



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

Ciclo reproductivo de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) en zonas del litoral rocoso adyacentes a Puerto Ángel, Oaxaca, México.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

MARIANA EVELYN MELÉNDEZ CONTRERAS

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2015





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.

**Trabajo realizado con el apoyo del Programa
DGAPA-UNAM-PAPIME EN206213.**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Comunico a usted que la alumna **MELÉNDEZ CONTRERAS MARIANA EVELYN**, con número de cuenta **105002844**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **24 de noviembre** a las **11:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE Biól. **MARÍA DEL CARMEN SALGADO MEREDIZ**

VOCAL Dr. **ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE**

SECRETARIO Dr. **JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ**

SUPLENTE Dr. **GUILLERMO ARTEMIO BLANCAS ARROYO**

SUPLENTE M. en C. **VERÓNICA MITSUI SAITO QUEZADA**

El título de la tesis que presenta es: **Ciclo reproductivo de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) en zonas de litoral rocoso adyacentes a Puerto Ángel, Oaxaca, México.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
México, D. F., a 16 de octubre de 2015

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
DIRECTOR

ZARAGOZA
DIRECCIÓN

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
M. en C. **ARMANDO CERVANTES SANDOVAL**
JEFE DE CARRERA

DEDICATORIA

A Dios, por tantas bendiciones y amor.

A mi papá, por todo el esfuerzo y apoyo incondicional para que este proyecto de vida se llevara a cabo, gracias por todo, no tengo como pagar todo el cariño y sacrificios, te quiero.

A ti mamá, espero que algún día puedas verlo.

A mi hermana Karen por tu apoyo, porque hemos crecido juntas, aprendido mucho, te quiero hermana.

A mi hermano Juventino y Guadalupe, por todo su aprecio y apoyo incondicional, gracias.

A mis sobrinos, Juve, Mali y Yoli, porque son lucecitas en el camino, los quiero.

A “Los Meléndez” por tan buenos momentos juntos, pero de manera especial a mi tía Isabel y a mi tío Bernabé, por sus consejos, amor y apoyo, gracias por todo.

A mi tía Inés y mis primos, son un gran ejemplo de vida.

A la familia Padilla Arriaga por todo el apoyo incondicional y cariño, no hay manera de agradecer.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

Agradezco al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por permitirme formar parte del Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera y por todo el conocimiento ha compartido conmigo.

También agradezco a la M. en C. Verónica Mitzui Saito Quezada por compartir el gusto por los moluscos, por todos sus consejos y aportaciones a esté trabajo.

A la Biol. María del Carmen Salgado Merediz, al Dr. José Luis Gómez Márquez y al Dr. Guillermo Artemio Blancas Arroyo, por todos los valiosos comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.

A ti Omar por todo la comprensión, apoyo y amor, gracias mi amor, por ser mi compañero en este recorrido. Por la ayuda en la realización de los mapas y edición de imágenes, muchas gracias.

Gracias a los pescadores que nos permitieron conocer su forma de trabajo, al Don Manolo y familia, a Capi Beto y familia.

A los miembros del Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, por el trabajo compartido y apoyo.

A mis compañeros y amigos de Atomic Zar, Irene Gongora, Monserrat, José Luis, Eduardo, Juan Manuel, Uriel, Ana, Dania, Sindy, Marlene, Diego, Gizhe, Sergio, Aldo y a todos los atomicos que por falta de espacio no puedo mencionar, gracias por su amistad, por los buenos momentos y por compartir el gusto por la divulgación.

Agradezco a mis amigos, pero de manera especial a Daniel Bautista, Miriam Nava, Anita Ugarte, Viridiana y Francisco por sus consejos y por todo lo que me enseñaron.

A Maribel y Mauricio, así como Paola y Mauricio hijo, por tanto apoyo y cariño.

A la señora Esther, por estar con nosotras día a día, muchas gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ABREVIATURAS	x
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
II. DIAGNOSIS DE LA ESPECIE	9
2.1 Aspectos reproductivos	12
III. ANTECEDENTES	14
IV. JUSTIFICACIÓN	20
V. HIPÓTESIS	21
VI. OBJETIVOS	22
VII. MATERIAL Y MÉTODOS	23
7.1 Área de estudio	23
7.2 Trabajo en campo	26
7.3 Trabajo en laboratorio	27
7.4 Trabajo de gabinete	29
7.4.1 Composición de tallas	29
7.4.2 Factor de condición relativa	31
7.4.3 Índice gonádico	32
7.4.4 ANMUCOVA	33
7.4.5 Temperatura del mar y clorofila a	34

VIII. RESULTADOS	35
8.1 Composición de tallas	35
8.2 Índices morfofisiológicos	38
8.3 ANMUCOVA	40
8.4 Relación con los factores ambientales	46
IX. DISCUSIÓN	50
9.1 Composición de tallas	50
9,2 Reproducción y condiciones ambientales	51
X. CONCLUSIONES	58
XI. RECOMENDACIONES	59
XII. REFERENCIAS	60
APÉNDICE A	70
APÉNDICE B	71
APÉNDICE C	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de las 70 regiones marinas prioritaria que resalta la número 35.

Figura 2. Vista general de *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856).

Figura 3. Fotografía de la valva derecha de la madreperla y sus características más resaltantes.

Figura 4. Imagen lateral de la madreperla después de remover la valva izquierda, se notan las estructuras internas.

Figura 5. Zona de estudio modificado de Google Earth.

Figura 6. Buzo en colecta y proceso de congelación de los organismos.

Figura 7. Morfometría de la madreperla *Pinctada mazatlanica*.

Figura 8. Proceso de los organismos en el laboratorio.

Figura 9. EDK con amplitud optima de Silverman para la altura de la concha de *Pinctada mazatlanica*.

Figura 10. EDK mensual por altura de la madreperla.

Figura 11. Valores medianos del índice gonádico calculado con el peso del músculo aductor o callo (*IGC*) y el factor de condición (*K*), por fecha de muestreo.

Figura 12. Medianas del índice gonádico con peso blando (*IGB*) y el factor de condición (*K*), por fecha de muestreo.

Figura 13. Medias ajustadas por la altura del músculo aductor, la gónada y la glándula digestiva, por fecha de muestreo.

Figura 14. Valores medios por fecha, de los pesos del músculo aductor, la masa visceral y la gónada.

Figura 15. Medianas del *IGC* y pesos medios ajustados de la gónada, por fecha de muestreo.

Figura 16. Medianas del *IGC* y pesos medios ajustados de la masa visceral.

Figura 17. Se comparan las medianas del *IGB* y los valores medios del peso de la gónada, por muestreo.

Figura 18. Pesos medio ajustados de la masa visceral y las medianas del *IGB*, por muestreo.

Figura 19. Comparación de los pesos medios ajustados del músculo aductor y las medianas del factor de condición (*K*).

Figura 20. Comparación del índice gonadal (*IGC*) con la temperatura superficial marina.

Figura 21. Comparación del peso medio de la gónada ajustado a la covariada de la altura con la temperatura superficial marina.

ABREVIATURAS

Al: Altura de la concha.

ANMUCOVA: Análisis multivariado de covarianza.

Bi: Biso.

Bo: Boca.

Br: Branquias.

Ch: Charnela.

Co: Corazón

EDK: Estimador de densidad por Kernel.

Gr: grueso de la concha

IGC: índice gonadal calculado con el músculo aductor.

IGB: Índice gonadal calculado con el peso blando.

IGS: Índice gonadosómico.

K: Factor de condición relativo.

La: Lamelas.

Li: Ligamento.

Long: Longitud de la concha

Ma: Marca del músculo aductor.

Mad: Músculo aductor.

Mb: Muesca del biso.

Mr: Músculo retractor.

Mv: Masa visceral.

Pb: Peso blando sin contar el peso de la gónada ni la glándula digestiva.

Pc: Peso músculo aductor o callo.

Pg: Peso gónada.

Pgl: Peso glándula digestiva.

Pmb: Peso medio blando sin contar el peso de la gónada ni la glándula digestiva.

Pmc: Peso medio del músculo aductor.

Pmg: Peso medio de la gónada.

Pmgl: Peso medio de la glándula digestiva.

Pmv: Peso medio de la masa visceral.

Pmsc: Peso medio total sin concha.

Pmt: Peso medio total con concha.

Psc: Peso sin concha.

Pt: Peso total con concha.

Pv: peso de la masa visceral.

RMP: Regiones marinas prioritarias.

Um: Umbo.

RESUMEN

Las ostras perleras han sido importantes recursos durante la historia pesquera de México, siendo uno de los recursos más explotados de los mares mexicanos. Este es el caso de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), un molusco bivalvo lamelibranquio perteneciente a las conocidas ostras perleras, caracterizándose por tener una capa nacarada en la superficie interna de las valvas, produciendo perlas muy valoradas desde épocas prehispánicas. En las comunidades aledañas a las costas de Oaxaca han sido capturadas con fines alimenticios, donde lo que se consume principalmente es el músculo aductor y representa un sustento económico para algunos pescadores, por lo que la pesca en esta zona debe ser regulada adecuadamente. En este contexto los trabajos relacionados a la reproducción son fundamentales ya que proporcionan datos relevantes con respecto a la época de reproducción, desove y reclutamiento de las poblaciones, lo que nos permite conservar y reglamentar las pesquerías de las especies marinas como *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), sin embargo, en las costas oaxaqueñas no existen trabajos sobre la reproducción de la madreperla. Con respecto a lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo conocer la época de reproducción de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), en zonas de litoral rocoso cercanos a Puerto Ángel, Oaxaca en la región Marina Prioritaria (RMP) #35, para lo cual se realizaron colectas mensuales de agosto del 2013 a noviembre del 2014 con ayuda de buzos en sus zonas de colecta. Los organismos se transportaron al laboratorio en una mezcla frigorífica, donde se tomaron los datos de altura (*Al*), longitud (*Long*) y grueso (*Gr*) de la concha, así como el peso del músculo aductor (*Pc*), peso de la masa visceral (*Pv*), peso blando (*Pb*), peso de la gónada (*Pg*) y peso de la glándula digestiva (*Pgl*), lo anterior para calcular el índice gonadal usando el peso del músculo

aductor (*IGC*) y con el peso blando (*IGB*), así mismo se calculó el factor de condición relativo (*K*) y los valores medios de los pesos ajustados a la covariada de la *Al* usando el Análisis Multivariado de Covarianza (ANMUCOVA). Los índices gonadales (*IGC* e *IGB*) mostraron picos altos en octubre del 2013 y de marzo a abril del 2014 al igual que *K*, mientras que el valor más bajo fue en mayo para los índices gonadales y octubre del 2014 para *K*. Por otro lado, los pesos medios ajustados de la gónada concuerdan con los valores altos de los índices gonadales, sin embargo, se observa con detalle el pico más bajo en octubre del 2014, mientras que el peso medio ajustado del músculo aductor indica buen estado somático en marzo. Por otro lado al comparar *K* con el peso medio blando y el peso medio del músculo aductor se observa que son buenos indicadores de la condición somática. En este trabajo no se nota una clara relación entre la temperatura y el desarrollo gonádico, en su lugar la disponibilidad de alimento ha sido un importante factor determinante de la reproducción así como en diversas especies de bivalvos en zonas tropicales. Puesto que en la zona de estudio se presentaron fuertes lluvias en septiembre y surgencias de enero a abril, provocaron aumento en la concentración de clorofila *a*, como resultado los vientos “Tehuano” en el Golfo de Tehuantepec, estos eventos coinciden con el desarrollo gonadal y valores altos del factor de condición, sugiriendo que la actividad reproductiva es alta gracias a la disponibilidad de alimento. Por lo anterior se concluye que la madreperla tiene desarrollo gonádico alto en marzo y abril con un desove masivo en octubre del 2014, siendo las lluvias y surgencias condiciones importantes que determinan la reproducción. El peso medio del músculo aductor, el peso blando sin masa visceral y el *K* son buenos indicadores de la condición somática y su uso es indistinto en la madreperla. El ANMUCOVA y los índices morfofisiológicos tienen un comportamiento similar; sin embargo, el análisis multivariado muestra mejor a detalle los eventos reproductivos.

I. INTRODUCCIÓN

Los moluscos tienen una gran importancia biológica puesto que, constituyen uno de los mayores filos animales después de los artrópodos, existen cerca de 90,000 especies vivas y alrededor de 70,000 fósiles (Hickman *et al.*, 2009), los más abundantes y extendidos son los gasterópodos seguidos de los bivalvos. Se cree que la mayoría de las que están aún sin describir se encuentran en aguas profundas, zonas polares y países tropicales (Monje-Nájera, 2003).

En México los moluscos son un recurso económico importante, ya que representan el 11.13% de la producción pesquera y el 23.24% de la producción acuícola nacional, la costa del Pacífico aporta el 8.35% de las capturas y el 2.42% de los moluscos cultivados (CONAPESCA, 2010). Sin embargo, en la región Pacífico sur del país, y en particular la costa de los estados de Oaxaca y Chiapas, su aprovechamiento es aún bastante limitado (Ríos-Jara *et al.*, 2008).

Aunado a esto, la importancia de los bivalvos es enorme pues su pesca representa uno de los alimentos ampliamente consumidos y algunas especies tienen valor como productores de nácar y perlas (Monje-Nájera, 2003).

Existen una gran variedad de especies marinas de ostras perleras, pertenecientes a la familia Pteriidae, se distinguen de los otros bivalvos porque su interior está recubierto de una capa de nácar (Cariño y Monteforte, 2007). La historia de las ostras perleras se remonta desde la antigüedad gracias al gran valor que llegaron a tener las perlas, tal fue su demanda que poco a poco los yacimientos alrededor del mundo se fueron agotando (Cariño y Monteforte, 2007). En México figuran como un recurso valioso, la utilización de la concha, el nácar, el músculo aductor (callo)

como alimento y desde luego la perla que los hacen un recurso que deben ser adecuadamente aprovechados.

Dentro de este grupo, la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), es importante para la pesquería artesanal de algunas zonas de Oaxaca ya que se usa como alimento y es sustento económico en algunas comunidades pesqueras de las costas pertenecientes a la Región Marina Prioritaria (RMP) número 35.

