

112
zej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

DESCRIPCION HISTOLOGICA DE LA GONADA DE
Donax variabilis Say, 1822; (MOLLUSCA:
LAMELLIBRANCHIA) DE LA PLAYA ARENISCA
DE TUXPAN, VERACRUZ.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G A
P R E S E N T A
REBECA MONTIEL CAMPOS

DIR. MARIA DEL PILAR TORRES GARCIA
CODIR. JORGE BELMAR PEREZ



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "DESCRIPCION HISTOLOGICA DE LA GONADA DE Donax variabilis (SAY 1822) (MOLLUSCA, LAMELIBRANCHIA) DE LA PLAYA ARENISCA DE TUXPAN, VERACRUZ".

realizado por Rebeca Montiel Campos.

con número de cuenta 7116969-1 , pasante de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

M. en C. Marfa del Pilar Torres García

Propietario

Biol. Jorge Belmar Pérez.

Propietario

Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus.

Suplente

Dr. Héctor Garduño Arce

Suplente

Biol. José Luis Bortolini Rosales.

FACULTAD DE CIENCIAS

Coordinador de Licesios

M. en C. Alejandro Martínez Vena.
Coordinador de Licesios

DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

Dedicada a mi esposo Ramón Salazar, con todo mi amor por ser mi todo.

*A mis hijos: Francisco, Miguel y Rebeca; por su apoyo y entusiasmo
en cada una de mis metas.*

A mi Madre por su amor, nobleza y cariño.

A mis hermanos: R. Montiel Campos. Por darme tantas muestras de amor y cariño.

A Salomé y Jacobo con cariño y agradecimiento.

A la jefa: Mi viejita consentida, por sus muestras de amor y cariño.

En recuerdo de mi padre Raúl Montiel De la Fuente.

En recuerdo del jefe el Lic. Daniel Salazar.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a la M. en C. Pilar Torres García por tu entusiasmo para proponerme ideas y alternativas, comprometerme, allanarme el camino y llevarme a conclusión en esta tesis. Gracias por tu dirección.

Así mismo, agradezco al Biólogo Jorge Belmar Pérez; de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología del IPN; por proporcionarme el material biológico y de los demás elementos, que hicieron posible la realización del presente trabajo y que sería imposible de enumerar. Sobre todo, estoy agradecida de la excelente codirección para con la presente.

De manera especial, al Doctor Juan Luis Cifuentes Lemus le quiero agradecer su incondicional interés, apoyo y orientación desde hace muchos años.

También, al Doctor Héctor Garduño por todo el apoyo y dedicación que me ha dado para la elaboración de la presente tesis. Gracias por ser tan amigo.

Por otro lado, al Biólogo José Luis Bortolini le quiero agradecer las atenciones que me brindó en todo lo que se requirió en el laboratorio.

Gracias, a la Bióloga Teresa Sosa Rodríguez y la Pasante Eva Muñoz Mancilla, por su apoyo en la elaboración del material histológico que fue muy útil para la elaboración de la presente tesis.

Por su colaboración técnica, al Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias y al Laboratorio de Ecología de la Escuela de Ciencias Biológicas del IPN.

Por su apoyo, agradezco, a todo el personal del Laboratorio de Invertebrados que me brindaron su amistad, profesionalismo y apoyo para fuera muy agradable el desarrollo de este trabajo.

La presente tesis se realizó en el Laboratorio de Invertebrados, Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias, UNAM. Bajo la dirección de la M. en C. Pilar Torres García.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Generalidades de moluscos.....	3
1.2 Generalidades de bivalvos.....	4
1.3 Importancia de los bivalvos en México.....	6
1.4 Posición sistemática de <i>Donax variabilis</i>	9
1.5 Distribución geográfica.....	10
1.6 Hábitat de <i>Donax variabilis</i>	10
1.7 Descripción morfológica de <i>Donax variabilis</i>	13
1.8 Antecedentes.....	13
1.9 OBJETIVOS.....	18
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
2.1 Localización y características del área de estudio.....	19
2.2 Metodología de campo.....	22
2.3 Metodología de laboratorio.....	23
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1 Descripción macroscópica de la gónoda de <i>Donax variabilis</i>	28
3.2 Descripción histológica de la gónada de <i>Donax variabilis</i>	31
3.3 Descripción de la gónada femenina.....	37
3.4 Descripción de la gónada masculina.....	42
3.5 Proporción sexual.....	46
4. CONCLUSIONES.....	48
5. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	49

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Generalidades de moluscos

Al referirse a moluscos, se infiere la presencia de una concha como el caso de caracoles, almejas y ostras. Aunque es verdad que la mayoría de los miembros del Phylum poseen conchas externas bien desarrolladas, algunos de ellos carecen de éstas, tales como babosas, calamares y pulpos. Los moluscos varían de tamaño, desde formas diminutas, casi microscópicas, como ciertas almejas y caracoles, hasta los más grandes invertebrados vivos, como lo es el calamar gigante que puede alcanzar hasta 18 m de longitud, aproximadamente. El Phylum Mollusca es uno de los taxa más abundantes entre los invertebrados, se encuentra ampliamente distribuido en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres. Constituye una parte muy importante de los ecosistemas, esto, debido al aporte que tiene en biomasa (Cockrum y McCauley, 1984).

Los moluscos es uno de los grupos que han tenido más éxito tanto en el presente como en el pasado. En la actualidad no se sabe cuántas especies de moluscos viven, pero se estima que la cantidad oscila entre 80,000 y 150,000; así mismo han sido descritas por lo menos 35,000 especies fósiles. Para la humanidad, las conchas de los moluscos siempre han tenido gran importancia económica; se han utilizado como dinero y con ellas se hacen joyas y botones, entre otras cosas. Constituyen, así mismo, un componente importante de los restos dejados por el hombre prehistórico. En la actualidad, las vieiras o conchas de peregrino (*Pecten* spp.), ostras, almejas, calamares y pulpos forman parte de la alimentación del hombre y se invierten grandes cantidades de dinero en su estudio y conservación (Meglitsch, 1978).

1.2 Generalidades de bivalvos

Dentro de este Phylum, se ubica la clase bivalvia, un grupo de organismos muy uniforme, cuya concha está formada de dos valvas de carbonato de calcio unidas por un ligamento elástico (Mille y Pérez, 1993).

Los bivalvos son los más altamente modificados de todos los moluscos, han perdido por completo cabeza, masa bucal y rádula. La concha o caparazón es cerrado por un músculo abductor bien desarrollado y la mayoría presentan un pie comprimido lateralmente. Generalmente, tienen una cavidad del manto grande con branquias y el borde posterior del manto se fusiona para formar el sifón inhalante y exhalante por donde circula el agua que se dirige a la cámara branquial. En esta cámara se localiza un par de branquias por medio de las cuales se lleva a cabo el proceso de la respiración. Los bivalvos presentan un sistema circulatorio abierto, órganos sensoriales poco desarrollados y un sistema nervioso regularmente simple basado en tres pares de ganglios; el cerebro pleural cerca del esófago, el visceral por debajo del músculo abductor y el pedio en el pie. El aparato digestivo consta de boca con dos palpos labiales, esófago, estómago complejo, glándula digestiva, intestino enroscado, recto con un pliegue longitudinal y el ano. La fertilización es externa y generalmente son dióicos; en algunas especies se presenta hermafroditismo (Cockrum y McCauley, 1984) (Fig. 1).

