar esperma en la cavidad paleal de estos últimos (fecundación “interna”); después de haber transcurrido 15 minutos aproximadamente, los individuos de menor tamaño liberaron óvulos fecundados, caracterizados por la presencia de una membrana de fecundación.

Entre las características que presentaron los gametos, se observó que la longitud total de los espermatozoides de *B. martensi* fue de  $37,4 \pm 2,55 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ). Estos mostraron el patrón general señalado para este tipo de gametos, el cual consiste en la presencia de una cabeza con forma cónica que contiene al acrosoma y el núcleo, seguido de la región de la “cola” constituido por un flagelo simple cuya longitud era tres veces la longitud de la cabeza. Por otra parte, los óvulos se caracterizaron por presentar abundante vitelo y una forma ovalada al momento de ser liberados, pero después de varios minutos fueron tomando forma esférica; con un diámetro de  $47,5 \pm 0,44 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ; Tabla 1) y un color blanco grisáceo. Al microscopio presentan un aspecto granular por el vitelo ampliamente distribuido en el citoplasma.

El diámetro promedio de los huevos con membrana de fecundación fue de  $49,6 \pm 5,4 \mu\text{m}$  ( $n=100$ ) en los obtenidos por fecundación “interna” y de  $51,4 \pm 6,4 \mu\text{m}$  ( $n=100$ ) para los de fecundación externa. Mientras que el desarrollo larval tuvo una duración de 52 y 56 días para los organismos obtenidos por fecundación “interna” y externa, respectivamente. Para los individuos obtenidos con fecundación “interna” no fue determinada la talla de otros estadios de desarrollo, ya que no habían sido

TABLA 1. Medidas promedio ( $\mu\text{m}$ ) de los gametos, estadios larvales y post-larval de *B. martensi* en condiciones de laboratorio a una temperatura de 10 °C (n=20).

Gametos y estadios	Medidas ( $\mu\text{m}$ ) $\pm$ DE
Espermatozoides	L: 37,4 $\pm$ 2,55
Huevos sin fecundar	D: 47,5 $\pm$ 0,44
Larva trocófora	L: 49,9 $\pm$ 0,65
Veliger de charnela recta "D"	L: 58,6 $\pm$ 0,07    A: 45,3 $\pm$ 0,07
Veliger umbonada	L: 140,8 $\pm$ 0,26    A: 149,2 $\pm$ 0,18
Pediveliger	L: 253,1 $\pm$ 0,06    A: 317,2 $\pm$ 0,22

L= largo; D = diámetro; A= altura y n= tamaño de la muestra.

considerados dentro de presente estudio, por lo tanto las medidas de los estadios embrionario, larval y postlarval que se muestran en el presente estudio corresponden solo a las organismos obtenidos por fertilización externa.

#### DESARROLLO EMBRIONARIO

A los 10 minutos de haber sido recolectados, los gametos, óvulos y espermatozoides, de los ejemplares que presentaron fecundación externa, pudo evidenciarse la aparición de la membrana de fecundación (Fig. 1), carácter que indicó la fertilización de los óvulos. Luego de 1:20 horas después de la fertilización (DF), comenzó la formación del primer lóbulo polar (Fig. 2A) y a las 1:30 horas DF apareció el segundo lóbulo polar (Fig. 2B).

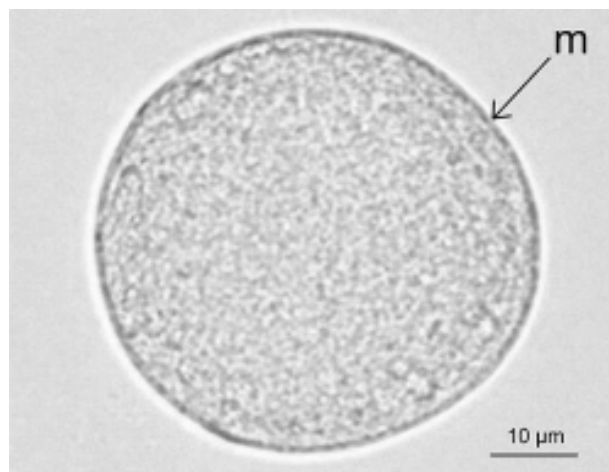


Fig. 1. Óvulo de *B. martensi* obtenido bajo condiciones de laboratorio. (m= membrana de fecundación).