Esta región, forma parte de las 70 RMP que la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad junto con expertos han propuesto (Fig 1). La tipificación de éstas, son una forma de caracterizar grandes extensiones, sirve como herramienta de clasificación e incluye el establecimiento de unidades geográficas temáticas, estas regiones son una herramienta para la investigación y conservación de la biodiversidad en México (Arriaga-Cabrera, 2009).

Fueron delimitadas por medio de diversos criterios ambientales, dentro de los que destacan los siguientes (Arriaga-Cabrera *et al.* 2009):

- Diversidad de hábitat
- Presencia de endemismos
- Riqueza de especies
- Especies indicadoras
- Zonas de migración, crecimiento, reproducción o refugio
- Procesos oceánicos relevantes (*e.g.*, transporte de Ekman, turbulencia, concentración, retención y enriquecimiento, que se asocian a sitios de reproducción, alimentación, crecimiento, etc.)

También se agregaron una serie de criterios económicos que se enlistan a continuación (Arriaga-Cabrera *et al.* 2009):

- Presencia de especies de importancia comercial
- Zonas pesqueras importantes

- Zonas turísticas importantes
- Tipo de turismo
- Importancia económica para otros sectores (*ej.*, petróleo, industrial, minero de transporte u otros).

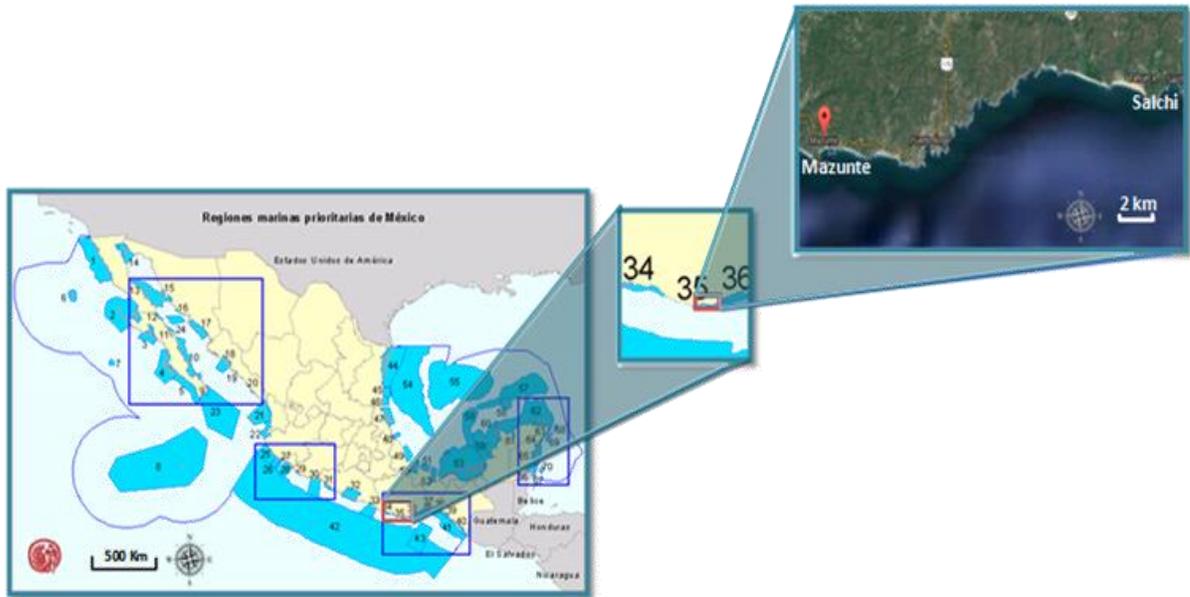


Figura 1. Mapa de las 70 regiones prioritarias, se hace un acercamiento de la RMP número 35, tomado y modificado de Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998.

Dentro de las diversas actividades económicas en la RMP 35 en Oaxaca, la pesca es una labor importante, representa un valor de producción de 282,528 millones de pesos, con un volumen de peso vivo de 13,468 toneladas, aportando el 0.86% a la producción nacional, las especies que más se capturan son el tiburón, cazón, raya, camarón, jurel, guachinango y mojarra que representan el 68% de producción estatal (CONAPESCA, 2010). Existen 27 municipios, que ejercen la actividad pesquera ribereña, debido a esto, existe un gran volumen de la pesca que no está registrado oficialmente (CONAPESCA, 2010), este es el caso de muchas especies de moluscos bivalvos como la madreperla.

En esta región, diferentes especies de gasterópodos y bivalvos se capturan de forma artesanal, principalmente para autoconsumo o se

comercializan local o regionalmente (Ríos-Jara *et al.*, 2008), la actividad pesquera actualmente se realiza sin la implementación de planes de manejo específicos tendientes a mantener una sustentabilidad en los sistemas pesqueros (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2012).

Por lo anterior, los estudios de reproducción son importantes debido a que proporcionan datos relacionados con la distribución, estructura de la población y permiten efectuar predicciones sobre el reclutamiento de la población adulta (Seed, 1976), su conocimiento es fundamental para la conservación y reglamentación de las pesquerías de muchas especies que son explotadas por el hombre (Torres-Zepeda y Cruz-Pérez, 2002).

Se han establecido varios métodos para llevar a cabo este objetivo que van desde procedimientos histológicos detallados hasta índices derivados de medidas corporales que en general están correlacionadas positivamente con el tamaño (Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

El índice más usado para caracterizar el ciclo reproductivo es el índice gonadosómico (*IGS*). Este supone que el peso de la gónada está relacionado con la madurez y el desove, por lo que incrementa durante la gametogénesis y decrece en el desove (Gosling, 2003), esto a su vez dependen del sexo, estadio de madurez sexual, tamaño individual, temporada del año, etc. (Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

En peces el factor de condición, designado como *K*, es utilizado para comparar la “condición”, “gordura” o “bienestar” de un organismo o población, basado en la suposición de que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición somática (Froese, 2006; Cifuentes *et al.*, 2012), por lo que la variación de los pesos indica procesos de almacenamiento y transferencia de energía en forma de proteínas y lípidos que están asociados con el esfuerzo reproductivo (González y Oyarzún, 2002). Los tejidos que participan fundamentalmente

en el almacenamiento de energía de reserva en ostras perleras son la gónada, la glándula digestiva, el músculo aductor y el manto, son usados de manera variable en ciclos estacionales de almacenamiento, movilización y agotamiento de energía (Sucedo y Southgate, 2008).

La condición somática en bivalvos, ha sido evaluada a través de diferentes índices de condición, los cuales se refieren a la cantidad relativa de carne producida por un organismo y son ampliamente utilizados en los moluscos para estimar su valor nutritivo, comercial y ecológico, pueden relacionarse con variables como el estado reproductivo, almacenamiento de energía y permiten conocer cómo responde el organismo a las condiciones del ambiente (Acosta *at al.*, 2011; Arrieche *et al.*, 2002; Acosta *et al.*, 2006), como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, principalmente (Saucedo y Southgate, 2008)

Sin embargo, en los últimos años se han descrito los siguientes problemas con los índices morfométricos tradicionales (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005):

- 1) Algunos de ellos son índices de razón y sus cocientes:
 - Presentan incremento de variabilidad en comparación con las variables originales usadas para el cálculo.
 - Proporcionan una estimación sesgada de la verdadera medida de la razón.
 - Poseen distribuciones de razón poco comunes, no Gaussianas y a menudo intratables
 - Tienden a hacer difícil el entendimiento de las relaciones entre las variables.
- 2) Especialmente para el índice de Fulton e *IGS*, suponen incorrectamente una relación lineal (crecimiento isométrico).
- 3) A menudo suponen incorrectamente independencia respecto de la longitud.

- 4) La mayoría de los índices suponen que la variación de la condición está indicada solamente por la variación del estimador a . Esto implica que las pendientes b de la relación peso-longitud son las mismas entre grupos.

Debido a lo anterior, algunos autores han presentado nuevos enfoques que intentan superar algunas de las dificultades, descritas, comparando los valores medios de los pesos de las estructuras mediante un análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA), ya que es una herramienta de apoyo, facilita la interpretación simultánea de la tendencia de las medias, ya que hace la comparación de las medias ajustadas por la covariada en una escala similar, eliminando el efecto del tamaño individual (García-Berthou y Moreno-Amich 1993; Salgado-Ugarte, 1995; Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

II. DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

Pinctada mazatlanica (Hanley, 1856) también conocida como madreperla, es un molusco bivalvo lamelibranquio que pertenece a las conocidas ostras perleras, se caracteriza por tener capas de nácar en la superficie interna de las valvas y son productoras de perlas que han sido muy valoradas desde épocas prehispánicas (Fig. 2).

Se encuentra dentro de la familia Pteriidae y el género *Pinctada* Röding, 1798, los miembros de este género poseen marcas del músculo aductor en forma de haba (Ma), un biso filamentoso y la concha puede ser equivalva o inequivalva (Coan y Valentich-Scott, 2012).

La concha de la madreperla tiene forma ovalada y comprimida, no posee alas como otras especies del género, la superficie externa tiene periostraco de color café-olivo con lamelas comarginales que son más prominentes en el margen (La), pueden ser quebradizas y frágiles, la charnela no tiene dientes (Ch), el ligamento es externo (Li) y tiene un biso bien desarrollado que sobresale a través de la muesca del biso en la valva derecha (Fig. 3 a y b). La parte interna de las valvas es nacarada y bastante iridiscente, cerca del margen es de color café o verdoso. Puede llegar a medir 150 mm de largo (Coan y Valentich-Scott, 2012; Keen, 1971; Morris, 1966).

Este bivalvo se distribuye desde el Golfo de California hasta Perú, se encuentra en aguas someras y cálidas (Coan y Valentich-Scott, 2012; Morris, 1966).

Coan y Valentich-Scott (2012), realizaron una revisión taxonómica de los moluscos bivalvos desde Baja California hasta el norte de Perú, en donde posicionan a la especie como sigue a continuación:

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Subclase: Autobranquia

Superorden: Pteriomorphia

Orden: Pteriida

Superfamilia: Pterioidea

Familia: Pteriidae

Género: *Pinctada* Röding, 1798

Especie: *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856)



Figura 2. *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856).

En estos animales, la boca se encuentra situada anteriormente y rodeada por los palpos labiales (Bo), cerca se sitúa el pie y el biso (Bi). Los órganos están dentro de la masa visceral (Mv) que se localiza dorsalmente entre el lóbulo izquierdo y derecho del manto, encierra gran parte del sistema digestivo, la glándula digestiva que rodea al estómago y la gónada ocupa gran parte de la masa visceral cuando es madura (Fig. 4). Después de remover una valva, se nota a simple vista el músculo aductor (Mad) y las branquias en forma de lamelas (Br), están separados de la masa visceral a excepción de la parte dorsal del músculo donde una porción del recto se une a la masa digestiva. En la región central entre el músculo aductor y el pie, se localiza el corazón (Co) y el sistema excretor que consiste en un par de nefridios (Fougerouse *et al.*, 2008).

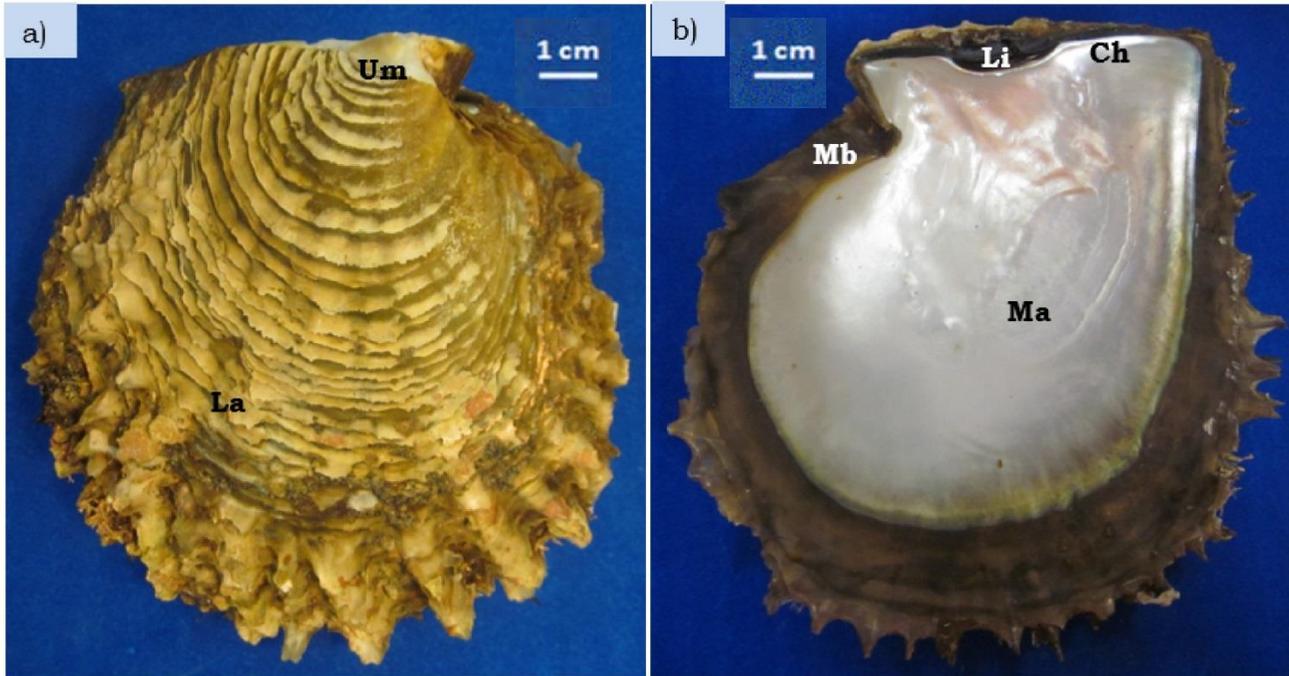


Figura 3. Fotografía de la valva derecha de la madreperla. a) Parte externa de la concha que muestra el periostraco y las lamelas comarginales (La), se observa la parte de umbo (Um); b) valva interna donde se observa la marca del músculo aductor (Ma), el ligamento (Li), la charnela (Ch) y la muesca del biso (Mb).