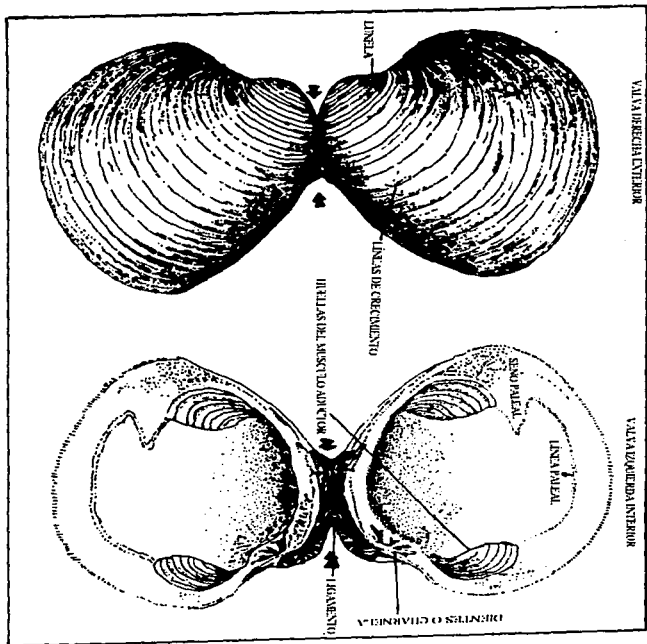


Figura 1. Esquema de las valvas de *Donax*

1.3 Importancia de los bivalvos en México

En la actualidad, dentro de la amplia gama de recursos que se producen en el mar, el grupo de bivalvos forman la base de pesquerías artesanales; teniendo su producción una alta demanda y valor comercial (Rogers, 1987).

En México, hasta 1976 sólo se tenían estadísticas de producción en 9 estados, mientras que en el presente se registra en los 17 estados con litoral. La población dedicada a su extracción se ha incrementado paulatinamente en algunas zonas, existiendo diferentes niveles de explotación; desde zonas subexplotadas, donde no hay tradición en la extracción de este tipo de recursos, por lo que la captura se realiza con tecnología rudimentaria, hasta las sobreexplotadas, con disminución paulatina de los recursos. El carácter de pesquería industrializada sólo es aplicable a los estados de Baja California y Baja California Sur (Rogers, 1987).

Dentro de las estadísticas pesqueras oficiales se consideran como "almeja" a la mayoría de los bivalvos, excepto los mejillones y ostiones (Familias Mytilidae y Ostreidae, respectivamente). En las estadísticas de 1996 se reporta que la producción nacional de almejas fue de 24,226 ton. De éstas, 23,172 correspondieron al Pacífico; de las cuales 21,444 ton. se capturaron en Baja California Sur. Esto indica que dicho estado produce el 88.5% de las almejas a nivel nacional. Otros estados productores de almeja son: Sinaloa (1,283 ton), Veracruz (969 ton), Baja California (290 ton), Sonora (127 ton), Campeche (45 ton), Guerrero (16 ton), Tabasco (14 ton) y el resto de los estados del país (38 ton). Dentro de la captura del año 1996, el grupo de especies conocido como "almeja" ocupó el segundo lugar de la producción nacional, por debajo del grupo de los "ostiones", cuya captura fue de 38,956 (SEMARNAP, 1997).

Las familias y las especies de bivalvos que más se explotan en México, según Cifuentes *et al.* 1995, se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Bivalvos más explotados en México

FAMILIA	NOMBRE COMUN Y CIENTÍFICO
Pectinidae	Almeja catarina (<i>Argopecten ventricosus</i>) y mano de león (<i>Lyropecten subnodosus</i>).
Veneridae	Almeja pismo (<i>Tivela stultorum</i>), almeja chocolata negra (<i>Megapitaria squalida</i>), almeja chocolata roja (<i>M. aurantiaca</i>), almeja blanca (<i>Dosinia ponderosa</i>), almeja roñosa del risco (<i>Perglypta multicostata</i>), y tres especies de almeja roñosa (<i>Chione undatella</i> , <i>C.gnidia</i> y <i>C. californiensis</i>).
Pinnidae	Callo de hacha (<i>Pinna rugosa</i> y <i>atrina</i> spp).
Ostreidae	Ostión del Golfo (<i>Crassostrea virginica</i>) y ostión de mangle (<i>Crassostrea Cortezensis</i>)
Arcidae	Pata de mula (<i>Anadara tuberculosa</i>).
Glycymerididae	Almeja indio (<i>Glycymeris gigantea</i>).
Spondylidae	Almeja burra (<i>Spondylus calcifir</i>) y viejita (<i>S. princeps</i>).
Cardiidae	Almeja bolijona (<i>Laevicardium elatum</i>).

En décadas pasadas también existieron otras especies que tuvieron gran importancia comercial, pero estos recursos se explotaron en forma irracional, tales como la almeja voladora (*Pecten vogdesi*); la madreperla (*Pinctada mazatlanica*) y la concha nácar (*Pteria sterna*). Por otro lado, existen especies que presentan importancia potencial, entre las que se encuentran la almeja navaja (*Tagelus californianus*); la almeja cofre (*Arca pacifica*); la almeja violín (*Cardita affinis*) y el ostión negro (*Hytissa fisheri*) (Baquero, 1987).

Paralelamente, existen familias de bivalvos que han tenido poca importancia económica y en consecuencia han sido poco estudiadas; entre ellas se encuentra la familia Donacidae, y dentro de ésta, las poblaciones del género *Donax*, que tienen importancia desde el punto de vista ecológico. Algunas especies de este género se caracterizan por tener grandes poblaciones, las cuales crecen repentinamente; además, es un género capaz de desarrollarse y mantenerse en la zona intermareal de las costas (Harold, 1957, citado por Loesch, 1957).

Donax variabilis es una especie que se distribuye ampliamente en el Golfo de México y a pesar de no tener relevancia económica, se considera que pudiera tener importancia ecológica como indicadora de zonas alteradas, especialmente por contaminantes derivados del petróleo. Lo anterior podría ser factible por la coincidencia que se registra entre la distribución de la especie y la zona de explotación de petróleo en el Golfo de México.

Para definir el nicho ecológico de una especie, es necesario realizar una serie de estudios que comprenden su biología, ecología, fisiología y demás aspectos. En el presente trabajo se aborda un aspecto de la reproducción de *Donax variabilis*, pues se considera que el estudio de los ciclos de vida permite conocer la dinámica poblacional que implica su crecimiento, mortalidad y épocas de reproducción, principalmente.

1.4 Posición sistemática de *Donax variabilis*

Posición sistemática de almeja *Donax variabilis* según Rafinesque (1815).

Ubicación taxonómica

Phylum: Mollusca Cuvier, 1797

Clase: Bivalvia Linnaeus, 1758

Subclase: Heterodonta Neumayr, 1884

Orden: Veneroida H. y A. Adams, 1858

Superfamilia: Teirnaceae Blainville, 1814

Familia: Donacidae Fleming, 1858

Género: *Donax* Linnaeus, 1758

Especie: *D. variabilis* Say, 1822

Aunque la clasificación referida es según Rafinesque (1815), existen diferencias en la clasificación de las especies y subespecies del género *Donax*. Entre diversos autores hay desacuerdo entre si son subespecies o especies diferentes; por ejemplo, mientras Johnson (1968) reporta cinco especies, Morrison (1971) establece tres y Andrews (1971) sólo dos especies en las costas de Texas. En el mismo sentido también existe gran cantidad de sinonimia, debida a la gran diversidad en forma, tamaño y color. Cuando Morrison (1971) afirmó que *Donax variabilis* comprendía a las subespecies *D. variabilis roemeri* y *Donax texasiana*, el Congreso Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN por sus siglas en inglés) estableció que el nombre por conservación continuaría siendo *Donax variabilis* (Melville, 1976; citado por Mikkelsen, 1981).

A pesar de que el género *Donax* fue definido por Linnaeus en 1758, la familia Donacidae fue descrita hasta 1858 por Fleming, conteniendo 4 géneros con aproximadamente 50 especies. En México se encuentran 2 géneros con 5 especies.