Una vez formado el segundo lóbulo polar, se dio inicio al primer clivaje de la célula, que tuvo lugar aproximadamente a las 2:10 horas DF. La primera división fue meridional y atravesó totalmente el citoplasma de la célula. Resultando en la formación de los blastómeros AB y CD. El blastómero CD fue de mayor tamaño debido a la incorporación del primer lóbulo polar (Fig. 2C).

El segundo clivaje también fue meridional y total, con un ángulo de aproximadamente 60° respecto al primero, comenzó en el polo animal a las 3:10 horas DF y estuvo acompañado del tercer y último lóbulo polar observado. Con este clivaje se originó la formación del primer cuarteto de blastómeros, de los cuales los tres primeros eran similares en tamaño (blastómeros A, B, C), y uno de mayor dimensión (blastómero D) debido a la incorporación del tercer lóbulo polar (Fig. 2D). Por el carácter espiral de la segunda segmentación, los blastómeros A y C se ubicaron hacia el polo animal mientras que, los blastómeros B y D lo hicieron hacia el polo vegetal.

El tercer clivaje tuvo lugar a las 4:50 horas DF siendo supraecuatorial y en espiral, dando lugar a una mórula de 8 blastómeros constituidos de la siguiente manera: 4 micrómeros o segundo cuarteto (1a, 1b, 1c y 1d) ubicados en el polo animal sobre los límites de los macrómeros y desplazados en sentido horario o dextrógiro, y 4 macrómeros en el polo vegetativo (1A, 1B, 1C y 1D).

Después del tercer clivaje se perdió la sincronía de las divisiones, observándose a las 5:40 horas DF la división del primer grupo de micrómeros que dieron lugar a la formación de un nuevo grupo de células hijas (1a<sup>2</sup>, 1b<sup>2</sup>, 1c<sup>2</sup> y 1d<sup>2</sup>), dejando así, a la célula en un estadio de mórula de 12 blastómeros (Fig. 2E). El estado de mórula de 16 blastómeros, se alcanzó 5:50 horas DF, producto de la división de los macrómeros del primer cuarteto.

La blástula apareció a las 6:30 horas DF y finalizó a las 10:10 horas DF; con el inicio de la gastrulación. *B. martensi* presentó una blástula del tipo esteroblástula. A las 11:20 horas DF se observó la aparición de un grupo de cilios alrededor de la región ecuatorial del embrión que señalaron la ubicación de 10 trocoblastos primarios que se formaron a partir del primer cuarteto de micrómeros.

Posteriormente se observó la aparición de la gástrula (Fig. 2F). Los embriones en esta etapa desarrollaron un leve movimiento rotatorio que indicó el final de la etapa

embrionaria. La cubierta vitelina se mantuvo durante todo el desarrollo embrionario.

#### Desarrollo larval y postlarval

La aparición de los primeros estadios, aún poco desarrollados, de larva trocófora se evidenció aproximadamente 24 horas DF, y midieron  $49,9 \pm 0,56 \mu\text{m}$  de largo (Tabla 1), trocóforas completamente desarrolladas se obtuvieron 30 horas DF. En ellas se observó claramente la presencia de una banda de cilios empleada para la natación (Fig. 3A). La aparición de la glándula de la concha ocurrió aproximadamente a la edad de 41 h originándose como una invaginación en la superficie dorsal de la larva.

A las 68 horas DF, por secreción de la glándula de la concha, comienza la formación de dos valvas unidas por el provínculum, que se extienden a ambos lados de la larva partiendo de la región antero-dorsal hasta envolverla parcialmente formando una concha delgada y transparente. A medida que ocurre todo el proceso, los cilios que se encontraban dispuestos alrededor de la larva se fueron limitando a la región basal de la misma para posteriormente dar origen al velum.

Al cabo de aproximadamente 3 días DF se observó el primer estado veliger; larva D o charnela recta (Fig. 3B); éstas efectuaban leves movimientos natatorios en sentido de las agujas del reloj. Durante esta etapa se observó que las larvas empleaban los cilios para formar leves corrientes de agua con los que atrapaban el alimento. A estas larvas también se les denominan prodisoconcha I, y su tamaño promedio fue de  $58,6 \pm 0,07 \mu\text{m}$  de largo por  $45,3 \pm 0,07 \mu\text{m}$  de alto (Tabla 1).