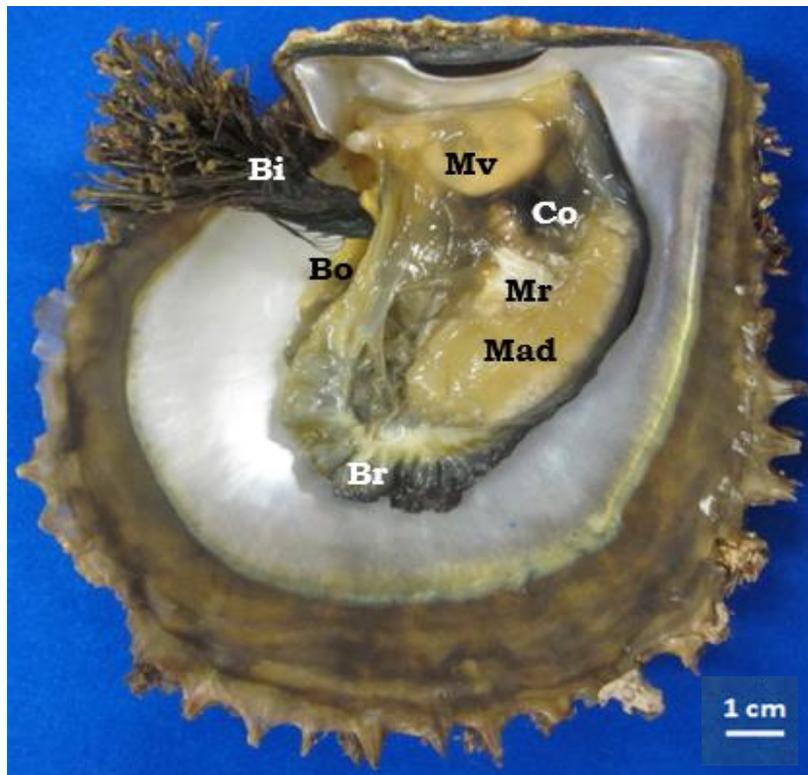


Figura 4. Imagen lateral de la madreperla después de remover la valva izquierda. Se nota el biso bien desarrollado en la parte anterior (Bi), a un costado se encuentra la boca (Bo), se observa la masa visceral (Mv), el corazón (Co), músculo retractor (Mr), el músculo aductor (Mad) y las branquias (Br).

2.1 Aspectos reproductivos

Pinctada mazatlanica ha sido considerada como protándrica hermafrodita con sexos separados, con inversión sexual observada en ostras mayores a 100 mm de altura de la concha, es decir, que maduran como machos y las hembras no se presentan hasta que alcanzan tallas mayores. Pueden presentarse ambos sexos en una gónada, pero no se ha demostrado que sean funcionales (Saucedo y Monteforte, 1997).

La gónada está formada por dos lóbulos relativamente simétricos que crecen a la par con la gametogénesis, se desarrolla en la región dorsal de la masa visceral por lo que rodea al esófago, al estómago, gran parte de los intestinos y recubre totalmente a la glándula digestiva, sin embargo, estos dos órganos están fusionados. Cuando la gónada es madura puede penetrar entre los músculos retractores e invadir otros tejidos (Fougerouse *et al.*, 2008). Estos animales no presentan dimorfismo sexual por lo que es imposible determinar el sexo del animal con la apariencia externa de la gónada (Fougerouse *et al.*, 2008; Saucedo y Southgate, 2008).

Durante la gametogénesis se requiere de una gran cantidad de energía que es abastecida por las reservas de lípidos y glucógeno de la glándula digestiva y el músculo aductor, siendo estos dos órganos los principales reservorios de energía (Saucedo y Southgate, 2008).

El control de la reproducción en estos animales, implica una compleja interacción de factores exógenos como la temperatura, la disponibilidad de alimento, salinidad y luz, con factores endógenos tales como ciclos neuroendocrinos y el genotipo. Estos factores juegan un papel importante en la sincronización y duración de la gametogénesis, un proceso que puede durar meses (Gosling, 2003).

La madreperla tiene un desarrollo gonadal continuo durante todo el año, siendo más intenso de abril a septiembre con picos altos en abril y

septiembre, mientras que el desove se presenta en junio-julio, octubre y agosto (Sevilla, 1969; García-Domínguez *et al.*, 1996, Saucedo y Monteforte, 1997; Solano-López *et al.*, 1997; Saucedo *et al.*, 2002 a y b; Vite-García, 2005; García-Cuellar, 2004). Estas épocas obedecen a las condiciones ambientales externas y específicas de su zona de distribución.

Debido a la gran explotación de los bancos naturales, el gobierno mexicano en 1939 dictó una veda permanente de la en toda la costa occidente de México, se estableció el estatus de especies “en peligro de extinción”, éste se modificó en 1994 hacia especie “bajo protección especial”, sin que se levantara la prohibición de pesca, (Monteforte-Sánchez, 2005). Actualmente se encuentra bajo protección especial, es decir, que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

III. ANTECEDENTES

La reproducción en especies de ostras perleras de valor comercial, ha sido frecuentemente estudiada en diversas zonas del mundo como India, Australia, Japón, Costra Rica, Tailandia. Estos van desde la determinación de épocas reproductiva y rangos de temperatura propicia para el desove, observaciones sobre el desarrollo de la espermatogénesis y la ovogénesis durante esta época, anatomía microscópica de la gónada y células especializadas en almacenamiento de energía hasta factores ambientales adecuados para su cultivo.

En México se ha realizado un amplio estudio en las costas de Baja California, sobre todo con *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, donde la explotación de este recurso fue muy excesivo con el propósito de conocer a fondo la biología reproductiva y mantener los bancos naturales por medio del cultivo acuícola. En la tabla 1, se sintetizan las investigaciones más relevantes sobre la reproducción de *P. mazatlanica*.

Tabla 1. Referencias y reseña de las investigaciones más relevantes relacionadas a la reproducción de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), en México.

Localidad	Reseña	Referencia
Baja California, México	Descripción anatómica y fisiológica de la madreperla. La época de desarrollo gonádico es de abril a septiembre, con un desove en septiembre. La temperatura de desove va de 28 a 29°C.	Sevilla, 1969
Cultivo en Bahía La Paz, Baja California Sur	La gametogénesis fue continua durante todo el año con un desove en septiembre, se comportó como una especie hermafrodita protándrica funcional con reversión sexual después	Saucedo-Lastra, 1995

	de los 100mm de altura.	
Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México	Se presentaron tres desoves, en junio-julio, octubre y abril, se observó cambio de sexo. No se percibió una clara relación con la temperatura.	García-Domínguez <i>et al.</i> , 1996
Bahía la Paz, Baja California, México.	La época de reproducción fue de abril a agosto con un pico en septiembre; el cambio de sexo ocurre después de los 100mm de altura y el desove ocurre de 28 a 29°C.	Saucedo y Monteforte 1997
Cultivo en Baja California	Actividad gonádica de marzo a agosto con picos en abril y el menor en agosto, el desove se presentó en septiembre con temperaturas de 28-29°C. Los tejidos de reserva fueron la glándula digestiva y el músculo aductor	Saucedo-Lastra <i>et al.</i> , 2002a
Bahía La Paz Baja California.	Desarrollo activo de marzo a agosto con un pico en abril y uno menor en agosto.	Saucedo-Lastra <i>et al.</i> , 2002b
Bahía de Acapulco, Guerrero.	La gametogénesis y el desove fueron continuos, con un desove intenso a finales de septiembre cuando la temperatura del agua era de 30°C.	Torres-Zepeda y Cruz-Pérez, 2002
Isla Espíritu Santo, Baja California Sur.	El ciclo reproductivo es largo durante el Niño, con intensos desoves en julio, agosto y septiembre y en la Niña de agosto y septiembre. Se presentaron organismos hermafroditas protándricos. Fueron evidentes los cambios de estacionalidad de la actividad reproductiva relacionada con la temperatura. El índice de condición fue un indicador adecuado de la actividad reproductiva.	García-Cuellar <i>et al.</i> , 2001
Bahía la Paz, Baja California, México.	Se analizó el ciclo de lípidos y proteínas de reserva durante la vitelogénesis,	Gómez-Robles <i>et al.</i> , 2005

	también se calculó el índice de lípidos y proteínas para la calidad de ovocitos, en donde el primero fue alto en invierno y las proteínas se usaron durante el crecimiento del ovocito. El desarrollo gonadal fue más evidente en abril y agosto con un desove en agosto.	
Granjas de cultivo, Bahía la Paz, Baja California Sur.	Por medio de un análisis de almacenamiento y utilización de lípidos y proteínas en tejidos relacionados con la gametogénesis se encontró un aumento de proteínas en la gónada durante la gametogénesis mientras que hubo un decremento en el músculo aductor y la glándula digestiva, que sugiere que las reservas de energía son destinadas a la gónada durante el desarrollo; las reservas no son suficientes para la gametogénesis por lo que el alimento disponible juega un papel importante	Vite-García, 2005

Cabe destacar el trabajo realizado por Sevilla en 1969, ya que fue una investigación pionera en la descripción macro y microscópica de la anatómica y fisiológica reproductiva de la madreperla. Propuso cinco etapas de madurez sexual en base a observaciones histológicas que hasta en la actualidad se siguen siendo la base de las descripciones. Caracterizó en ciclo reproductivo en el Golfo de Baja California donde la época de reproducción fue abril a septiembre con desoves de julio-agosto.

Posteriores trabajos reportan que la gametogénesis en la madreperla es continua durante todo el año y se determinó la condición de hermafrodita protándrica de la especie con cambio de sexo a partir de los

100 mm de altura de la concha, siendo una característica frecuente en los Pteriidea (Saucedo-Lastra, 1995, Saucedo y Monteforte, 1997).

Con respecto a las épocas de mayor actividad reproductiva se han presentado principalmente de abril a septiembre con un desove en septiembre con temperaturas que van desde 28 a 30°C, también se sugiere un segundo ciclo reproductivo donde el animal evita desechar las reservas energéticas y pasa directamente a la gametogénesis después del primer desove (Saucedo-Lastra, 1995; Saucedo y Monteforte. 1997; 2002 a y b).

Aunado a lo anterior, García-Cuellar (2001), evaluó el ciclo reproductivo de la madreperla durante el Niño y la Niña, en los cuales los marcados cambios en la temperatura provocaron cambios en la estacionalidad de épocas reproductivas y desoves. Los desoves durante el Niño fueron más extensos e intensos.

Referente a la talla de primera madurez se ha observado la maduración sexual de 39 mm de altura de la concha con aproximadamente 8 meses de edad, esto evaluado bajo condiciones de cultivo (Saucedo-Lastra, 1995).

Para la evaluación de la actividad reproductiva, el índice gonadosomático ha sido un buen indicador al coincidir los valores alto y bajos con la madures reproductiva y el desove, respectivamente (Saucedo-Lastra, 1995, Saucedo y Monteforte, 1997; Saucedo *et al.*, 2002b). También para conocer la condición general con relación con el evento reproductivo se ha usado el índice de condición de Riker, dividiendo el peso de la masa visceral entre la altura de la concha elevado al valor de b de la relación peso-altura (García- Cuellar, 2001).

La temperatura ha sido descrita como el factor de más influencia sobre la actividad reproductiva (Gosling, 2003), en la investigación realizada por Saucedo-Lastra (1995), se notó que la temperatura es

directamente proporcional con el índice gonadosomático siendo el desove cuando la temperatura registro su más alto valor, por el contrario García-Domínguez *et al.*, (1996), no observan una clara relación del desove con la temperatura, por lo que se propone que puede estar sincronizado con la disponibilidad de alimento, esto para favorecer viabilidad del desarrollo de las larvas. Paralelamente, en Costa Rica el desove masivo de *Pinctada mazatlanica* se relacionó con los afloramientos que se producen en las aguas costeras y explican en gran medida los valores altos en la productividad primaria que son un importante aporte alimenticio a la especie (Solano-López, et al., 1997). La gametogénesis comenzó en febrero durante la época en donde la comida es abundante gracias al fitoplancton, esto en Baja California (Saucedo-Lastra, et al., 2002a).

Hay estudios relevantes con respecto a los ciclos de uso y agotamiento de reservas de energía en forma de lípidos y proteínas en tejidos relacionados a la gametogénesis, como es el caso de la gónada, la glándula digestiva el músculo aductor que muestran un claro ciclo de desarrollo de la gónada, desove, almacenamiento y movilización de nutrientes . De igual manera, trabajos sobre la cuantificación de proteínas y lípidos han sido importantes para conocer la calidad del oocito durante la vitelogénesis (Gómez-Robles et al., 2005).

Se han realizado estudios sobre los efectos de la temperatura y la dieta de microalgas adecuada para el cultivo de la madre perla, mostrando que la temperatura es una gran influencia en el crecimiento y condición de la especie, donde a 29°C con una adecuada proporción de microalgas son las mejores condiciones para el crecimiento significativo (Saucedo *et al.*, 2001; 2009).

Es importante mencionar el trabajo de Southgate y Lucas (2008), en donde se hace una compilación de la taxonomía, biología y cultivo de las

otras perleras de importancia comercial, un trabajo muy completo que hace un revisión de los estudios relevantes en el mundo.

El único trabajo que tiene más cercanía con la RMP número 35 trata sobre la caracterización del ciclo reproductivo de *Pinctada mazatlaniza* (Hanley, 1856) en la Bahía de Acapulco en Guerrero, por medio de los estados de madurez gonádica y el del índice gonadosomático, que indica que la gametogénesis y desove es continua a lo largo del año con un desove intenso en septiembre cuando la temperatura alcanzó los 30°C (Torez-Zepeda y Cruz-Pérez, 2002).

Si bien es cierto que los estudios son bastos sobre la caracterización de la biología reproductiva de las otras perleras en la zona subtropical de México, en la zonas sur del país son muy escasas o nulas, por lo que este trabajo aporta una descripción el ciclo reproductivo de la madreperla, en una de las zonas costeras biológicamente, ecológicamente y económicamente importante del país.

IV. JUSTIFICACIÓN

Las ostras perleras fueron desde la antigüedad capturadas, principalmente por sus perlas y el nácar en las conchas; sin embargo, la pesca llegó a explotar tanto el recurso hasta agotar los bancos naturales (Cariño y Monteforte, 2007), por lo que se buscan métodos tecnológicos para la recuperación de las poblaciones como es el caso del cultivo. Actualmente *Pinctada mazatlanica* en las costas de Oaxaca, es un recurso muy valorado por el uso ornamental de la concha y el nácar y el músculo aductor como alimento.