1.5 Distribución geográfica

De acuerdo con algunos autores (Johnson, 1968; Pulley, 1952; Loesh 1957; Andrews, 1971; Morrison, 1971; Abbot, 1974; Shelton, 1981; y Mille y Pérez, 1993) *D. variabilis* se encuentra tanto en climas templados como tropicales, desde Nueva York hasta el sur de Florida, introduciéndose al Golfo de México desde Texas, E.U.A. hasta Campeche, México. *D. variabilis roemeri* se encuentra en las costas de Texas, EUA y desde Tamaulipas hasta Campeche en México. *D. variabilis texasiana* se distribuye desde las costas del norte del Golfo de México a partir de Texas, EUA, hasta las costas del sur del mismo; en Campeche, México.

1.6 Hábitat de *Donax variabilis*.

Este bivalvo se ha adaptado a vivir en la zona de oleaje, sube y baja por la pendiente de la playa sincronizadamente con la marea, ya que este organismo no tiene un medio independiente de locomoción más que su habilidad para excavar en la playa. Los individuos se suspenden en la ola y en el corto periodo de una de ellas puede cambiar la localización de la población entera hasta 9 m; o bien, puede no haber movimiento en lo absoluto. Después de utilizar la ola, la almeja se entierra tardando de 1.5 a 3 segundos con 10 ó 20 movimientos, los cuales son más lentos en invierno (Loesch, 1957). El tamaño de la valva no tiene efecto sobre el tiempo y el número de movimientos que se requieren para enterrarse.

Al subir la marea *D. variabilis* parece influenciarse por las vibraciones generadas por las olas al romper en la playa y que se transmiten por la arena. Durante la pleamar, las almejas pueden hacer un viaje de hasta 20 m. Se demostró que mediante un falso estímulo de vibración se observa una fuerte concentración de individuos. Cuando la marea baja, *D. variabilis* viaja a través de las olas que rompen por la arena justo antes de que la población alcance su máxima densidad. Cuando la velocidad del agua decrece, en virtud de la inclinación de la playa, las almejas se entierran hasta 20 mm. Así enterradas no son visibles sus tubos sifónicos. Ocasionalmente, las almejas son separadas del agua hasta 12 m de distancia, debido a la marea baja y aisladas del resto de la población por el paso de peatones o automóviles; la mayoría aparentemente sobreviven y se reintegran a la población cuando el nivel del agua sube; sin embargo, Mikkelsen (1981), reporta que *D. variabilis* no presenta movimientos migratorios. Figura 2.

Donax no puede vivir en sitios donde no hay oleaje; Loesch en 1957 realizó un experimento en Mustang Island, Texas, colocando una población del bivalvo en una zona donde no existía oleaje y una semana después quedaba un sólo individuo y a la segunda semana, ninguno. Sin embargo, Cabe destacar que *Donax variabilis* se desarrolla en lugares difíciles para otras especies, ya que sólo habitan entre 7 u 8 especies junto con este bivalvo. Es un organismo infaunal de sustrato arenoso, filtrante de sustancias en suspensión (Loesch, 1957).

Por otra parte, este mismo autor menciona que en el análisis del contenido estomacal de ciertas aves de playa (*Catoptrophorus semipalmatus* y *Esquatarola esquatarola*), así como en de los peces *Menticirrhus spp*, *Lelostomus xanthurus* y *Pogonias cromis*, se encontraron restos de *D. variabilis*; también refiere, que en observaciones de campo se encontró al ave *Crocethia alva*) y a las jaibas *Arenaeus cribarius* y *Callinectes sapidus*, depredando directamente sobre estas almejas.



Figura 2. Playa de la barra norte de Tuxpan, Ver.
Se observan varios ejemplares de *Donax variabilis*
en su hábitat.

1.7 Descripción morfológica de *Donax variabilis*

Donax variabilis es una especie de gran polimorfismo que presentan múltiples, colores y formas en sus conchas (Edgren, 1959). En esta almeja encuentran las siguientes características:

Talla: hasta 23 mm.

Color: presenta una concha, a menudo rayada, de color variable tales como rosa, púrpura, amarilla, blanca, azulada o malva.

Forma: triangular (trigona) desigual o con forma de cuña. Presenta dos valvas uniformemente aparejadas completamente sobre el diente ventral, la valva izquierda y la derecha se enfrentan una con otra sin proyecciones. Sus valvas no presentan mucha profundidad.

Ornamentaciones: lisa, con finas líneas de crecimiento concéntricas y estrías radiales que se intensifican hacia el extremo posterior. El umbo es bajo, el ligamento externo está por detrás del umbo. Dientes cardinales y laterales presentes. Eventualmente las valvas presentan dientes ventrales.

Línea paleal e interior: dos pequeñas impresiones musculares, amplio seno palial continuo a la impresión posterior que se extiende hasta la mitad de la concha; margen finamente cremado. Figura 3.

1.8 Antecedentes.

Se han efectuado varios trabajos sobre diferentes aspectos de *Donax variabilis*; entre los más sobresalientes están los siguientes:

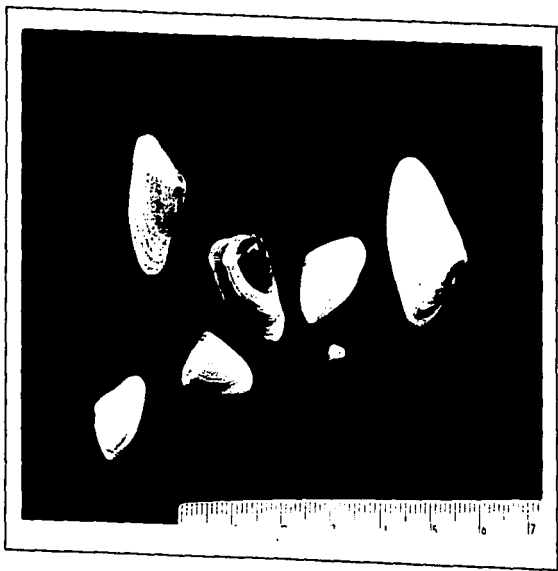


Figura 3. Variedad de conchas de *Donax variabilis*.

Loesch (1957) realizó estudios de la ecología de dos especies del género *Donax* en Isla Mustang, Texas, donde las densidades poblacionales de estas especies son muy altas. Las especies consideradas fueron *D. variabilis* y *D. tumida*, que son diferentes en forma y en hábitat, mezclándose sus poblaciones durante el invierno. Posteriormente, Edgren (1959) estudió aspectos poblacionales de *D. variabilis* en una playa de Florida, realizando muestreos para estimar la densidad poblacional con respecto a la profundidad. Chantley (1969) estudió el desarrollo larval de *D. variabilis* utilizando ejemplares adultos que fueron desovados en el laboratorio, las larvas se desarrollaron hasta la metamorfosis.

Mikkelsen (1981) realizó una comparación de dos poblaciones de la almeja *Donax variabilis* en la playa Indiatlantic, Florida, analizando la densidad, distribución y migración intermareal de estas poblaciones. Consideró que el comportamiento se debe a una adaptación local, para enfrentar la combinación de baja pendiente y energía de oleaje en conjunción con mareas semidiurnas irregulares y la baja permeabilidad de la arena.

Frey y Henderson (1987) analizaron la distribución de las valvas derecha e izquierda de *D. variabilis* y de *Abra aequalis*, evaluándola con respecto a los patrones de distribución de los sedimentos transportados y la acumulación de conchas en las playas de la costa de Georgia, E.U.A.

Frey y Dörjes (1988) hicieron estudios con sedimentos acumulados en la playa de Pensacola, Florida, donde analizaron la cantidad de carbonato contenido en las conchas de varios invertebrados colectados, siendo *D. variabilis* uno de los ejemplares más abundantemente encontrados en los sedimentos.

Adamkewicz (1989) estudió las diferencias en las frecuencias de varios caracteres en las conchas de la almeja *D. variabilis*, para determinar el polimorfismo extensivo en las conchas, tomando en cuenta la variación de cinco caracteres: la coloración de la concha, presencia o ausencia de umbo coloreado y rayas, anillos exteriores en la concha y presencia o ausencia de pigmentos en el interior. Se cree que el polimorfismo presente se debe a una respuesta a las condiciones ambientales extremas.