A la edad de 5 días DF se observó por transparencia, a través de las conchas, la presencia de los músculos retractores el estómago e inició su desarrollo la glándula digestiva en la zona media de la larva, ésta se evidenció totalmente a la edad de 35 días DF tomando una coloración oscura y una forma redondeada multiglobosa. En este momento la mayoría de larvas alcanzaron el estado de véliger umbonada con la formación de la prodisoconcha II y un tamaño de  $140,8 \pm 0,26 \mu\text{m}$  de largo por  $149,2 \pm 0,18 \mu\text{m}$  alto (Tabla 1), la superficie externa de las conchas presentó finas estrías concéntricas.

Entre los 36 y 39 días de edad de las larvas no se observaron grandes cambios. A los 42 días de edad DF, conforme aumentaba el tamaño de las larvas se hacía cada

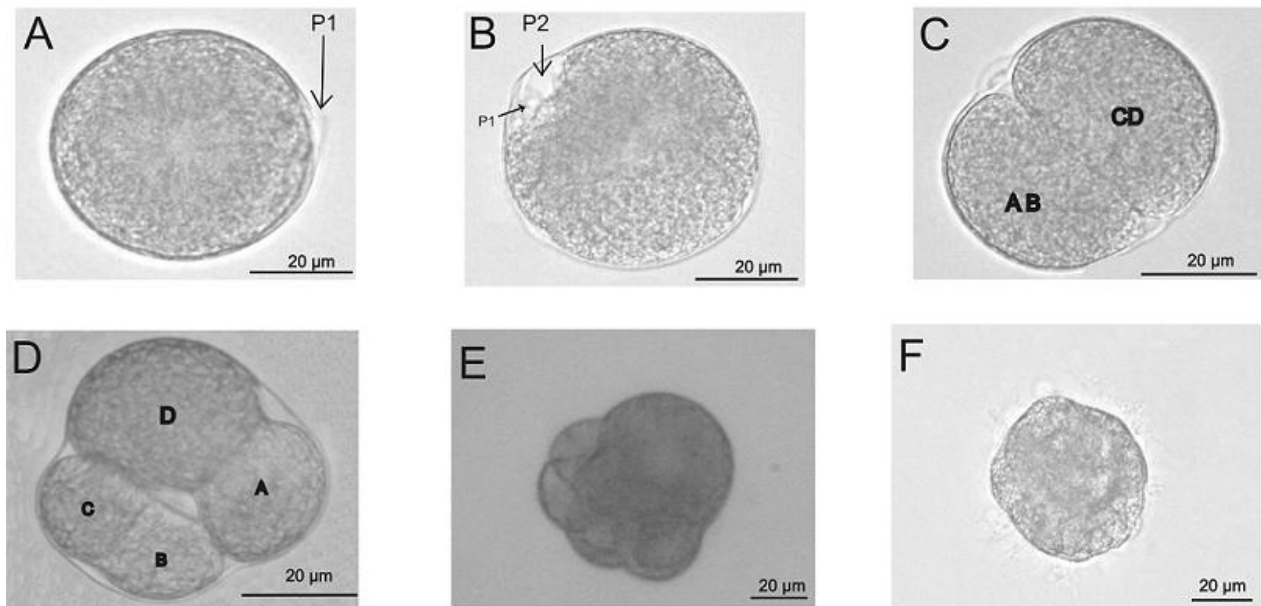


Fig. 2. Etapas del desarrollo de embrionario (A-F) de *B. martensi*, obtenido bajo condiciones de laboratorio. (A= formación del primer lóbulo polar (P1), B= segundo lóbulo polar (P2), C= primer clivaje celular (blastómeros AB-CD), D= segundo clivaje celular (blastómeros A, B, C y D), E= tercer clivaje celular, F=gástrula.

vez más evidente la presencia del umbo localizado dorso centralmente en la larva (Fig. 3C-D); además se observó la presencia de un velo circular y numerosos cilios cortos en la zona central, éstos le permitieron a la larva realizar movimientos circulares de desplazamiento. A los 56 días edad de la larva DF se obtuvo las primeras pediveliger de  $253,1 \pm 0,06 \mu\text{m}$  de longitud por  $317,2 \pm 0,22 \mu\text{m}$  de alto (Tabla 1; Fig. 2E).