En Oaxaca la pesca artesanal es una actividad de sustento económica importante, se estima que alrededor de 20 mil personas viven directa e indirectamente de prácticas productivas, extractivas y de comercialización de los productos pesqueros Según el Gobierno del Estado de Oaxaca, (2012), este es el caso de la Región Marina Prioritaria número 35, donde la madreperla *Pinctada mazatlanica*, tiene importancia como recurso pesquero alimenticio y ornamental.

Con respecto a lo anterior, la reproducción juega un papel importante como mecanismo de perpetuación de las especies, por lo que el presente estudio busca caracterizar el ciclo reproductivo de la madreperla que proporcione información para el mantenimiento y aprovechamiento racional del recurso, siendo este el primer trabajo realizado en esta zona tropical del país y en la zona de la Región Mariana Prioritaria número 35.

V. HIPÓTESIS

Las condiciones ambientales tales como la temperatura y la disponibilidad de alimento determinan la actividad reproductiva en *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856), siendo los meses con temperatura altas cuando ocurre desove y los meses con aporte alimenticio cuando hay reservas energéticas para la gametogénesis, entonces se espera que en las costas cercanas a la RMP número 35, dadas las condiciones específicas de la zona los organismos presenten desarrollo gonadal durante los meses con alto aporte alimenticio y desoves en épocas de altas temperaturas, sugeridos por valores elevados del índice gonadal y mínimos del factor de condición relativo, así mismo el Análisis Multivariado de Covarianza indicará lo anterior con más detalle.

VI.OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir el ciclo reproductivo anual de *Pinctada mazatlanica* (Harley 1856), en Puerto Ángel Oaxaca.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Estimar la composición de tallas por medio de los estimadores de densidad por kernel.
- Calcular dos índices gonadales (peso de la gónada entre músculo aductor y peso de la gónada entre el peso blando sin la masa visceral).
- Calcular el índice de condición relativo dividiendo el peso blando sin masa visceral entre la relación peso blando sin masa visceral-altura de la concha.
- Relacionar factor de condición relativo con el índice gonádico.
- Calcular los valores medios del peso blando, peso del músculo aductor, peso de la masa visceral, peso de la gónada y peso de la glándula digestiva usando en Análisis Multivariado de Covarianza que se ajustan por la covariada de la altura.
- Comparar las medias ajustadas con los índices gonadales y el factor de condición relativo.
- Relacionar la temperatura superficial del mar con el ciclo reproductivo de *Pinctada mazatlanica*, (Harley 1856).
- Indicar las épocas de desarrollo gonadal y desove de *Pinctada mazatlanica*, (Harley 1856).

VII. MATERIAL Y MÉTODO

7.1 Área de Estudio

La Región Marina Prioritaria (RMP) número 35 “Puerto Ángel-Mazunte” se encuentra dentro del polígono 15°43'48" a 15°38'24" latitud norte y 96°18' a 96°21' longitud oeste (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). El presente estudio abarcó desde Punta cometa hasta la bahía de Dominguillo, que pertenece también a la parte oeste del Golfo de Tehuantepec a excepción de la Bahía de Mazunte, sin embargo, todos los procesos oceánicos propios del Golfo afectan a dicha RMP (Fig.5).

El Golfo de Tehuantepec es una zona pesquera y ecológicamente muy productiva, ya que presenta importantes procesos físicos y ecológicos, como el fenómeno de surgencias, los aportes continentales de agua dulce y dinámica ecológica de grandes sistemas lagunares, que determinan una producción pesquera alta (Lara-Lara *et al.*, 2008). Se encuentra delimitado hacia su parte oeste por Puerto Ángel, Oaxaca y al este por el Río Suchiate en Chiapas (Lara-Lara *et al.*, 2008).

De acuerdo con el criterio de Köppen, modificado por García (2004), el clima de la región es de tipo $Aw_0(w)igw$ que corresponde a un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano y presencia de canícula e isoterma, con una marcha anual de temperatura tipo Ganges.

La temperatura media anual es de 28°C donde la temperatura más baja se presenta en el mes de enero y el más cálido en mayo (García, 2004), mientras que la temperatura promedio anual de la superficie del mar es de 25 a 30°C durante todo el año en condiciones normales (Gallegos-García y Barberán-Falcon, 1998). Por otro lado la precipitación media anual es de 75.5mm (García, 2004).

Región Marina Prioritaria #35
Puerto Ángel - Mazunte

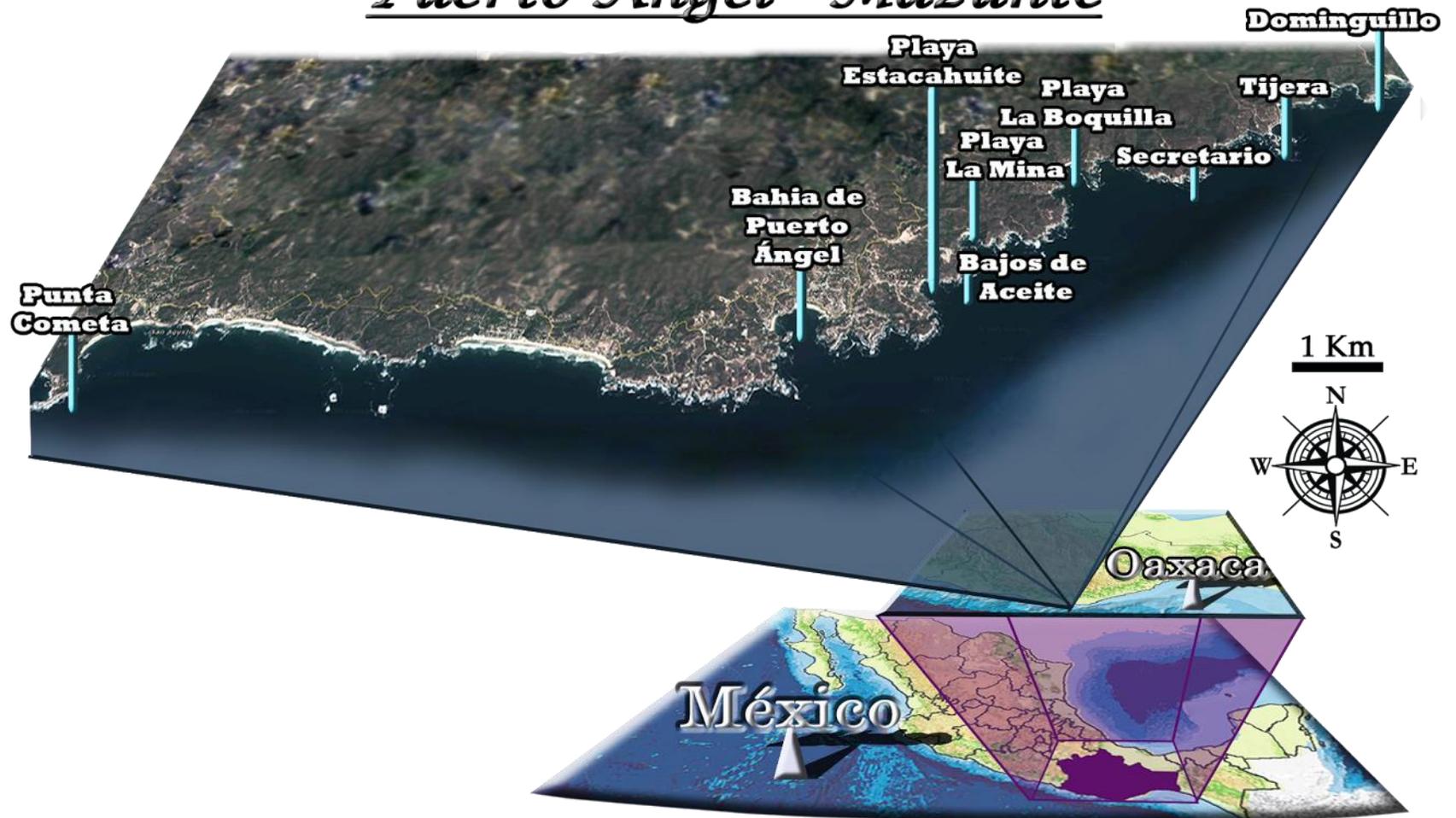


Figura 5. Zonas de estudio y sitios de colecta, modificado de , INEGI y Google Earth.

El Golfo de Tehuantepec presenta dos temporadas bien definidas, una de lluvias y otra de secas. La primera comprende de abril a octubre y la segunda de noviembre a marzo (Medina- Reyna *et al.*, 2003). Durante la temporada de secas, ocurren los vientos “tehuanos” que son derivados de los vientos “nortes” en el Golfo de México. Estos vientos de descenso que atraviesan el istmo hacia el Golfo de Tehuantepec, pueden exceder los 20 ms^{-1} y producen un arrastre del agua hacia el sur que determina importantes surgencias y una mezcla considerable a lo largo del viento (Lara-Lara *et al.*, 2008).

La región se encuentra bajo la influencia de importantes corrientes: la Corriente de California, la Norecuatorial, la Contracorriente Norecuatorial, la Corriente Surecuatorial, la Subsuperficial Ecuatorial y la de Perú (Monreal-Gómez y Salas-De León, 1998).

La temporada de huracanes se presenta de mayo a octubre, con la presencia de algunas tormentas eléctricas, las trayectorias de estas tormentas y ciclones son erráticas y muy pocas llegan a afectar las costas de municipio de San Pedro Pochutla (Leyte-Morales, 2001; citado en Medina-Elizalde, 2010)

El régimen de mareas para el Golfo de Tehuantepec es mixto semidiurno, es decir, ocurren dos pleamares y dos bajamares en cada día de marea. Sin embargo, la fase de marea varía muy lentamente, es decir, que las horas de pleamares y bajamares casi ocurren simultáneamente (De la Lanza-Espino, 1991).

La franja costera de la región presenta alternadamente bahías, playas abiertas y acantilados. La plataforma es muy estrecha, por lo que se alcanzan grandes profundidades cerca de la costa (Leyte-Morales, 2001; citado en Medina-Elizalde, 2010).

Esta zona recibe presión sobre sus recursos naturales, por a el acelerado crecimiento poblacional humana en la zona costera, que influye de manera directa o indirecta en la composición de las especies, su abundancia y su distribución (Lara-Lara *et al.*, 2008; Nuñez-Orozco *et al.*, 2013).

7.2 Trabajo en campo

Se realizaron colectas mensuales de aproximadamente 30 a 60 organismos por mes, desde agosto del 2013 a noviembre del 2014 en las Bahías de Mazunte hasta Dominguillo, pasando por Puerto Ángel, Estacahuite, Bajos de aceite, La mina, Boquilla, Secretario y Tijera (Fig.5), en la tabla 1, se enlistan las coordenadas geográficas de colecta,

Tabla 1. Posición geográfica de las zonas de colecta y de pesca, durante el tiempo de muestreo.

Sitio de colecta	Coordenadas	
Punta Cometa	15° 39' 35.4" N	96° 33' 16.5" W
Bahía principal de Puerto Ángel	15° 39' 56.1" N	96° 29' 27.1" W
Playa Estacahuite	15° 40' 04.7" N	96° 28' 54.5" W
Bajos de Aceite	15° 40' 10.6" N	96° 28' 29.6" W
Playa La Mina	15° 40' 26.7" N	96° 28' 34.7" W
Playa La Boquilla	15° 40' 48.3" N	96° 27' 58.4" W
Secretario	15° 41' 02.3" N	96° 27' 00.5" W
Tijera	15° 41' 20.2" N	96° 26' 26.3" W
Dominguillo	15° 41' 35.0" N	96° 26' 02.2" W

Cabe mencionar que estas zonas de colecta fueron basadas en la pesca artesanal y guiadas por buzos de la zona, por lo que en cada visita se recolectó en zonas distintas y de acuerdo a los criterios de los buzos.

La captura fue por medio de buceo libre, los ejemplares se trasladaron congelados al laboratorio en hieleras con una mezcla frigorífica de hielo escarchado con sal de mesa, para mantener una temperatura baja de -4°C (Fig. 6).

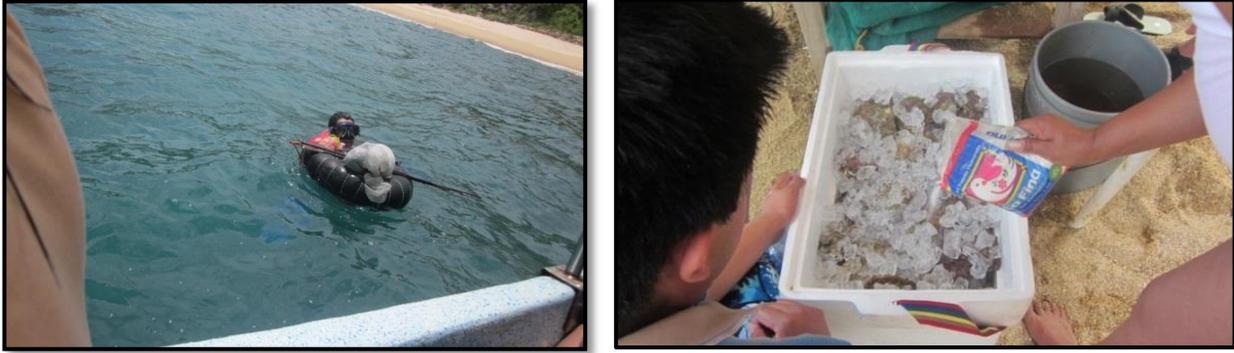


Figura 6. Buzo en colecta y proceso de empacado en mezcla frigorífica de los organismos para su transporte.

Adicionalmente se tomaron parámetros de temperatura y profundidad con un termómetro de inmersión parcial (-10 a 50°C) y una botella van Dorn (3 lts. de capacidad); sin embargo no fue posible obtenerlos para cada colecta por lo que se integraron los datos faltantes de la base de datos de INAPESCA y UNINMAR.