Nelson (1993), aclaró el estatus de *Donax variabilis* y *D. parvula* analizando para ello diferencias ecológicas, morfológicas y genéticas, hallándose una diferencia significativa en la mayoría de los caracteres estudiados, donde se conoce que estos organismos no pertenecen a la misma especie, aunque son muy similares.

En cuanto al tema de la biología de la reproducción, se conoce que el sistema reproductivo de los bivalvos es muy simple, las gónadas están fusionadas en su línea media, sus ductos son cortos y ausentes de glándulas. La fertilización interna nunca ocurre y los huevos son usualmente pequeños (Cockrum y McCauley, 1984). El dimorfismo sexual se manifiesta en pocas especies (Sastri, 1979). Los bivalvos pueden ser dióicos, o sea, que los sexos se encuentran en diferentes individuos, o bien, hermafroditas, cuando un individuo presenta ambos sexos (Giese y Pearse, 1974).

En una población, el ciclo reproductivo está determinado tanto por factores endógenos, si se origina en los individuos con las características propias de la especie, es decir, el control endocrino; o exógenos si tienen su origen por las características físicas y químicas propias del ambiente que les rodea, esto ha sido revisado por Orton (1920 y 1926, citado por Sastry, 1979). Algunos autores, Giese (1959) entre ellos, han señalado como factores importantes dentro de la regulación del ciclo reproductivo de los bivalvos a la disponibilidad de los alimentos, la temperatura del agua, la localización geográfica o influencia latitudinal; así como la salinidad, la periodicidad lunar, las mareas y la profundidad.

Existen muchos trabajos que tratan sobre gametogénesis y descripción histológica de la gónada de diversos moluscos. Entre ellos, Hyman (1967) publicó un libro que abarca varios temas referentes a la biología de los moluscos, donde incluye a nivel de subclase las características histológicas de cada aparato y sistema. Giese y Pierse (1974), editaron una serie de libros que tratan sobre la reproducción en invertebrados, dedicando uno completamente a los moluscos, en el cual se incluye un capítulo sobre gametogénesis.

Wilbur *et al.*, (1984) publicó un libro de moluscos que contiene un capítulo referente al desarrollo, describe la gametogénesis, haciendo énfasis sobre la espermatogénesis. Las investigaciones sobre el ciclo gonádico se han realizado principalmente con moluscos de importancia comercial tales como el callo de hacha (*Pinna rugosa*), la almeja indio (*Glycymeris gigantea*), el ostión (*Crassostrea virginica*) y los abulones comerciales (*Haliotis corrugata*, *Haliotis fulgens* y *Haliotis sorenseni*). En estos estudios se considera la distribución y abundancia de tejido conectivo, cantidad de elementos sexuales contenidos en los folículos y cantidad de fagocitos o destrucción de tejido gonadal. Su objetivo es determinar las etapas de madurez gonádica, edad de primera madurez y factores que influyen en el ciclo (Geise y Pearse, 1974).

A nivel histórico, los trabajos que se han presentado sobre *Donax variabilis* son de origen europeo y tratan sobre la relación de ciertas larvas de tremátodos con algunos moluscos (Giard, 1897 y 1907; Pelseneer, 1896, citados por Loesch, 1957).

En México existen solo algunos trabajos sobre *D. variabilis*. Chillon (1974) y Méndez *et al.* (1985) reportaron a esta especie como parte de la comunidad de la playa arenosa en las costas de Veracruz. Sin embargo, no se han realizado estudios sobre la biología de la reproducción de dicha especie. El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de la estructura histológica de la gónada, ya que es un primer paso para comprender los ciclos de madurez gonádica y con esto la reproducción de la especie.

1.9 OBJETIVOS

1. Describir histológicamente las gónadas femenina y masculina de *Donax variabilis*.
2. Contribuir al conocimiento del ciclo gametogénico de esta especie.

2. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1 Localización y características del área de estudio.

El área de estudio se localiza en la parte oriental de la República Mexicana, al norte del Estado de Veracruz y al noroeste de la ciudad de Tuxpan de Rodríguez Cano, dentro del municipio del mismo nombre, aproximadamente entre los 21°01'59" y 21°03'57" de latitud norte y los 97°20'45" y 97°21'41" de longitud oeste (Fig. 2). Sus límites son : al norte, la planicie próxima a la Laguna Baltazar y el Golfo de México; al este, el Golfo de México; al sur, el Río Tuxpan (Pantepec) y al oeste, una superficie de lomeríos suaves. Figura 4.

Geológicamente, la zona de estudio denominada Barra Norte Tuxpan se localiza dentro de la cuenca sedimentaria Tampica -Misantla, la cual se caracteriza por la predominancia de materiales muy recientes. Es una pequeña franja a manera de barra de tipo litoral del periodo cuaternario, cuya fisonomía dominante son los bordos de playa, acumulaciones de arena en franjas paralelas a la costa con pendiente que van de 0 a 1%. El suelo corresponde al tipo regosol eutrítico (Ramírez, 1986). Figura 5.

Según García (1970, citado por Chillon, 1984), presenta un clima de tipo Aw₂, el cual corresponde a un clima cálido sub-húmedo, con lluvias en verano. La precipitación pluvial anual es de 1303.3 mm. y la máxima mensual es de 559.4 mm. La temperatura oscila entre la mínima extrema de 4°C y la máxima extrema de 39.6°C, la media anual es de 23.7°C. Presenta una humedad relativa media promedio de 84% y una evaporación anual de 1234.8 mm.

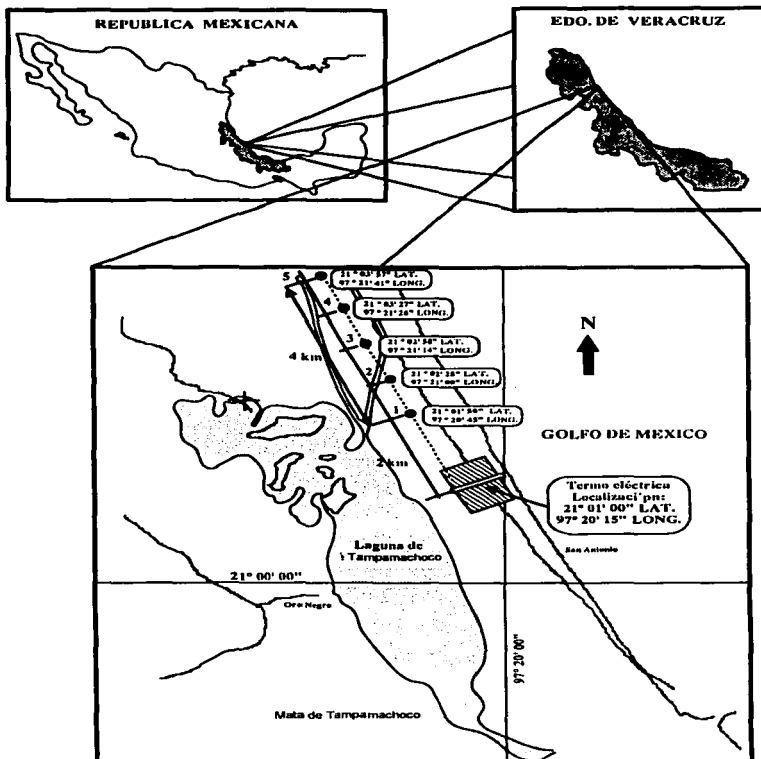


Figura 4. Ubicación de la zona estudiada y de las estaciones de colecta. Laguna de Tampamachoco, Tuxpan, Ver.