Con la metamorfosis, los organismos reabsorbieron algunas estructuras larvales como el velum, los músculos del velum, las manchas oculares, el músculo aductor anterior y el pie; éste último que en las larvas pediveligeras es alargado comienza a acortarse y a tomar una forma cilíndrica, los sifones casi duplican su tamaño inicial (Fig. 3F). El borde del manto comienza a secretar la disoconcha, que se desarrolla primero a lo largo del margen anterior de la concha, de donde se va originando un ligero borde dentado que empleará para horadar la madera. Los rudimentos branquiales son reemplazados por los filamentos branquiales definitivos. La larva competente midió  $253,1 \pm 0,06 \mu\text{m}$  de longitud y  $317,2 \pm 0,22 \mu\text{m}$  de alto (Tabla 1).

## DISCUSIÓN

Los dos modos de fertilización (“interna” y externa) empleados por *B. martensi* durante la realización del presente estudio, se manifestaron en respuesta de las condiciones a las cuales estuvieron expuestos los individuos en el laboratorio, esto permite tener una idea de lo que pudiera ser el comportamiento reproductivo de la especie en su ambiente natural e inferir que ésta, al igual que otras congénéricas, llevan a cabo uno de estos dos tipos de fecundación en función de las situaciones de estrés o calma en las que se puedan encontrar. Por otra parte algunos autores señalan que la fecundación “interna” es una característica que parece haber evolucionado recientemente en los individuos de la subfamilia Bankiinae (DISTEL *et al.* 2011). Además, se piensa que la fecundación “interna” ayuda a incrementar las probabilidades de los espermatozoides entrar en contacto con óvulos (POPHAM 1974).

Según TURNER & JOHNSON (1971), en algunas especies de la familia Teredinidae, los individuos que llevan a cabo la fertilización “interna” o paleal, pueden expulsar