7.3 Trabajo en laboratorio.

Las muestras se transportaron en la mezcla frigorífica al Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Ya en el laboratorio se identificó taxonómicamente la especie con las claves para moluscos bivalvos de Coan y Valentich-Scott (2012) y se corroboró con Keen (1971) y Morris (1966).

Posteriormente tomar los datos de la biometría de cada organismo con la ayuda de un calibrador de plástico con precisión de 0.1mm , se

registró la medida de la altura o medida dorsoventral como la máxima dimensión del organismo, medida en ángulo recto con respecto a la línea de la charnela; la longitud o medida anteroposterior como la máxima distancia horizontal medida entre los márgenes anterior y posterior de la concha, paralela a la línea de la charnela y el grueso de la concha (Saucedo-Lastra, 1995; Helm *et al.*, 2006) (Fig. 7).

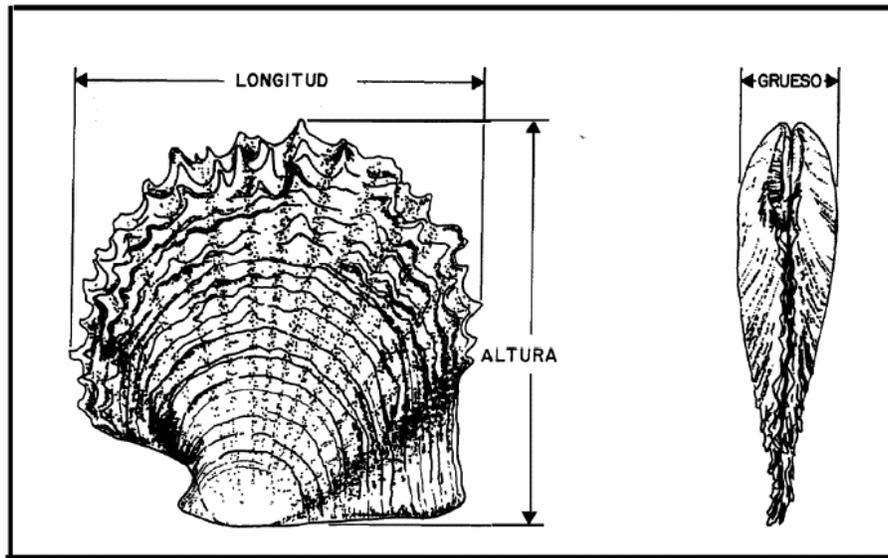


Figura 7. Medidas morfométricas de la madre perla *Pinctada mazatlanica*.
Tomado de Saucedo-Lastra, 1995

Usando una balanza analítica marca Acculab con precisión de 0.001g y capacidad de 300g se obtuvo el peso total con concha (P_t) y sin concha (P_{sc}), el peso del callo o músculo abductor (P_c), peso de la gónada (P_g), la glándula digestiva (P_{gl}), peso de la masa visceral que incluyen a la gónada y la glándula (P_v) y el peso blando sin contar el peso de la gónada ni la glándula (P_b). Puesto que la gónada y la glándula digestiva están embebidas es imposible separarlas completamente, sin embargo se trató de obtener la mayor cantidad de tejido de ambos para conseguir un peso más representativo de cada uno (Fig. 8).



Figura 8. Se observa el peso del organismo con concha y el organismo

7.4 Trabajo de gabinete

Para todos los cálculos se usó el paquete estadístico Stata versión 13 (StataCorp, 2013). En ocasiones se verificaron valores con Minitab versión 17 (Minitab, 2013).

7.4.1 Composición de tallas

Existen varios procedimientos estadísticos para mostrar la distribución de un lote de datos, como ejemplos clásicos podemos citar a los diagramas univariados de dispersión, los diagramas de tallo y hoja, los diagramas de caja y los histogramas, de los cuales este último es el más utilizado, sin embargo, con frecuencia resulta en una estimación pobre de la función de densidad de la población (Salgado-Ugarte, 2002). Estos gráficos presentan cuatro problemas (Salgado-Ugarte, 2002, 2013; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005):

1. Dependencia del origen.
2. Dependen del número o la amplitud de los intervalos.
3. Son discontinuos (Cuadrados).
4. Utilizan intervalos de amplitud fija.

Estos problemas han motivado a desarrollar procedimientos como los estimadores de densidad por Kernel, al concentrar la estimación de la frecuencia en la posición de cada dato, en lugar del centro del intervalo, además en lugar de usar cuadros para representar cada número, se propone el empleo de curvas que maximizan el valor del centro y disminuyen gradualmente hacia los extremos (estilo gaussiano). La densidad es otra escala de la frecuencia y el “Kernel” se refiere a la curva (función ponderal) que se utiliza para representar a cada dato (Salgado-Ugarte, 2002, 2013; Salgado-Ugarte et al., 2005). La expresión que define a estos estimadores es la siguiente:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$$

Dónde:

$\hat{f}(x)$ = Estimación de la densidad (frecuencia).

n = Número de datos.

h = Amplitud de banda (intervalo)

$k(\bullet)$ = Función que define el peso de cada dato en la estimación de la frecuencia.

Con estos estimadores ya no es necesario pensar en el origen y el resultado es una curva suave que trata de recuperar la naturaleza continua de la variable original y para el problema de la amplitud de banda (intervalo), Silverman (1986) usó una distribución normal (gaussiana) como referencia para llegar a una expresión para la amplitud óptima de banda:

$$\hat{h} = 1.06 A n^{-1/5}$$

Dónde:

\hat{h} = Banda óptima.

A = Estimación adaptativa de la dispersión (el menor de dos valores: desviación estándar y pseudosigma).

n = número de datos.

En los casos donde se aplica la amplitud de banda óptima y se obtiene una curva parecida a la gaussiana, se deja hasta este paso; por el contrario cuando se obtiene una curva multimodal, con colas gruesas y sesgada se recomienda utilizar la mitad del valor de la amplitud óptima (Salgado-Ugarte, 2013).

Un problema que presentan los EDKs es el gran número de cálculos que se requieren para su determinación (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), sin embargo con el uso de paquetes de cómputo intensivo este problema queda resuelto.

Se realizó el EDK de la altura de la concha de la madre perla usando el paquete estadístico Stata versión 13 y los programas desarrollados por Salgado-Ugarte (1995, 2002, 2005) para dicho software.

7.4.2 Factor de condición relativa

Se estimó la condición somática de los organismo por medio del índice de condición relativa modificado de Ricker (1975) de acuerdo a las sugerencias de Salgado-Ugarte (comunicación personal):

$$K = Pb / a(AI)^b$$

Dónde:

K = Factor de condición relativa

Pb = Peso blando.

Al = Altura

a = Ordenada al origen de la relación peso blando sin gónada y sin glándula-altura.

b =pendiente de la relación peso blando sin gónada y glándula-altura.

En este índice se consideró que los valores más altos son evidencia de una mejor condición de los organismos mientras que los valores más bajos se consideraron con un grado de bienestar menor.

7.4.3 Índice Gonádico

También se calculó el índice gonadosomático, sin embargo se incluyó una modificación ya que en los índices tradicionales se realizan con una relación de la gónada con el peso total del organismo, tomando en cuenta que esto implica un error ya que el peso de la gónada se incluye de nuevo, se buscó hacer la relación con un equivalente al peso eviscerado como se recomienda en peces (Salgado-Ugarte *et al*, 2005), y se realizó con el peso del músculo aductor y el peso blando de la siguiente forma:

$$IGC = Pg / Pc$$

Dónde:

IGC = Índice Gonádico con el peso del músculo aductor.

Pg = Peso de la gónada en gramos.

Pc = Peso del músculo aductor o peso callo, en gramos.

Este se comparó con el Pb en lugar del Pc :

$$IGB = Pg/Pb$$

Dónde:

IGB = Índice gónada con el peso blando.

Pg = peso de la gónada.

Pb = Peso de blando sin la masa visceral.

Los valores más altos en los índices gonádicos fueron considerados como evidencia de la madurez, la disminución sostenida en los valores del índice como resultado del desove (expulsión de gametos); el valor más bajo fue considerado como evidencia de inactividad gametogénica y postdesove y un aumento de estos se interpretó como indicador de desarrollo de la gónada (Liévano-Méndez, 2008).

7.4.4 ANMUCOVA

Los índices antes descritos se compararon con las medias ajustadas del análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA), propuesto por García-Berthou y Moreno-Amich (1993), en donde en lugar de tener una sola variable de respuesta en el modelo lineal, todas las medidas morfométricas relacionadas con la actividad reproductiva se incluyen simultáneamente en conjunto con factores tales como sexo y la fecha de muestreo y se ajustan por el uso de covariadas como la longitud.

En este estudio se usaron como variables de respuesta al peso blando, peso de la gónada, peso de la glándula y peso del callo; como factor se usó la fecha y como covariada se usó a la altura de la concha. Los valores de los pesos y altura fueron multiplicados por una constante (10^6) y transformados a logaritmo natural para evitar trabajar con valores negativos y hacer lineales las relaciones entre las variables (García-

Berthou y Moreno-Amich, 1993). Como primer paso se estructuró el modelo verificando la significancia de la interacción de la covariada con el factor. Después el segundo paso fue calcular el diseño estándar del ANMUCOVA y como tercer paso se interpretaron contrastes de medias a posteriori. El nivel de significancia en todos los análisis fue de 0.05 (Salgado-Ugarte *et al*, 2005).

Para los cálculos de este análisis se usaron los paquetes estadísticos Stata versión 13 y Minitab versión 17.

7.4.5 Temperatura del mar y clorofila a

En los meses en donde la toma de la temperatura no fue posible, se usaron los datos de temperatura promedio mensual del Boletín Hidroclimático de los Mares de México del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), para el Pacífico mexicano y la región de Oaxaca y el Golfo de Tehuantepec.

Aunado a lo anterior, se usaron imágenes satelitales de concentración de clorofila a que está ligado a la productividad primaria de la zona, para relacionarlo con la condición somática y épocas de reproducción, estos fueron consultados del Geoportal de la Unidad de Informática Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNINMAR).

VIII. RESULTADOS

Durante el periodo de estudio (Agosto 2013-Noviembre 2014), se obtuvieron 526 organismos de la pesca comercial de Mazunte a Dominguillo (figura 5), zonas frecuentes de captura de los buzos.

8.1 Composición de tallas

Se realizó el estimador de densidad por Kernel (EDK) general de la madreperla usando la altura de la concha; se utilizó la amplitud de banda óptima propuesta por Silverman (1986) ($h= 0.520$), este fue el valor límite superior de suavización, así que se usó la mitad ($h= 0.026$), en donde se nota que la distribución es multimodal con 6 modas principales a los 8.09, 9.18, 10.27, 11.09, 11.90 y 12.85 centímetros (Fig. 9):

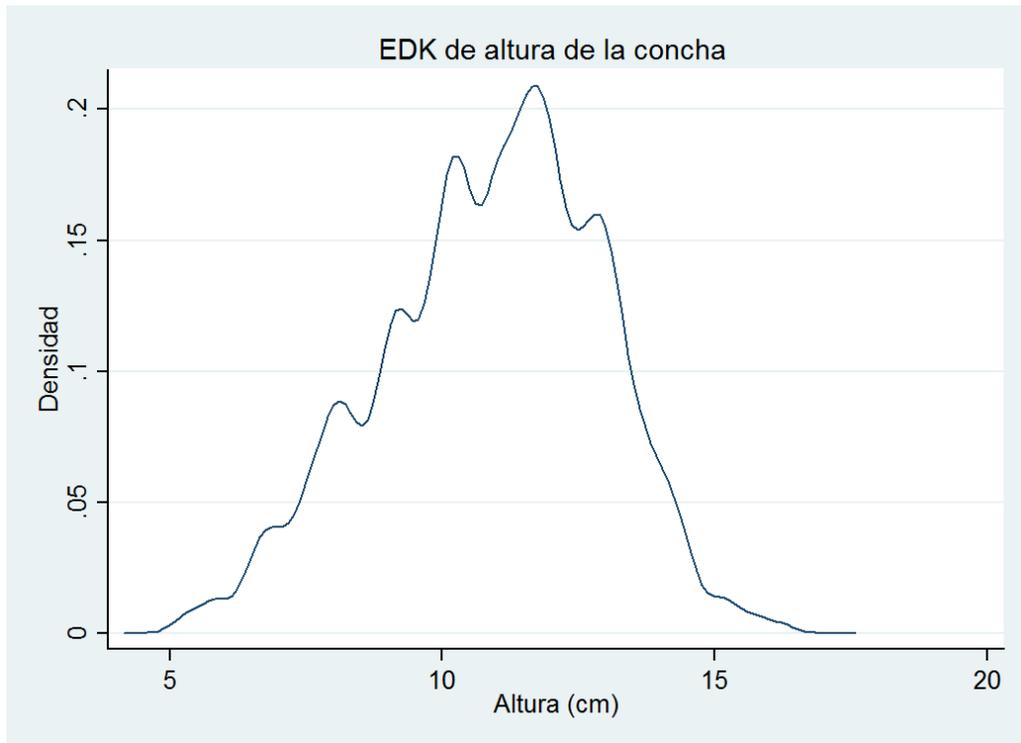


Figura 9. Estimador de Densidad por Kernel con la mitad del valor óptimo de amplitud de Silverman ($h= 0.26$), para la altura de la concha de *Pinctada mazatlanica*.

En la composición de tallas mensuales (Fig.10), se nota que hay más modas de alturas de entre 6 y 8 cm en enero, febrero y marzo, por el contrario las modas con tallas mayores de entre 11 y 15 cm se presentaron en octubre del 2013 y en abril y noviembre del 2014. Sin embargo de manera general se obtuvieron principalmente organismos mayores a los 10 cm en todos los meses de muestreo.

El mes con más número de organismos fue abril ($n=121$) y julio el mes con menos organismos ($n=2$), por lo que en este mes por falta de organismos los datos son poco representativos.