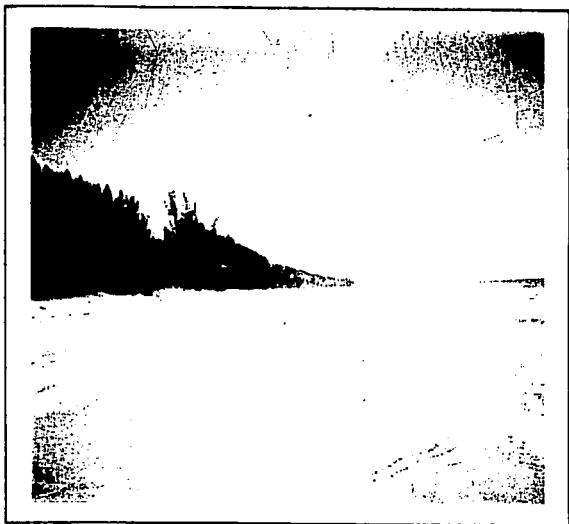


Figura 5. Vista panorámica de la playa, barra norte de Tuxpan. Ver.

2.2 Metodología de campo.

El material biológico utilizado en este trabajo fue proporcionado por el Biol. Jorge Belmar Pérez. Es parte del material obtenido de una serie de muestras mensuales tendientes a estudiar la dinámica poblacional de *Donax variabilis* a lo largo de un ciclo anual, en la playa arenosa de la Barra Norte de Tuxpan.

Las muestras consideradas corresponden a los meses de mayo y junio de 1994 y enero de 1995 y fueron colectadas a lo largo de una franja de playa de 4 km de longitud, en la que se ubicaron 5 estaciones separadas cada una de ellas por una distancia aproximada de un kilómetro

En la zona de barrido de olas de cada estación se tomó una muestra de arena de 0.063 m², la cual se tamizó sobre una malla de 0.5 mm de luz. Los organismos retenidos se colocaron en una solución de formol al 10% diluido en agua de mar para su posterior análisis en el laboratorio.

2.3 Metodología de laboratorio.

Los trabajos se efectuaron en el Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias. Se utilizó el método histológico para definir con precisión las diversas fases por las que atraviesan las gónadas de *D. variabilis*. Este consiste en el estudio histológico del tejido gametogénico. La técnica histológica comprende la preparación de los tejidos para su estudio microscópico, lo cual se obtiene sometiendo una parte seleccionada del tejido gonádico a una serie de procesos: Fijación, deshidratación, aclaramiento, inclusión, cortes y tinción (Rogers, 1987). Se utilizaron muestras preservadas con formol al 10% neutralizado en agua de mar. Un total de 58 ejemplares fueron seleccionados dentro de la talla de 12 milímetros o mayores. Los organismos se pesaron, utilizando una balanza analítica con precisión de décimas de gramo y se midieron con un vernier de precisión. Cabe señalar que se estimó el peso húmedo de todo el organismo y se midió su longitud, tomando en cuenta el eje mayor de la concha. Posteriormente, las almejas se desconcharon y, envueltas en una gasa, se colocaron al agua corriente durante 3 horas.

Por los objetivos del presente trabajo, esto es, la descripción de las gónadas en organismos adultos, se tomaron en cuenta solamente aquellos organismos que tenían o rebasaban los 12 mm de longitud total. Esta talla fue seleccionada porque Loesch (1957) refiere que a partir de ella el organismo es completamente maduro.

En el caso de las muestras histológicas es conveniente señalar que en *Donax* no es posible separar la gónada del resto del cuerpo, por lo cual se trabajó con toda la masa visceral. La disección se realizó bajo la lupa para separar por un lado el pie y la masa visceral y eliminando por otro, el manto, el músculo abductor, los sifones y las branquias. Lo anterior debido a que la gónada está incluida en la masa visceral y en algunas ocasiones, cuando está muy grande, abarca parte del pie.

Una vez efectuado lo anterior, se procedió a la deshidratación. Esta se realizó con alcoholes graduales de la siguiente manera:

Tabla 2. Deshidratación.

CONCENTRACIÓN	TIEMPO
Alcohol 50%	2 horas
Alcohol 70%	2 horas
Alcohol 96%	2 horas
Alcohol absoluto	2 horas

Después de la deshidratación se pasó por xilol durante 15 minutos para el aclaramiento de las muestras. Después, se incluyeron en parafina a punto de fusión de 56 a 58 °C, con dos cambios de 15 minutos, utilizando para esto una estufa Theico 26® con el objeto de que se mantuvieran en estado líquido. Se procedió después a incluir las muestras en cubitos de papel utilizando la misma parafina del segundo cambio. Se esperó 24 horas para que solidificaran y pudieran ser colocadas en un microtomo rotatorio, American Optical 820 Spencer®. Se hicieron cortes sagitales de 8 μ de grosor. Los cortes de parafina se colocaron en baño de flotación Lab-Line-instruments® No. 0678 a 27° C, conteniendo agua con gretina disuelta para recogerlos con un portaobjetos. Se dejaron secar durante 24 horas y se tiñeron siguiendo la técnica de Hematoxilina-Eosina (Aguilar *et al.*, 1996). Esta consiste en colocar los portaobjetos con los cortes en una canastilla de preparaciones y luego se van pasando por las sustancias y en los tiempos que se indican a continuación:

Tabla 3. Técnica de Hematoxilina-Eosina.

REACTIVO	TIEMPO (minutos)
Xilol	10
Alcohol absoluto	10
alcohol 96%	10
alcohol 70%	10
alcohol 30%	10
agua destilada	10
Hematoxilina de Harris	7
agua corriente	5
agua destilada	10
alcohol 50%	10
alcohol 70%	10
eosina alcohólica al 70 %	5
alcohol 96%	1
alcohol 96%	1
Alcohol absoluto	5
Xilol	5

Las preparaciones se montaron con bálsamo de Canadá; protegiéndose con un cubreobjetos. Por último, se pusieron a secar en una platina de calentamiento.

De cada organismos se seleccionaron las laminillas que presentaban buena tinción y cortes completos. Se procedió a determinar sexos y a realizar la interpretación histológica de la gónada con la ayuda de un microscopio óptico American Optical®. Se iniciaba utilizando el objetivo de 10X para localizar el tejido gonádico. Después para observar al interior de la gónada se giraba al objetivo de 40X y en los casos que se deseaba observar las características de alguna célula en particular se utilizaba el de 100X.

Considerando que una muestra al azar de los cortes es suficiente para conocer el estado de las células gonádicas, se procedió a tomar al azar 22 preparaciones, tanto de machos como de hembras. Posteriormente, se realizaron las mediciones de las células componentes de la gónada, las cuales, se realizaron las mediciones de las células componentes de la gónada con un microscopio Zeiss West Germany® y el ocular graduado 10x/18.

En todas las preparaciones se midieron los folículos, tomando en cuenta el eje mayor. De la misma manera se midieron los fagocitos, en las pocas muestras en que se encontraron.

En el caso de los gametos femeninos sólo se midieron aquellos que presentaban núcleo y nucleolo perfectamente diferenciados. Las mediciones se realizaron en las células de forma esférica, tomando en cuenta el diámetro; y en las células que presentaban formas poliédricas u ovoides, el eje mayor. Se midieron entre 80 y 90 ovocitos.

De las gónadas masculinas se determinó la talla de espermatogonias, espermatocitos y espermátidas, de éstas últimas se consideró solamente la longitud de la cabeza; de cada tipo celular se realizaron 100 mediciones en cada organismo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se analizaron un total de 58 organismos, cuyos intervalos de longitud y peso fluctuaron entre 13.1 y 22.1 mm. y entre 0.36 y 1.04 g, respectivamente. En la tabla 4 se muestra la variación mensual de estas variables.

Tabla 4. Medidas de *Donax variabilis*.

mes	longitud (mm)		peso (g)	
	mínima	máxima	mínimo	máximo
mayo 94	14.5	21.4	0.58	2.08
julio 94	14.3	19.5	0.71	1.29
enero 95	13.1	18.9	0.36	1.04

3.1 Descripción macroscópica de la gónoda de *Donax variabilis*.

Donax variabilis presenta una sola gónada que no es apreciable a simple vista; se localiza en la porción anterior de una unidad anatómica formada por tres diferentes órganos: el hepatopáncreas perteneciente al sistema digestivo ;la gónada del sistema reproductor y, el pie del sistema locomotor. Figura 6.