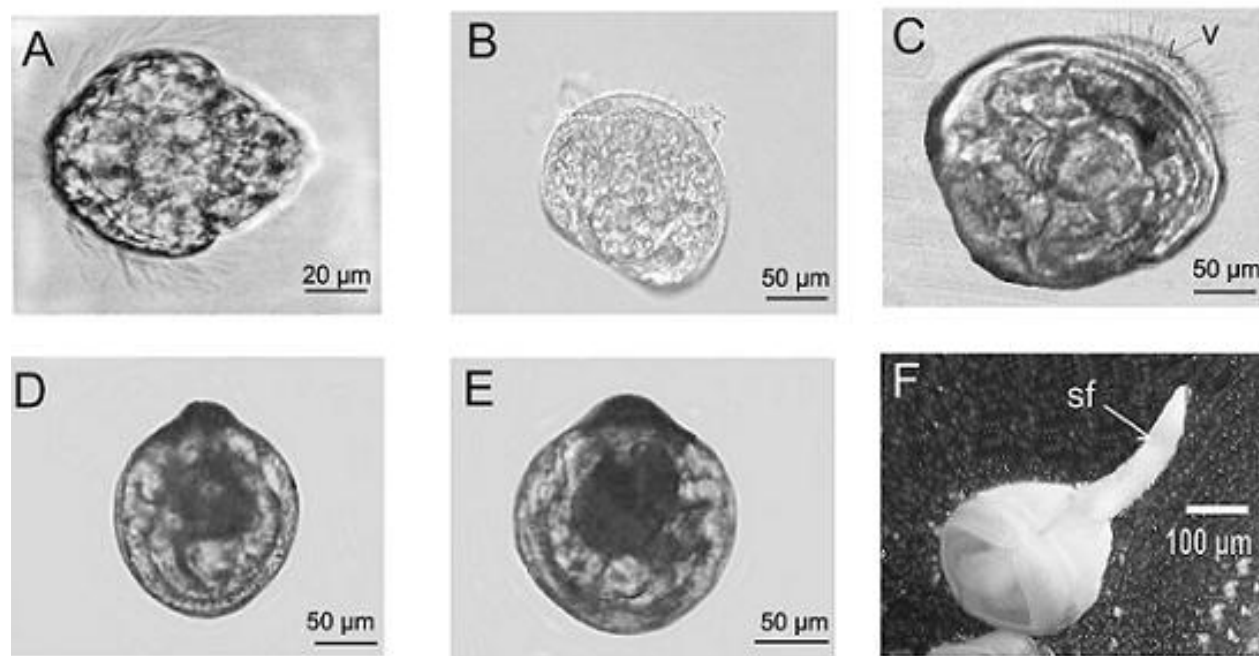


Fig. 3. Etapas del desarrollo larval (A-E) y post-larval (F) de *B. martensi*, obtenidas bajo condiciones de laboratorio. (A= larva trocófora, B= veliger de Charnela recta “D”, C= veliger umbonada, velum (v), D-E= veliger umbonada, F= postlarva, sifones (sf)).

los huevos inmediatamente después de que ocurre la fertilización, tal como fue observado en el presente estudio. Mientras que otras especies retienen los huevos en la cámara branquial, donde es llevado a cabo el desarrollo de los individuos, hasta el momento de ser liberados. El patrón de desarrollo en los individuos obtenido mediante fertilización “interna” o externa es igual para todas las especies de la familia Teredinidae (TURNER & JOHNSON 1971).

El diámetro determinado para los ovocitos de *B. martensi* en el presente estudio (Tabla 1) está dentro del intervalo de medidas documentado para especies congénicas provenientes de distintas regiones y que presentan el mismo tipo de estrategia de fecundación (“interna” y “externa”) y el mismo tipo de desarrollo, como son: *B. fimbriatula* (fide TURNER & JOHNSON 1971), *B. gouldi* (fide CULLINEY 1975; MANN & GALLAGER 1984) y *B. indica* (fide NAIR 1956), todas con ovocitos con diámetro promedio de 45  $\mu\text{m}$ ; y *B. setacea* con ovocitos de 47  $\mu\text{m}$  (TOWNSLEY *et al.* 1966; QUALEY 1953). CAMPOS & RAMORINO (1990) registran diámetros promedio de 49,7  $\mu\text{m}$  para *B. martensi* procedente de Valparaíso, valor muy cercano al hallado en el presente trabajo (Tabla 1).

Las sucesivas divisiones o clivajes celulares observados durante las etapas del desarrollo embrionario de la especie en estudio, siguieron el patrón general de división en espiral, el cual se hizo evidente después de las dos primeras divisiones (Fig. 2E), debido a que el plano de citocinesis fue diagonal al eje polar, dando como resultado una disposición espiral de las células, cada una localizada arriba y entre las dos células subyacentes. Este patrón de división es considerado una característica, así como el estadio larval trocófora (PAPS *et al.* 2009), que comparten los representantes de los Phyla Mollusca, Annelida, Entoprocta, Nemertea, Sipuncula, entre otros (RAVEN 1958; VERDONK & VAN DEN BIGGELAAR 1983; HICKMAN *et al.* 2006). A pesar que los patrones de desarrollo temprano de estos Phyla son muy parecidos, la morfología de los adultos varía ampliamente entre ellos (HENRY *et al.* 2010).

El desarrollo embrionario de *B. martensi* tuvo una duración aproximada de 24 horas hasta el momento que aparecieron las primeras larvas trocóforas (Tabla 2). Esta etapa del desarrollo de la especie no había sido documentada hasta la fecha. Sería importante determinar el tiempo que demora el desarrollo embrionario a diferentes temperaturas a fin de estandarizar los resultados y cuantificar la importancia de este factor

abiótico en la embriogénesis como ha sido demostrada en diversas especies (LOOSANOFF & DAVIES 1963; SASTRY 1979; CHAPARRO & SANHUEZA 1986; TOLEDO *et al.* 1990).