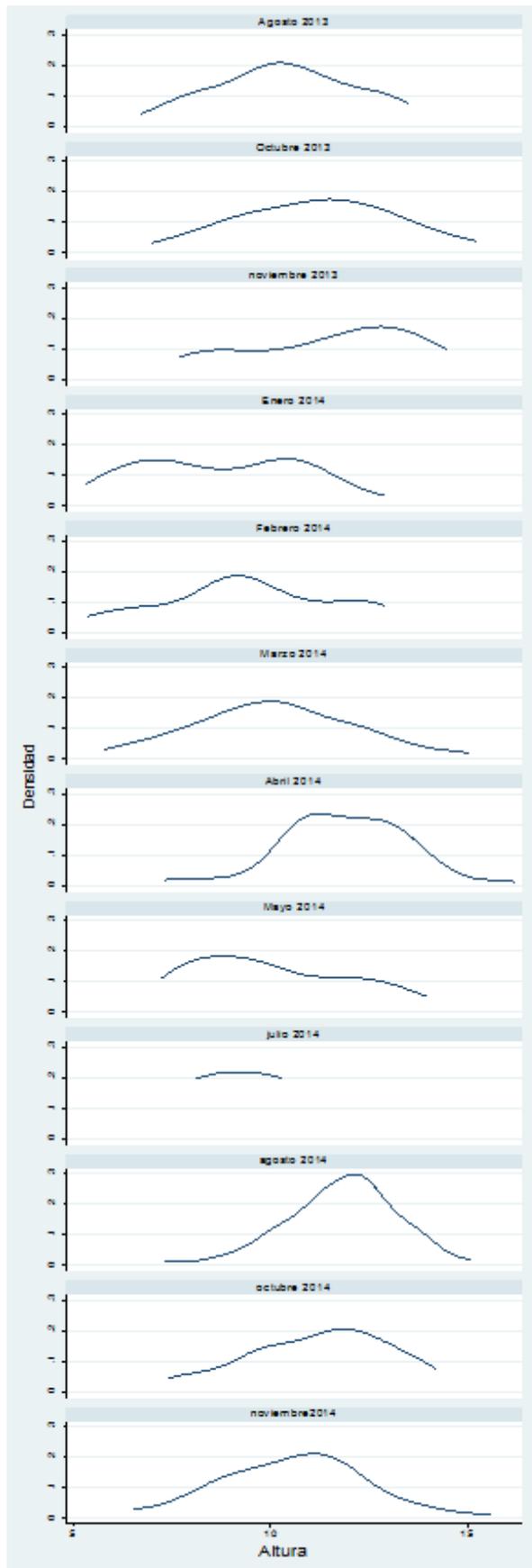


Figura 10. EDKs mensuales por altura de la madreperla.

8.2 Índices morfofisiológicos

En la figura 11, se compara el factor de condición (K) y el índice gonádico que fue calculado con el peso del músculo aductor o callo (IGC). El K tiene valores relativamente constantes hasta su pico máximo en marzo que coincide con valores altos de IGC , después el K baja hasta alcanzar su valor más bajo en octubre del 2014, también se nota un pico bajo en octubre del 2013. Por otro lado el IGC presenta su valor más alto en octubre del 2013 seguido de un pico bajo, después se mantiene hasta alcanzar los picos altos de marzo-abril y se presenta el pico más bajo en mayo a continuación este aumenta gradualmente.

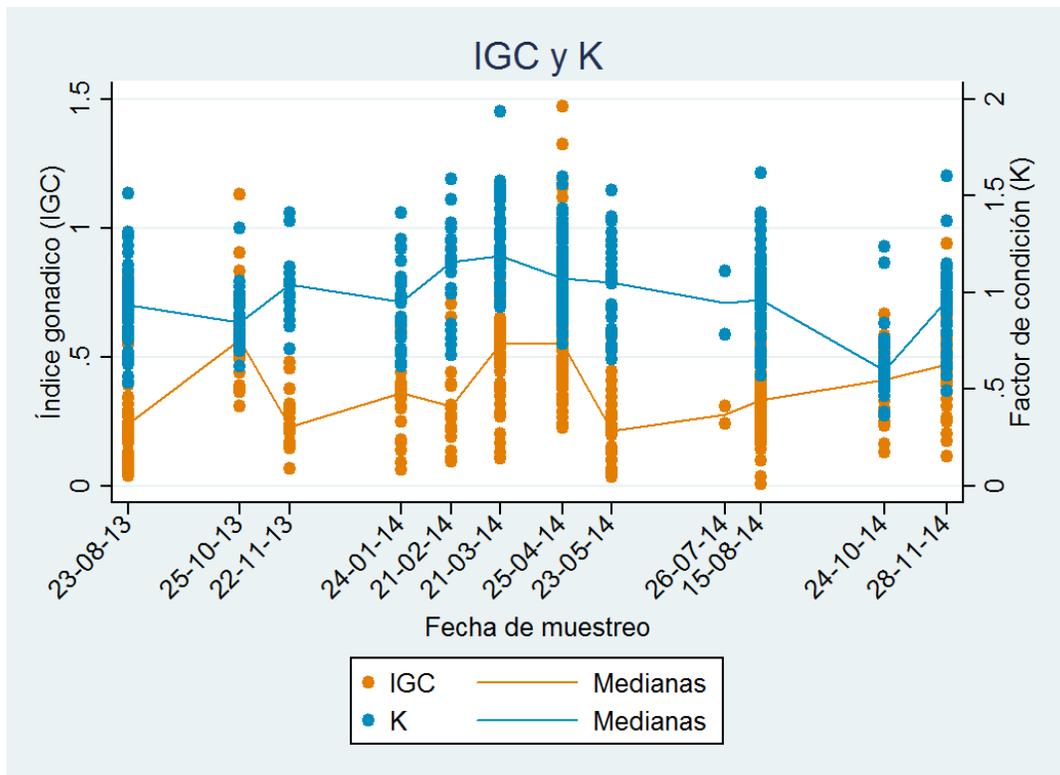


Figura 11. Valores medianos del índice gonádico con callo (IGC) y el factor de condición (K), por fecha de muestreo.

Estos índices tienen una relación en general negativa pero no significativa (Apéndice A), es decir, que cuando se presentan valores altos de K los valores del IGC bajan y viceversa.

Si se compara el factor de condición (K) con el índice gonadal calculado con el peso blando (IGB), se observa un comportamiento muy similar que al comparar K con IGC (Fig. 12).

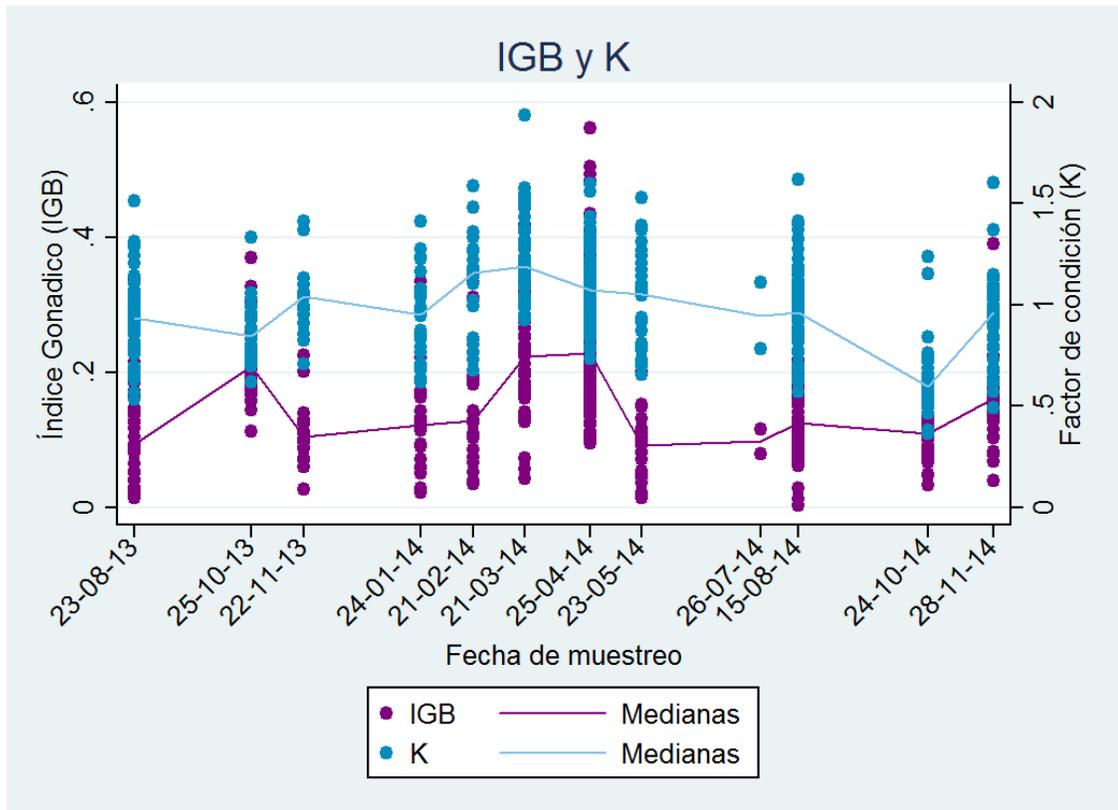


Figura 12. Medianas del índice gonádico con peso blando sin la gónada y glándula digestiva (IGC) y el factor de condición (K), por fecha de muestreo.

Los valores altos del IGB en octubre del 2013 y el más elevado de marzo a abril, seguidos de los picos mínimos en noviembre del 2013 y el más bajo en mayo respectivamente. Esto concuerda con lo ya mencionado en el IGC ; sin embargo, los más altos varían siendo para el IGC en octubre y en IGB en abril. La comparación del K y el IGB se relacionan positivamente lo que indica que cuando los valores del K son altos los del

IGB también se elevan; sin embargo, esta relación no es significativa (Apéndice A).

8.3 ANMUCOVA

La figura 13 muestra los pesos medios del músculo aductor (*Pmc*), la gónada (*Pmg*) y la glándula (*Pmgl*) ajustados por la covariada de la altura, en donde el peso medio de la gónada y el músculo aductor se notan inversos desde agosto del 2013 hasta enero del 2014; se eleva el valor de la gónada en octubre mientras que el músculo baja y en noviembre sucede lo contrario. Después ambos se elevan hasta alcanzar su valor máximo en marzo. Los valores del músculo bajan hasta alcanzar su mínimo en octubre del 2014 que concuerda con el mínimo de la gónada; sin embargo, la gónada presenta otro descenso en mayo, que sigue con un valor alto en julio.

Por otro lado, el peso medio de la glándula alcanza su máximo en enero antes de que los pesos medios del músculo y la gónada comiencen a elevarse, después baja notablemente hasta alcanzar su mínimo en agosto.

Se observaron diferencias positivas significativas entre las fechas de muestreo (Apéndice B), lo que indica una disminución en los pesos medios. En el peso del músculo aductor se apreciaron estas diferencias de agosto a enero del 2014, de marzo a abril y de agosto a octubre del 2014. En el peso de la gónada fue de octubre del 2013 a noviembre de ese mismo año, de abril a mayo y de agosto a octubre de 2014. Por otro lado, en los pesos medios de la glándula fueron de febrero a marzo y de abril a mayo.

Por el contrario, se presentaron diferencias negativas significativas (Apéndice B), que señalan un aumento en los valores de los pesos. En el peso del músculo fueron de octubre a noviembre del 2013, de enero a febrero del 2014 y de octubre a noviembre. En el peso de la gónada se observaron de agosto a octubre del 2013, de febrero a marzo del 2014 y de

octubre a noviembre de ese mismo año. Por último en los valores del peso de la glándula se notaron de octubre del 2013 a enero del 2014 y de octubre a noviembre.

En general se nota una relación inversa entre los valores medios de los pesos del músculo aductor y la gónada con los pesos de la glándula, ya que en la mayoría de los casos mientras los valores medios del peso de la gónada y el músculo son altos, los valores del peso de la glándula son bajos y por el contrario cuando estos valores de la glándula son altos los del músculo y la gónada son bajos.

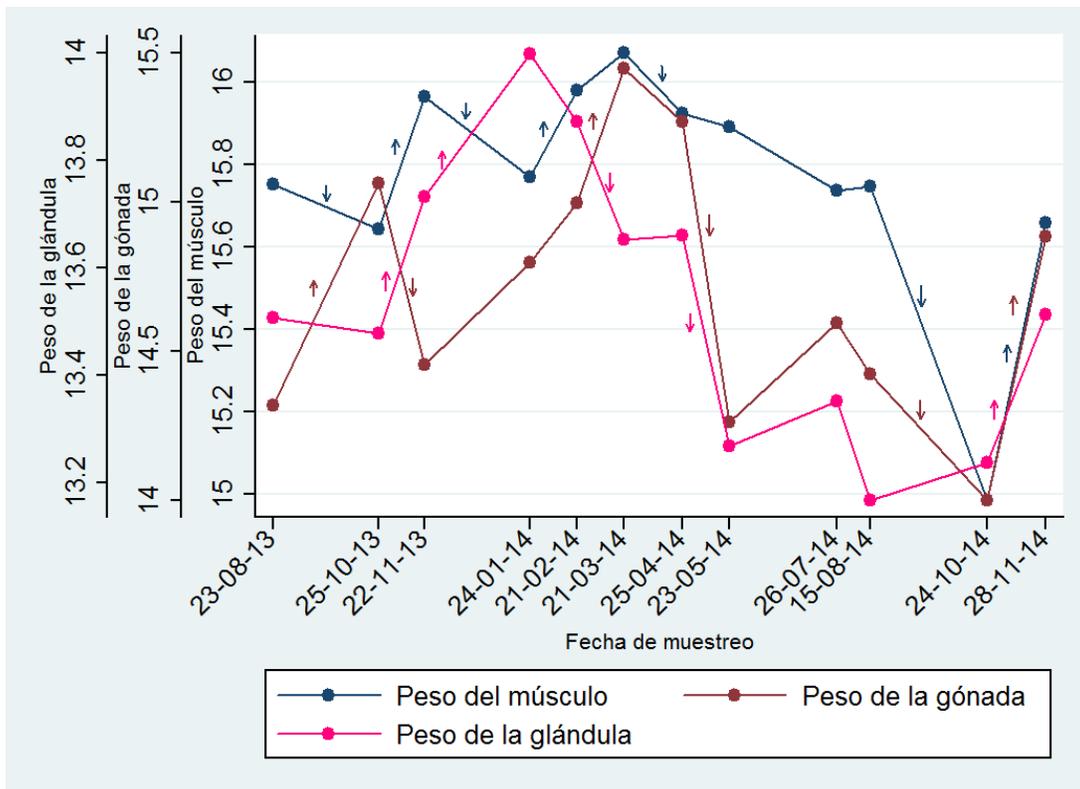


Figura 13. Medias ajustadas por la covariada de la altura del músculo aductor, la gónada y la glándula, por fecha de muestreo. Las flechas indican variaciones significativas entre los meses de muestreo.