Tanto el tejido del hepatopáncreas como el de la gónada, se encuentran unidos formando un saco hepatogonadal, cuya coloración va del café oscuro a café verdoso hacia la parte dorsal, y blanquecino a crema hacia la parte ventral La consistencia de este saco varía de taxa a compacta haciéndose más turgente, dependiendo de la época del año. Figura 7.



Figura 6. Vista general de *Donax variabilis*.



Figura 7. Donax variabilis disectado.

Se observa la ubicación macroscópica del saco hepatogonadal como zona oscura.

Las variaciones de color y consistencia registradas en las muestras analizadas se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Características macroscópicas del saco hepatogonadal.

	Mayo 94	Julio 94	Enero 95
Color	Café verdoso con tonos crema hacia la porción ventral	Café oscuro, translúcido hacia la porción ventral	Café verdoso con tonos blanquecinos hacia la porción ventral
Consistencia	Compacta	Laxa	Compacta

Como se observa en las muestras de mayo de 1994 y enero de 1995, el saco hepatogonadal presenta un color café verdoso con tonalidades blanquecinas o cremas y una consistencia compacta, en tanto que en julio su aspecto es totalmente diferente, dando una apariencia laxa, con pérdida de color blanquecina y cremosa permaneciendo la coloración oscura. Diversos autores, Sevilla (1965), De Villiers (1973), Belmar *et al.* (1991), González (1997) y Arreola (1997) estudiando el ciclo gametogénico de otros moluscos, han mencionado que estos cambios en el aspecto macroscópico de la gónada están relacionados con cambios en el estado reproductivo del organismo.

3.2 Descripción histológica de la gónada de *Donax variabilis*

La imagen histológica muestra que el saco hepatogonadal se encuentra rodeado por un epitelio simple cúbico, que en ocasiones se aprecia cilíndrico, el cual está en contacto con tejido conjuntivo que forma una cubierta protectora de fibras alrededor del saco. El tejido conjuntivo penetra a la matriz de la gónada formando los folículos donde se localiza en su interior al epitelio germinativo que nos dará origen a las células sexuales. Figura 8.

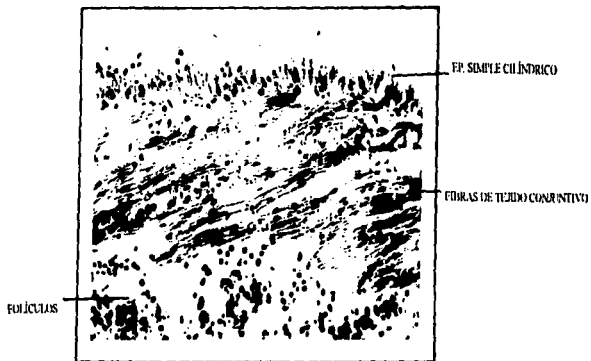


Figura 0. Vista general de la penetración de las fibras de tejido conjuntivo. 10X. Técnica Mason.

El saco hepatogonadal se continua hacia la parte anterior con el tejido, muscular estriado que forma la pared de los sifones y, hacia la parte posterior con el tejido muscular que conforma el pie.

El tejido gonádico se encuentra en contacto con el tejido del hepatopáncreas, el cual está formado por una serie de glándulas digestivas y conductos intestinales. Se localiza principalmente hacia la porción antero-ventral del saco hepatogonadal, estando constituido, fundamentalmente, por una serie de unidades de tejido conjuntivo laxo denominadas folículos, en cuya pared interior están adheridas las células del epitelio germinal que dan origen a los gametos Figura 9

El tamaño y número de los folículos varió en función del sexo, de la temporada, del grado de desarrollo y número de células sexuales que existen en su interior. En general, el número de folículos es mayor en las hembras que en los machos; sin embargo, éstos son de mayor tamaño en los machos que en las hembras. Figura 10.

El análisis de los resultados mostró que para los meses de mayo de 1994 y enero de 1995 la imagen histológica que predominó fue uniforme en los organismos revisados: el espacio gonadal se encontró formado por gran cantidad de folículos en cuyo interior se observaron a las células sexuales en diversas etapas de desarrollo.

Sin embargo, en julio de 1994, en el 40 % de los organismos analizados, solo se observaron células pequeñas inmaduras, que nos representan el reinicio del desarrollo celular, sin mostrar unidades foliculares típicas, encontrando restos del tejido conjuntivo, aunque se mantuvieron presentes algunas células maduras que quedaron resagadas del proceso de maduración anterior.



Figura 9. Vista de la zona de contacto de la gónada con el hepatopáncreas y formación de folículos.
4X. Técnica H.E.

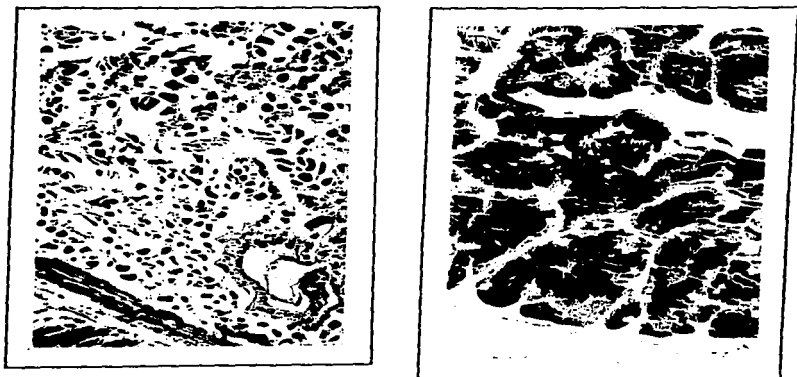


Figura 10. Gónada masculina.

**Comparación masculina y la femenina con respecto
al número y tamaño de los folículos. 10X. Técnica H.E.**

La descripción histológica muestra un patrón similar a la reportada por otros autores en otras especies de bivalvos; entre los que se pueden citar: Villalejo-Fuerte (1993), quien describió la histología de *Argopecten circularis*; Sevilla (1965), la de *Crassostrea virginica*; Arreola (1997), la de *Dosinia ponderosa* y De Villiers (1973), de *Donax serra*, entre otros.

3.3 Descripción de la gónada femenina.

La gónada está dividida en folículos de distintos tamaños delimitados por fibras de tejido conjuntivo. Éstos presentan una forma oval cuyo diámetro fluctúa entre 120 a 300 μm , dependiendo de la etapa de maduración en que encontramos el tejido gametogénico. La gónada presentó de 80 a 90 folículos. En su interior se localiza el epitelio germinativo formado por células en diferentes etapas de desarrollo.

Estas células van presentando tamaños y formas dependiendo de su maduración, encontrando organismos que presentan células pequeñas esféricas uniformes cuando están inmaduras y los folículos se observan saturados por ellas. Sin embargo, encontramos organismos maduros que presentan folículos con pocas células gigantes poliédricas que abarcan la luz. Figura 11.

Este epitelio germinativo que se desarrolla en el interior de los folículos lo observamos estructurado por: **ovogonias**, células de forma ovoide, inmaduras, adheridas a la pared del folículo por un pedúnculo, con talla promedio de 27 μm , cuyo citoplasma es escaso y basófilo; y un núcleo muy evidente, acidófilo.

Las ovogonias se dividen, dando como resultado la presencia de células hijas conocidas como **ovocitos**. Estos son células que crecen y aumentan el volumen del citoplasma, que es granuloso con una coloración basófila y su núcleo también aumenta de tamaño, observamos que la coloración es acidófila tenue, en comparación con el nucleolo bien diferenciado que muestra una acidofilia muy acentuada. Figura 12.