Según lo observado en el presente estudio, la obtención de las larvas trocófora 24 horas después de la fertilización de los gametos, concuerda con los resultados obtenidos por CAMPOS & RAMORINO (1990) en cultivo realizado con individuos conoespecíficos a una temperatura que oscilaba entre 13 y 17 °C. Este estadio es alcanzado más rápidamente a mayores temperaturas, al menos en otras especies congénicas, tal como lo documentan TURNER & JOHNSON (1971) y CULLINEY (1975) durante el cultivo de las especies *B. fimbriatula* y *B. gouldi*, ya que estos autores reportan la aparición de las primeras larvas trocóforas entre las 12 y 14 horas después de la fertilización de los gametos a temperaturas entre 20 a 25 °C. La altura promedio de las larvas trocóforas obtenidas en el presente estudio (Tabla 1), es comparable con la reportada por CULLINEY (1975) para la especie *B. gouldi* (50  $\mu\text{m}$ ); hasta el momento, estos estudios constituyen los únicos donde se tienen documentadas tallas de larvas trocóforas del género *Bankia*.

TABLA 2. Tiempo promedio de las etapas del desarrollo embrionario, larval y post-larval de *Bankia martensi*, observadas después de la fertilización, obtenidas en condiciones de laboratorio a una temperatura de 10 °C.

Estadios	Tiempo (DF)	
	Fi	Fe
Membrana de fecundación	--	- 10 min
Primer lóbulo polar	--	- 1:20 h
Segundo lóbulo polar	--	- 1:30 h
Primer clivaje	--	- 2:10 h
Segundo clivaje	--	- 3:10 h
Tercer clivaje	--	- 4: 50 h
Mórula	--	- 5: 40 h
Blástula	--	- 6: 30 h
Gástrula o blástula móvil	--	- 10:10 h
Trocófora	16 h	- 24 h
Veliger de charnela recta “D”	20 h	- 3 d
Veliger umbonada	36 d	- 40 d
Pediveliger	52 d	- 56 d

**min:** minutos; **h:** horas; **d:** días; **DF:** después de la fertilización; **Fi:** fertilización interna; **Fe:** fertilización “externa”.

Las larvas veliger de charnela recta o en forma de “D” de *B. martensi* son muy parecidas a las de otras especies de otros moluscos bivalvos, esto, aunado al hecho que los moluscos bivalvos son frecuentemente uno de los grupos de invertebrados marinos más abundantes en las muestras de plancton de zonas costeras (LOOSANOFF & DAVIES 1963; CHANLEY & ANDREWS 1971; LE PENNEC 1980), dificulta determinar con certeza la presencia de esta especie en aguas costeras a través del análisis de muestras planctónicas (CHANLEY & ANDREWS 1971; GARLAND & ZIMMER 2002). Los valores de la longitud de las larvas “D” y larvas umbonadas obtenidos en el presente estudio (Tabla 1) difieren de los valores reportados por CAMPOS & RAMORINOS (1990) en larvas de la misma especie, cuyas longitudes son de 69,2 y 255,8  $\mu\text{m}$  en larvas de charnela recta y umbonadas, respectivamente. Además, los valores de las larvas umbonadas señalados en este estudio (Tabla 1), también difieren de los reportados por URIBE & LÓPEZ (1980), en larvas pertenecientes a *B. martensi*, que fueron obtenidas en muestras de plancton provenientes de Chiloé (286  $\mu\text{m}$ ), lo cual demuestra la alta variabilidad intraespecífica de este carácter.

El crecimiento en longitud de los sifones de *B. martensi* (Fig. 3F) durante la etapa de metamorfosis constituye parte de los cambios estructurales que desempeñaran un papel importante en el estilo de vida que posteriormente van a tener estos organismos, ya que les permite obtener alimento de la columna de agua y la liberación del material de desecho evitándole la necesidad de salir de sus refugios (SIGERFOOS 1908; TURNER 1966).

El tiempo de duración del desarrollo larval de especies pertenecientes al género *Bankia* varía ampliamente de una especie a otra. Esto se evidencia en los resultados obtenidos por NAIR (1956) quien señala un tiempo de duración de 18 días para la especie *B. indica*, mientras que CULLINEY (1975) y MANN & GALLAGER (1984) reportan 25 y 28 días para el desarrollo larval de *B. gouldi*, respectivamente; mientras que, QUALEY (1953) y TOWSLEY *et al.* (1966) indicaron entre 30 y 60 días para *B. setacea*, respectivamente, y por último TURNER & JOHNSON (1971) reportaron un tiempo de duración de 40 días para *B. fimbriatula*. CAMPOS & RAMORINO (1990) proponen que *B. martensi* podría ser incluida en la categoría de especies de Teredinidae con desarrollo larval prolongado, que va desde 1 a 2,5 meses, basándose en la clasificación de los tipos de desarrollo en Teredinidae propuesta por MILEIKOVSKY (1974), lo cual coincide con los presentes resultados (Tabla 2).