Comparando las medias ajustadas del músculo aductor, la masa visceral (tejidos que contienen la gónada y glándula) (*Pmv*) y la gónada en el figura 14, hay diferencias positivas y significativas del peso de la masa

visceral (Apéndice B), octubre a noviembre del 2013, de marzo a mayo del 2014 y de agosto a octubre. Por otra parte las diferencias negativas (Apéndice B), se presentaron de agosto a enero del 2014, de febrero a marzo y de octubre a noviembre del 2014.

En su mayoría, tanto las variaciones positivas como negativas de la masa visceral, concuerdan con las diferencias de los peso medios de la gónada, así mismo ambos muestran valores altos en octubre del 2013 y el mayor de marzo a abril y uno en julio, que continuaron con valores bajos en el mes posteriores a estos. Al hacer una correlación entre ambos pesos muestran una fuerte correlación positiva ($r=0.964$, $p=0.000$) (Apéndice B), lo que sugiere que los dos pesos pueden ser usados para describir el desarrollo gonádico.

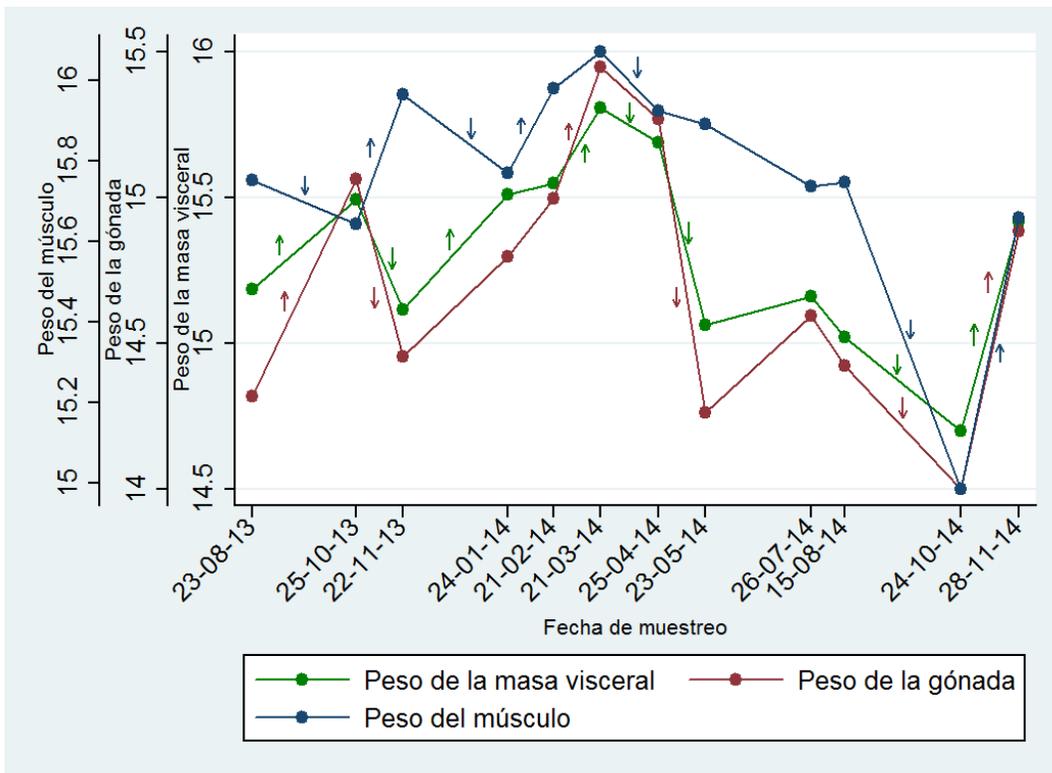


Figura 14. Valores medios por fecha de los pesos del músculo aductor, la masa visceral y la gónada.

En la figura 15 se comparan los pesos medios de la gónada y las medianas del *IGC* se observa las similitudes en los valores altos más marcados; sin embargo, para los pesos medios de la gónada el valor máximo es en marzo, mientras que para el *IGC* se presentan en octubre del 2013, los valores bajos en ambos también son muy similares, solo difieren al marcar el más bajo siendo en octubre del 2014 y mayo, respectivamente. De julio a octubre del 2014 es cuando se observan más diferencias entre éstos ya que el *IGC* marca un aumento en los valores medianos, mientras que el peso medio marca su valor más bajo en octubre.

El comportamiento que se observa del peso medio de la gónada y la masa visceral en la figura 16, indican una marcada similitud como se mencionó anteriormente. Se presentan los mismos valores altos y bajos, ya que el peso de la masa visceral contiene a la gónada y además la glándula, por esto al comparar el *IGC* con los pesos medios de la masa visceral se observa casi la misma conducta que en la figura 16.

Las mismas comparaciones se realizaron con el índice gonádico calculado con el peso blando sin la masa visceral (*IGB*), en la figura 17 se observa que con los valores medios de la gónada, tienen un patrón muy similar al señalar los mismos meses con valores elevados, pero difieren al indicar los valores más altos y bajos, siendo para el *IGB* en abril el más alto y mayo el más bajo y para los pesos medios ajustados el mayor fue en marzo y el menor en octubre del 2014.

En la figura 18, se nota que los pesos medios de la masa visceral son muy parecidos por lo que al comparar el peso medio de la masa visceral con el *IGB* solo difieren al indicar los máximos y los mínimos.

Las correlaciones de estas comparaciones se pueden observar en el apéndice B, en donde se nota que hay poca relación entre el *IGC* y el peso

medio de la masa visceral ($r=0.582, p=0.046$), al igual que el *IGB* y la masa visceral ($r=0.580, p=0.004$).

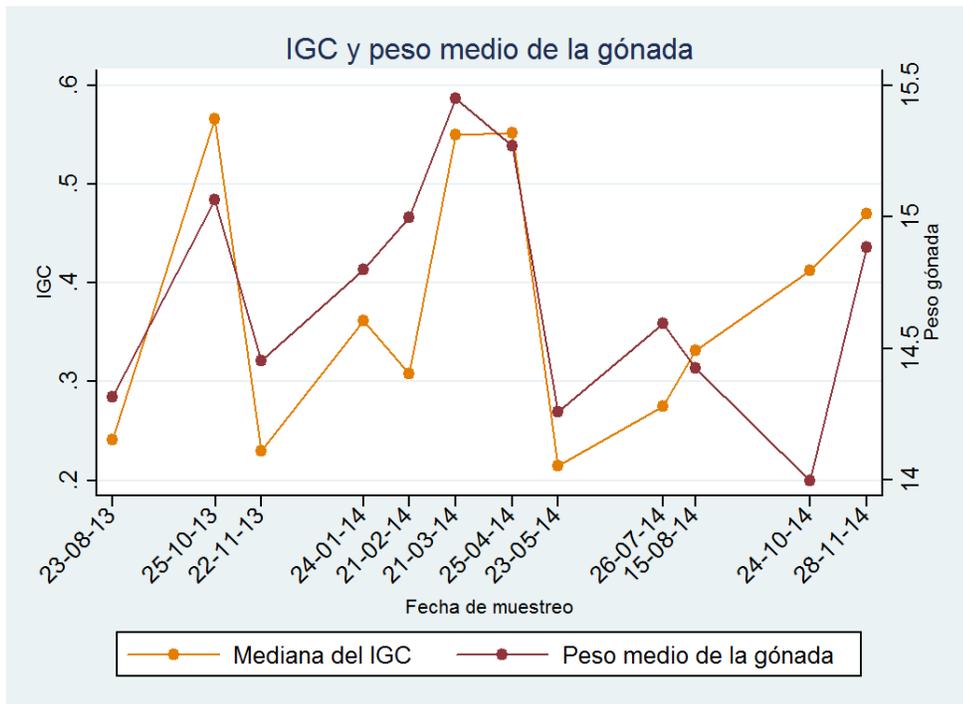


Figura 15. Medianas del *IGC* y pesos medios ajustados de la gónada, por fecha de muestreo.

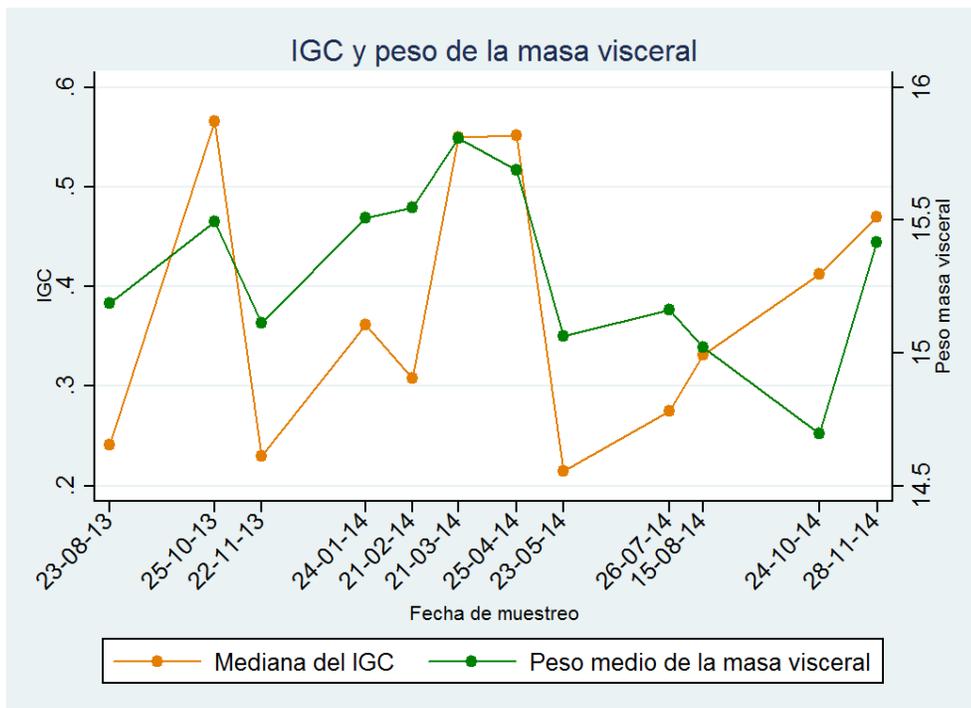


Figura 16. Medianas del *IGC* y pesos medios ajustados de la masa visceral.

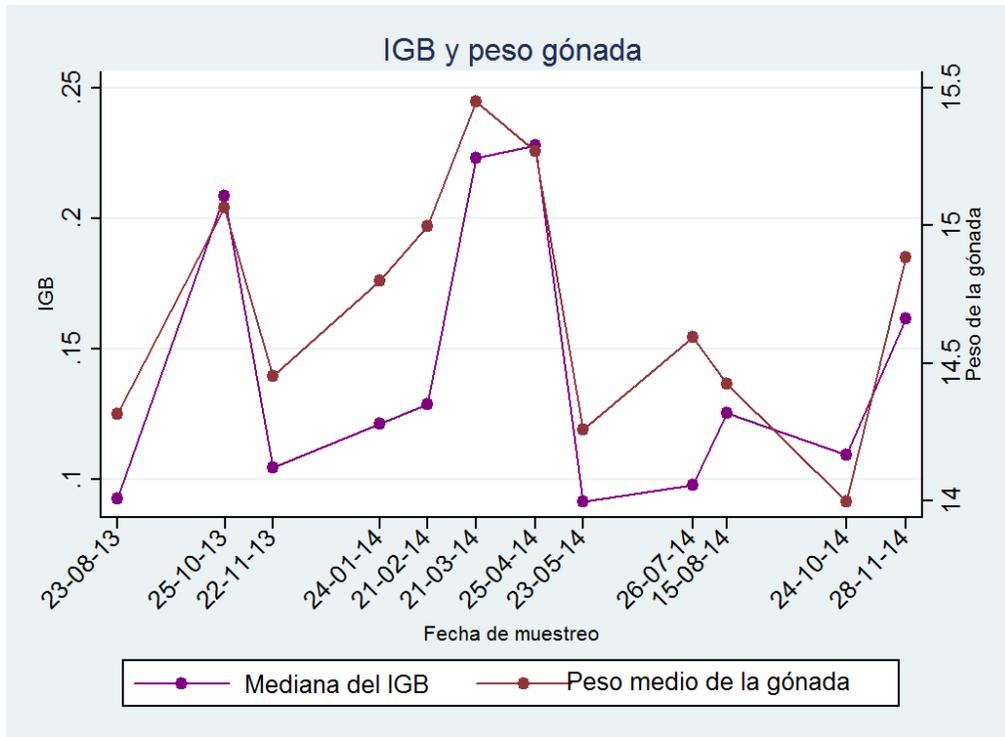


Figura 17. Se comparan las medianas del *IGB* y los valores medios del peso de las gónadas, por muestreo.