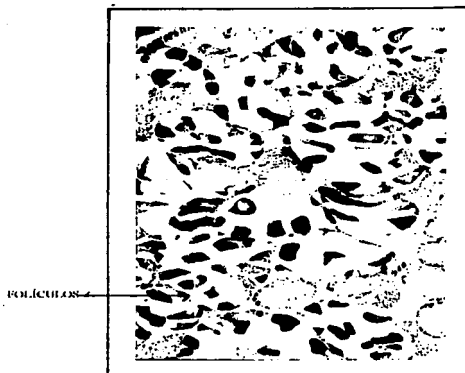


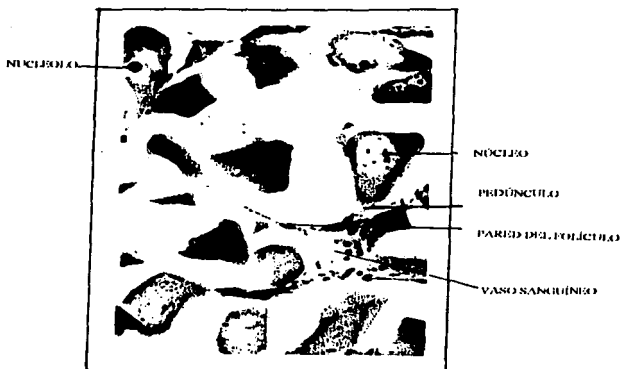
Figura 11. Gónada femenina.
Diferentes etapas de maduración.
10X. Técnica H-E.



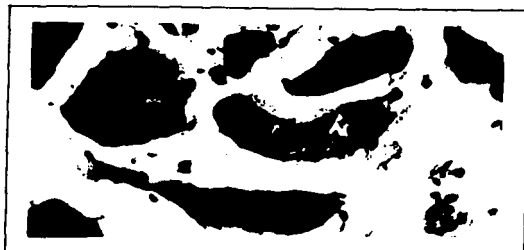
Figura 12. Ovocitos en crecimiento.

Los ovocitos al madurar, presentan un pedúnculo cada vez mas evidente, manteniendo su unión con la pared del folículo, mientras que la célula cambia su aspecto a la típica forma poliédrica que se ira alargando conforme va madurando. La célula ya madura, se desprende de la pared del folículo y queda libre en la luz del túbulo, lista para ser expulsada. Figura 13.

Diversos autores como Sastry (1979), Sevilla (1965), Tranter (1957), Villalejo (1993), han descrito las células sexuales en sus diferentes estadios de maduración de otros moluscos bivalvos ,descripción que coincide en muchos aspectos con la realizada en este trabajo hasta el momento no encontramos ningún artículo referente a la descripción de las gónadas de *Donax variabilis*.



**Figura 13. Folículos con ovocitos maduros
40X. Técnica H-E.**



**Ovocitos maduros libres.
40X. Técnica H-E.**

3.4 Descripción de la gónada masculina.

En los machos se observó que la gónada está formada por gran cantidad de tejido conjuntivo que constituye la pared de los folículos, éstos oscilan entre los 120 a 450 μm de longitud, debido a que mantienen una forma elíptica y presentan entre 60 y 70 folículos por gónada. En ellos se localiza el epitelio germinativo, cuyas células se encuentran en diferentes estadios de maduración y se distribuyen en la periferia de la pared del folículo. Figura 14.

Los folículos presentan una característica particular cuando las células están en estadios de inmadurez. Estos se observan con las células del epitelio germinativo dando un aspecto muy homogéneo, y de forma esférica. La luz de los folículos es reducida y en ocasiones nula. Figura 15.

Las **espermatozonias** son células esféricas de 27 μm de diámetro, similares a las ovogonias descritas en la gónada femenina, que dan origen a gran número de **espermatozoides**, teniendo una talla de 5.5 μm , Estas células posteriormente aumentan su volumen, debido al crecimiento que presentan y observamos que tienen un citoplasma basófilo y un gran núcleo que evidencia al nucleolo.

Estos espermatozoides reducen su tamaño hasta alcanzar la talla de 1.6 a 2.4 μm adoptando la típica estructura piriforme, característica de las células **espermáticas**. Figura 16.

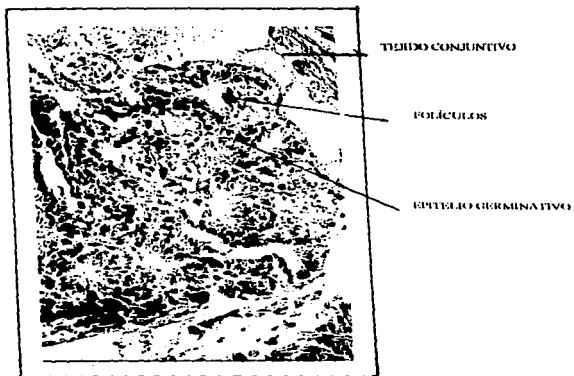


Figura 14. Vista panorámica de la gónada masculina.
10X. Técnica H-E.

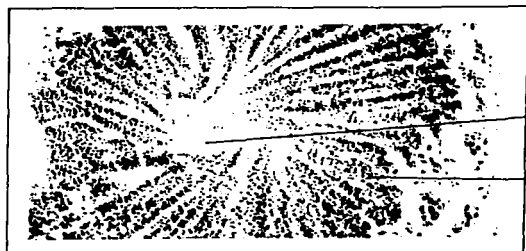


Figura 15. Vistas generales de una gónada masculina inmadura.

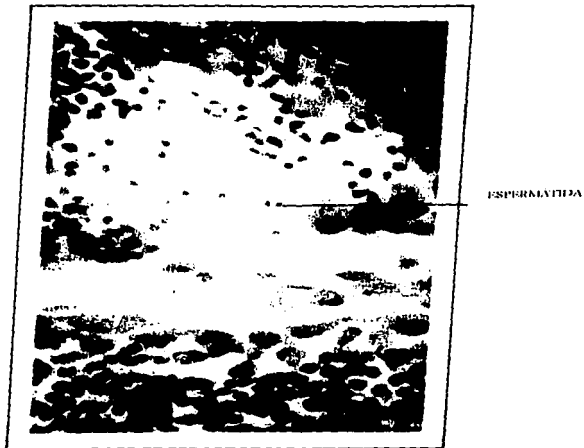


Figura 16. Forma periforme de la espermatida.
40X. Técnica H-E.

Estas células presentan una diferenciación hacia la formación del **espermatozoide**, célula que adquiere una forma caudada y que se acumula formando grandes mechones hacia la luz del folículo. Cuando el número de espermatozoides aumenta, el número de células de estados previos a la espermátida decrece, de modo que los folículos se llenan de espermatozoides e incrementan su tamaño gradualmente. El tejido del hepatopáncreas es así desplazado por el aumento en número y tamaño de los folículos de la gónada. Siempre se observan células reproductoras en diferentes estados de la espermatogénesis. Figura 17.

De manera general podemos decir que la distribución y desarrollo de las células del epitelio germinativo de la gónada masculina coincide con la descripción que otros autores hacen de la gónada de otros moluscos bivalvos.

3.5 Proporción sexual

De la muestra total de 58 individuos, se encontraron 27 hembras y 29 machos, lo cual corresponde a una proporción de 1:1. Estos datos coinciden con lo reportado para *Donax serra* de Sud África (De Villiers, 1973); para *Crassostrea virginica* (Sevilla, 1965) y *Dosinia ponderosa* (Arreola, 1997). Se encontraron 2 individuos en los que no se pudo determinar el sexo, debido a que la gónada estaba indiferenciada, probablemente por tratarse de individuos juveniles.

No se encontraron individuos hermafroditas, todos los individuos fueron dióicos estrictos, según la definición de Sastri (1979).