## REFERENCIAS

- BALBONTÍN, F., CAMPOS, B., MUJICA, A. & SAVEDRAS-NIEVAS, J. 2009. Distribución de larvas de algunos invertebrados y huevos de peces en relación con factores físicos en fiordos patagónicos. *Cienc. Tecnol. Mar.* 32: 49-70.
- CAMPOS, B. & L. RAMORINO. 1990. Larvas y postlarvas de Pholadacea de Chile (Mollusca: Bivalvia). *Biol. Mar.* 25: 15-63.
- CANTERA, J. 2010. Bivalvos perforadores de madera (Mollusca: Teredinidae, Pholadidae) en la Costa Pacífica Colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 34: 277-288.
- CHANLEY, P. & J. ANDREWS. 1971. Aids for identification of bivalve larvae of Virginia. *Malacología*, 11: 45-119.
- CHAPARRO, O. & M. SANHUEZA. 1986. Desarrollo embrionario y larval del choro zapato *Choromytilus chorus* (Bivalvia, Mytilidae). *Biol. Pesq.* 15: 75-79.
- COE, W.R. 1941. Sexual phases in wood-boring molluscs. *Biol. Bull.* 81(2): 76-168.
- CULLINEY, J. 1975. Comparative larval development of the shipworms *Bankia gouldi* and *Teredo navalis*. *Mar. Biol.* 29: 245-51.
- DISTEL, D., AMINB, M., A. BURGOYNE, E. LINTON, G. MAMANGKEYD, W. MORRILL, J. NOVEA, N. WOODA, & J. YANG. 2011. Molecular phylogeny of Pholadoidea Lamarck, 1809 supports a single origin for xylophagy (wood feeding) and xylophagous bacterial endosymbiosis in Bivalvia. *Mol. Phylogenet. Evol.* 61: 245-254.
- GARLAND, E. & C. ZIMMER. 2002. Techniques for the identification of bivalve larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 225: 299-310.
- HENDRICKX, M. 1986. Range extensions of three species of Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) along the Pacific coast of America. *The Veliger*, 23:93-94.

- HENRY, J., COLLIN, R. & K. PERRY. 2010. The slipper snail, *Crepidula*: An emerging lophotrochozoan model system. *Biol. Bull.* 218: 211–229.
- HICKMAN, C., L. ROBERTS, A. LARSON, H. ANSON & D. EISENHOUR. 2006. *Principios integrales de Zoología*. 13era edición. McGraw-Hill. Interamericana. Madrid, España. 1022 pp.
- HOAGLAND, K. E. & R. D. TURNER. 1981. Evolution and adaptative radiation of woo-boring bivalves (Pholadacea). *Malacología*, 21: 111-148.
- LE PENNEC, M. 1980. The larval and post-larval hinge of some families of bivalve molluscs. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 60: 601–617.
- LOOSANOFF, V. & H. DAVIES. 1963. Rearing of bivalves mollusks. *Adv. Mar. Biol.* 1: 1136.
- MANN, R. & S. GALLAGER. 1984. Physiology of the wood boring mollusc *Martesia cuneiformis* Say. *Biol. Bull.* 166: 167-177.
- MENZIES, R. & R. TURNER. 1957. The distribution and importance of marine wood borers in the United States. In: Symposium on wood for marine used and its protection from marine organisms. *Am. Soc. Test. Mater. Spec. Tech. Publ.* 200: 3- 21pp.
- MILEIKOVSKY, S. 1974. Types of larval development in marine bottom invertebrates: An integrated ecological scheme. *Thalassia Jugosl.* 10: 171-179.
- NAIR, N. 1956. The development of the woodboring pelecypod *Bankia indica* Nair. *J. Madras Univ.* 26: 303-318.
- PAPS, J., J. BAGUNA & M. RIUTORT. 2009. Bilaterian phylogeny: A broad sampling of 13 nuclear genes provides a new Lophotrochozoa phylogeny and supports a paraphyletic basal Acoelomorpha. *Mol. Biol. Evol.* 26: 2397–2406.
- POPHAM, J. 1974. Comparative morphometrics of the acrosomes of the sperms of “externally” and “internally” fertilizing sperms of the shipworms. *Cel. Tiss. Res.* 150: 291-297.
- QUAYLE, D. 1953. The larvae of *Bankia setacea* Tryon. *Rep. prov. Dep. Fish. Br. Columbia*, 1951: 88-91.
- RAMORINO, L. & CAMPOS, B. 1983. Larvas y postlarvas de Mytilidae de Chile (Mollusca: Bivalvia). *Biol. Mar.*, 19: 143-192.
- RAVEN, CHR. 1958. Morphogenesis: the analysis of molluscan development. Eds. Harris. J. & E. Yemm. *International Series of Monographs on Pure and Applied Biology*, Pergamon Press, London. 2: 920 pp.
- REES, C. 1950. The identification and classification of lamellibranch larvae. *Hull Bull. Mar. Ecol.* 3: 73-104.
- REID, D. & C. OSORIO. 2000. The shallow-water marine mollusca of the Estero Elefante and Laguna San Rafael, southern Chile. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. U.K.* 66: 109-146.
- ROJAS, J. & H. SEVEREYN. 2000. Tasa de degradación de madera por el perforador de manglar *Psiloteredo healdi* (Bivalvia: Teredinidae) en el Lago de Maracaibo, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 48: 153-158.
- SASTRY, A. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: *Reproduction of marine invertebrates*. Eds. Giese, A. & J. Pearse. Academic Press, New York. 113-265 pp.
- SHELTEMA, R. 1971. Dispersal of Phytoplanktotrophic shipworm larvae (Bivalvia: Teredinidae) over long distances by ocean currents. *Mar. Biol.* 11: 5-11.
- SIGERFOOS, C. 1908. Natural history, organization, and late development of teredinidae, or shipworms. *Bull. Bureau Fish.* 27: 191-231.
- SPORMAN, L., LÓPEZ, D. & M. GONZÁLEZ. 2006. Temporal and spatial recruitment patterns in *Bankia martensi* Stempell (Bivalvia: Teredinidae). *The Veliger*, 48: 105-109.
- STUARDO, J., SAEZER, H. & R. ROSENDE. 1970. Sobre el ataque de *Bankia (Bankia) martensi* Stempell (Mollusca: Bivalvia) a maderas chilenas no tratadas. *Bol. Soc. Biol. Concepc.* 42: 153-166.

- TOLEDO, P., G. BELLOLIO & E. DUPRÉ. 1990. Fecundación y desarrollo embrionario de *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia, Mytilidae). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 25: 47-57.
- TOWNSLEY, P., R. RICHY & P. TRUSSELL. 1966. The laboratory rearing of the shipworm, *Bankia setacea* (Tryon). *Proc. Natl. Shellfish. Ass.* 56: 49-52.
- TURNER, R. 1966. *A survey and illustrate catalogue of the Teredinidae* (Mollusca: Bivalvia). Museum of Comparative Zoology. Harvard University, Cambridge, Mass. USA. 265 pp.
- \_\_\_\_\_. & A. JOHNSON. 1971. Biology of marine wood-boring molluscs. In: *Marine borers, fungi and fouling organisms of wood*. Eds. Jones, E. B. & S.K. Eltrigham. Paris, Organization for Economic Cooperation and Development. Cap. 13, 259- 301.
- URIBE, J. & D. LÓPEZ. 1980. Fijación primaria y variaciones morfológicas, durante la metamorfosis de algunos bivalvos chilenos. *Bol. Inst. Ocean. São Paulo*, 29: 367-369.
- VERDONK, N. & J. VAN DEN BIGGELAAR. 1983. *Early development and the formation of the germ layers*. In: *The Mollusca Development*. Eds. N. Verdonk & J. Van den Biggelaar. Academic Press, New York. 91-121.
- VELÁSQUEZ, M., C. GALLARDO & C. LIRA. 2011. Fecundación interna en *Bankia martensi* (Stempel, 1830) (Bivalvia: Teredinidae) del sur de Chile. *Amici Molluscarum*, 19: 33-36.

RECIBIDO: Mayo 2014  
ACEPTADO: Septiembre 2014