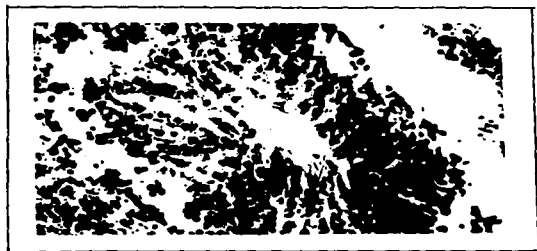
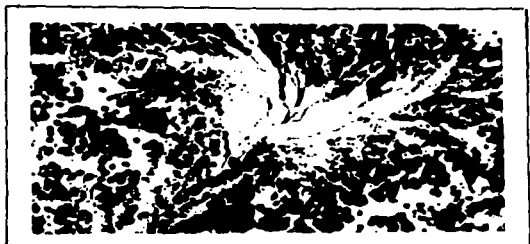


Figura 17. Folículos con formación de mechones de espermatozoides.
10X. Técnica H-E.

4. CONCLUSIONES

1. *Donax variabilis* es un organismo dióico que presenta una sola gónada, ya sea hembra o macho.
2. La gametogénesis es un proceso continuo tanto en hembras como en machos.
3. La proporción sexual registrada fue de 1:1.

5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abbott, R.T.**, 1974. American Seashell. Van Nostrand Reinhold Co. New York, USA. Ed. 2a.: 692 pp.
- Adamkewicz, L.**, 1989. Differences in the frequencies of several shell characters in the clam *Donax variabilis* around cape hatteras, North Carolina. *The Veliger.*, vol. 32(1): p. 21-28.
- Aguilar, M.**, 1996. Manual general de técnicas histológicas y citoquímicas. Facultad de Ciencias, UNAM: p. 33-65.
- Andrews, J.**, 1971. Sea shells of the Texas Coast. Univ. of Texas Press, Austin, Texas. 298 pp.
- Arreola H., F.**, 1997. Aspectos reproductivos de *Dosinia ponderosa*, Gray 1838 (Bivalvia, Veneridae) en Punta Arena, Bahía Concepción, B.C.S. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional: 89 pp.
- Baqueiro, E.**, 1987. Historia, presente y futuro del cultivo de bivalvos en México. Memorias III Reunión Nacional de Malacología y Conquiología. México: p. 458-467.
- Baqueiro, E. y H. Guajardo.**, 1984. Análisis de la pesquería de almejas y caracoles en Baja California Sur. Memorias III Simposium sobre Biología Marina de la Universidad Autónoma de B.C.S. México: p. 9-23.
- Belmar, J., S.A. Guzmán del Proó e I. Martínez-Morales.**, 1991. Madurez gonádica y ciclo reproductivo del caracol panocha (*Ostrea undosa*, Wood, 1828, Gastropoda, Turridae) en Bahía Tortugas, B.C.S. *Anales del ICM y L. U.N.A.M.*, vol. 18 (2): p. 169-187.
- Chanley, P.** 1969. Larval development of the coquina clam, *Donax variabilis* Say, with a discussion of the structure of the larval hinge in the Tellinacea. *Bull. Mar. Science.*, vol. 19 (1): p. 214-227.

- Chillona, C.P.** 1984. Contribución al conocimiento de la macrofauna bentónica intermareal en Sontecamapan, Ver. Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional: 66 pp.
- Cifuentes, J.L., P. Torres-García y M. Frías -Mondragón.,** 1995. El océano y sus recursos. vol. IX La Pesca. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. : 181 pp.
- Cockrum, E.L. & W.J. Mc.Cauley.** 1984. Zoología. Ed. Interamericana. México, D.F.: 713.pp.
- De Villiers, A.** 1973. Reproduction of the white sand mussel *Donax serra* Röding. Investigational Report N° 102. South Africa: 33 pp.
- Edgren, R. A.** 1959. Coquinas (*Donax variabilis*) on a Florida beach. Ecology., vol. 40(3): p. 498-501.
- Frey , R.W. & J. Dörjes.** 1988. Carbonate skeletal in beach-to-offshore sediments. Pensacola, Florida., Senckenbergiana marit. vol. 20 (1/2): p. 31-57.
- Frey, R. W. & S. W. Henderson.** 1987. Left-right phenomena among bivalve shells: Examples from the Georgia coast. Senckenbergiana marit., vol. 19 (3/4): p. 223-247.
- Geise, A.C.** 1959. Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. Annu. Rev. Physiol., vol. 21: p. 547 - 576.
- Geise, A.C. & J.S. Pearse.** 1974. Introduction general principles reproduction of marine invertebrates. A.C. Geise & J.S. eds. London Academic Press. New York, Col.: p 1-49.

- Geise, A.C. & J.S. Pearse.** 1979. Reproduction of marine invertebrates. Vol. V: Molluscs: Pelecypods and lesser classes. Academic Press. New York, USA.: 368 pp.
- González, O. B.** 1997. Contribución al estudio del ciclo gonádico del caracol *Purpura pansa* Gould, 1853 (Gastropoda: Prosobranchia) en Mazatlán, Sinaloa. 87 pp.
- Hyman, L.H.** 1967. The invertebrates: Mollusca. Mc.Graw-Hill. New York and London: 726 pp.
- Johnson, P.T.** 1968. Population crashes in the beach clam, *Donax gouldii*, and their significance to the study of mass mortality in other marine invertebrates. J. Invertebr. Pathol., vol. 12: p. 349-431.
- Loesch, H. C.** 1957. Studies of the ecology of two species of *Donax* on Mustang Island, Texas. Publ. Inst. Mar Sci., Univ. Texas., vol. 4: p. 201-227.
- Méndez, M.N., V. Solís-Weiss y A. Carranza-Edwards.** 1986. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del Estado de Veracruz, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13(3): p. 45-56.
- Meglitch, P.A.** 1978. Zoología de invertebrados. H. Blume Ediciones. Madrid, España: p. 293-397.
- Mikkelsen, P.S.** 1981. A comparison of two Florida populations of the coquina clam, *Donax variabilis* Say, 1822 (Bivalvia : Donacidae). I. Intertidal Density, Distribution and Migration. The Veliger. vol. 23 (3): p. 230-239.
- Mille, S. R. y A. Pérez U.** 1993. Géneros más comunes de moluscos Gasteropoda y Pelecypoda en México. Instituto Politécnico Nacional. México. : 33 pp.

- Morrison, J.P.E.** 1971. Western Atlantic *Donax*. Proceedings of the Biological Society of Washington 83: p. 545-568.
- Nelson, W.G.** 1993. Ecological, Morphological, and genetic differences between the sympatric bivalves *Donax variabilis* Say, 1822, and *Donax parvula* Philippi, 1849. The Veliger, vol. 36 (4): p. 317-322.
- Pulley, T.E.** 1979. The species of *Donax* on the Atlantic and Gulf coast of North America. Texas Conchologist, vol. XV, Nº 2: p. 26-34.
- Ramírez** 1986. Estudio de protección al ambiente y a la planta termoeléctrica, Tuxpan, Sitio Tampamachoco. Contrato Instituto Politécnico Nacional-Comisión Federal de Electricidad.
- Rogers, N.P.** 1987. Procedimientos en la investigación pesquera de moluscos bivalvos y caracol en el Instituto Nacional de la Pesca: p. 63-70.
- Sastry, A.N.** 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: Giese, A y J. Pearse, Reproduction of marine invertebrates. Academic Press. New York, USA: p.113-292.
- SEMARNAP.** 1997. Anuario estadístico de pesca 1996: 232 pp.
- Sevilla H., M.L.** 1965. Desarrollo gonádico de *Crassostrea virginica gnelin* en la laguna de Tamiahua, Ver. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico - Pesqueras. México, vol.I :p. 52-69.
- Villalejo-Fuerte, M.** 1993. El ciclo gonádico de la almeja catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con temperatura y fotoperiodo, en Bahía Concepción, B.C.S., México, 19 (2): p. 181-201.
- Wilbur, K.M., A.S. Tompa, N.H. Verdonk and J.A. Biggelaar.** 1984. The Mollusca. Academic Press, Inc. New York, USA, vol. 7: p. 1-45.