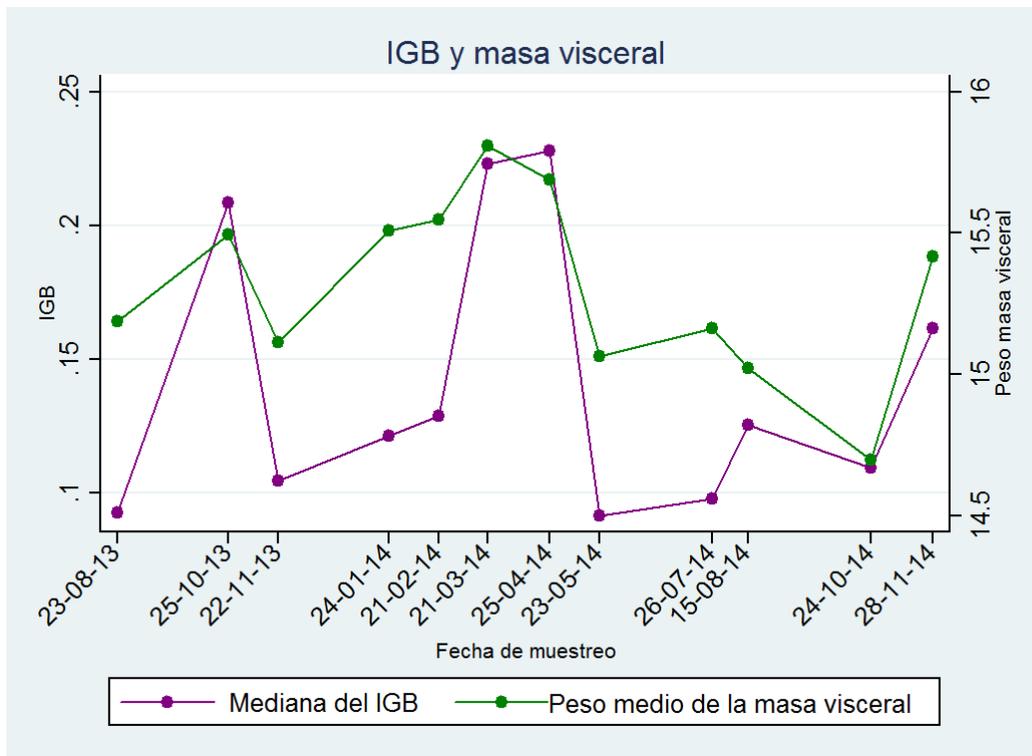


Figura 18. Pesos medio ajustados de la masa visceral y las medianas del *IGB*, por muestreo.

En el figura 19, se compararon las medianas del factor de condición y los pesos medios ajustados del músculo aductor y el peso medio blando sin la masa visceral, en donde se nota la gran similitud entre ellos que se corroboró con las correlaciones (Apéndice B), se sugiere que ambos pesos son buenos indicadores de la condición somática de los organismos.

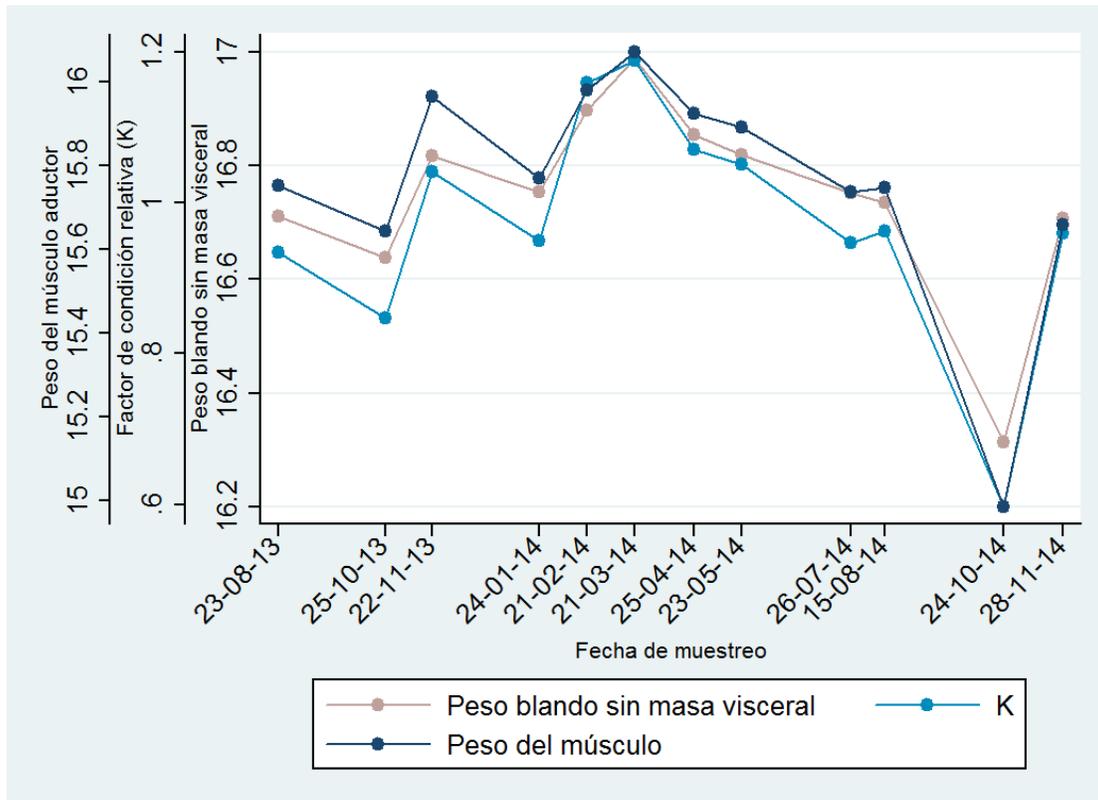


Figura 19. Comparación de los pesos medios ajustados del músculo aductor y las medianas del factor de condición por fechas de muestreo.

8.4 Relación con los factores ambientales

En la tabla 2, se enlistan los promedios mensuales de las temperaturas superficiales marinas que se tomaron en cada muestreo y las faltantes se consultaron en el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), para el Pacífico mexicano en las regiones de Oaxaca y el Golfo de Tehuantepec.

Se observa que el mes más frío fue en enero y febrero con 25.5°C y el más cálido se presentó en julio y agosto del 2014 entre 30°C y 31°C.

Tabla 2. Temperatura mensual superficial marina tomada en la zona, corroborada y completada de INAPESCA.

Mes	Temperatura (°C)
Agosto-2013	28.5
Octubre-2013	28.65
Noviembre-2013	27.2
Enero-2014	25.5
Febrero-2014	25.5
Marzo-2014	28
Abril-2014	27.7
Mayo-2014	29.35
Julio-2014	31
Agosto-2014	30
Octubre-2014	29
Noviembre-2014	26

El *IGC* y el *IGB* presentó valores más altos a temperaturas de entre 27.7°C y 28.65°C en octubre del 2013 y marzo-abril respectivamente. Por el contrario, los valores más bajos se presentaron a temperaturas de 27.2°C en noviembre del 2013 y en mayo a 29.35°C (Fig. 20).

Por otro lado los valores más altos marcados para el peso medio de la gónada se presentaron a 28.65-29.35°C y los más bajos a 29°C como se nota en la figura 21.

En la figura 20, se compara la temperatura con el *IGC*, en donde se observa que cuando la temperatura tiene valores altos el índice gonadal es

bajo y por el contrario cuando la temperatura es baja el índice gonadal tiende a tener valores elevados. En general ambos tienen una relación negativa pero no significativa (Apéndice B). Lo que también se nota en la figura 21 al comparar con el peso medio de la gónada (figura 21).

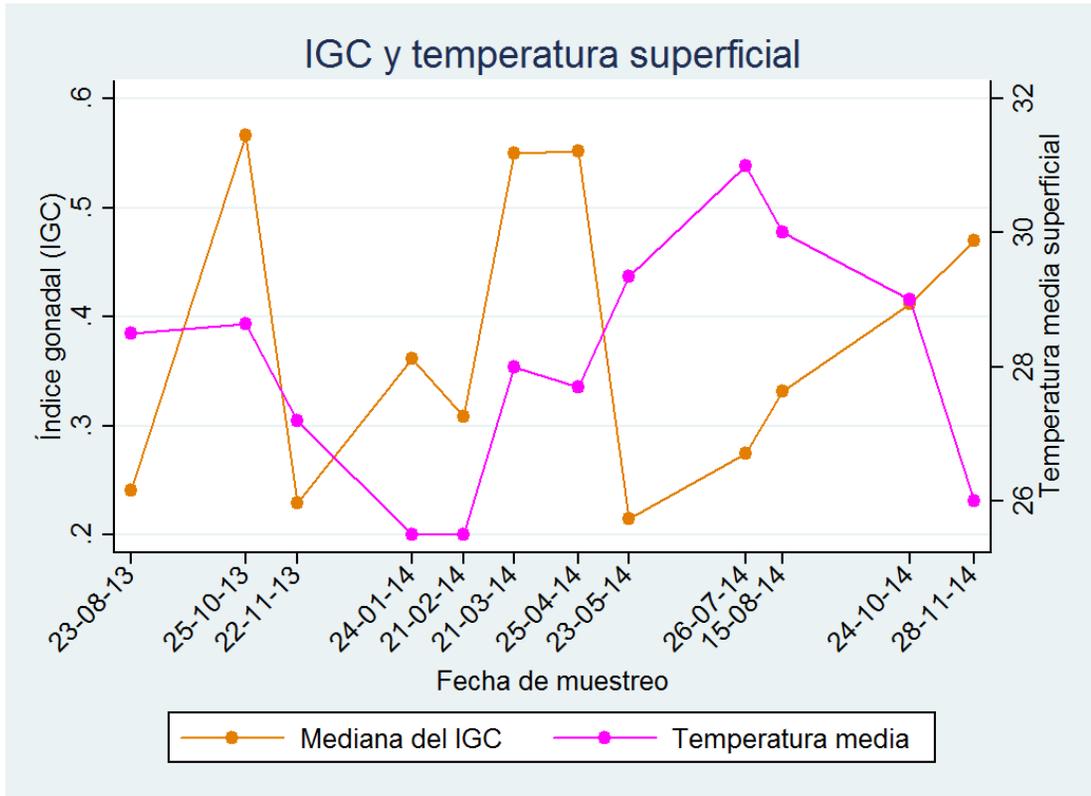


Figura 20. Comparación del índice gonadal (IGC) con la temperatura superficial marina

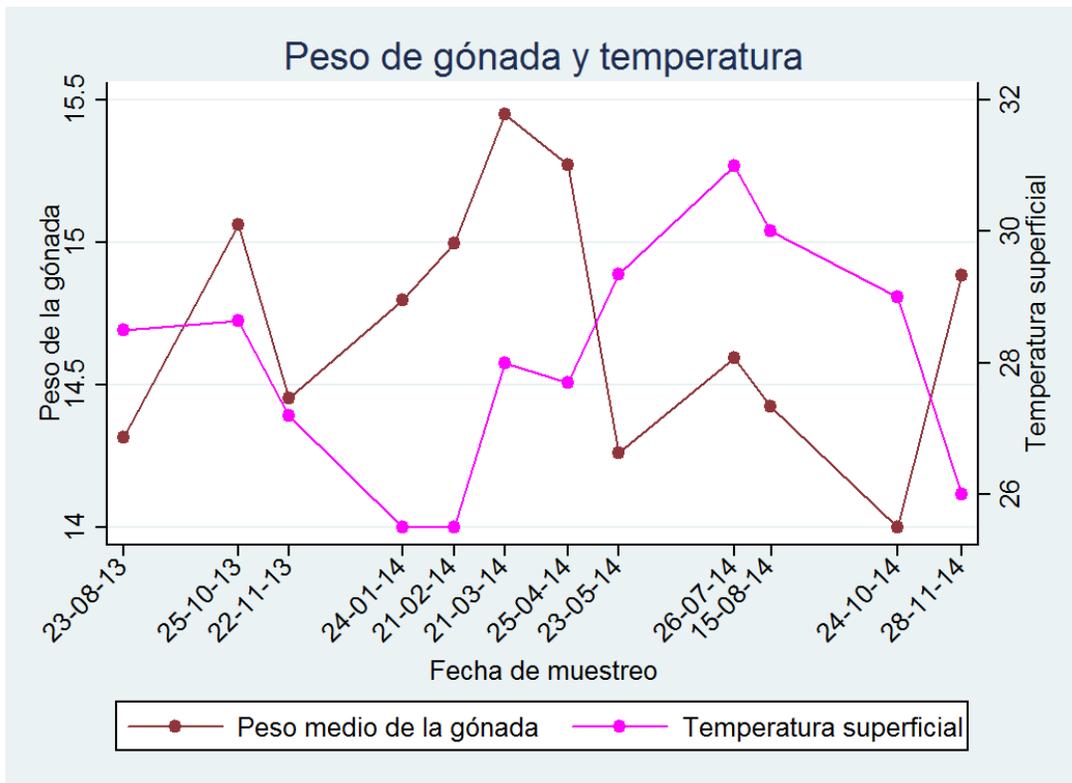


Figura 21. Comparación del peso medio de la gónada ajustado a la covariada de la altura con la temperatura superficial marina.

La observar las imágenes satelitales de la concentración de clorofila α , obtenidas de la UNINMAR, se aprecia que durante los meses de desarrollo gonádico y de condición corporal, la concentración de clorofila es alta, provocando producción de fitoplancton, que representa alimento para muchos organismos marinos, incluyendo la madreperla.

IX. DISCUSIÓN

9.1 Composición de tallas

Con los estimadores de densidad por kernel (EDK), ya no es necesario pensar en el origen, el resultado es una curva suave que trata de recuperar la naturaleza continua de la variable original y el problema de la amplitud de banda o intervalo queda solucionado por medio de la expresión para la amplitud de banda óptima de Silverman. Son adecuados para el análisis de datos de frecuencia de longitudes (Salgado-Ugarte, 2013; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Han demostrado ser buenos estimadores de densidad en trabajos biológico-pesqueros tanto en peces como en moluscos (Salgado-Ugarte, 1995; Saito-Quezada, 2010; Pérez-Olivares, 2014).

Al analizar la frecuencia de tallas de la madreperla por medio de los EDKs, se notan seis modas principales de la altura de la concha (8.01cm, 9.18cm, 10.27cm, 11.09cm, 11.90cm y 12.85cm), que sugieren grupos de aproximadamente la misma edad o cohortes (Salgado-Ugarte, 2013); también se observa que en casi todos los meses se capturaron organismos de la misma altura apareciendo con más frecuencia los organismos con tallas mayores a 10cm de altura. Esto indica que la muestra se encontró delimitada al contar solo con 6 tallas.

Lo anterior es el resultado de haber utilizado muestra procedente de la captura comercial, ya que los buzos prefieren capturar a los individuos de cierto tamaño (Saito-Quezada, 2010) que son importantes para la venta. Por otro lado, Rangel *et al.* (2010) comenta que la extracción de los organismos que se realiza con buceo libre limita la extracción a zonas de poca profundidad y permite que las más profundas sirvan como reservorios de adultos desovantes, que podrían mantener el reclutamiento hacia zonas menos profundas y aledañas a la costa, más susceptibles a la pesca.

Las ostras perleras son típicamente hermafroditas protándicas, es decir, que al inicio de su vida se desarrollan como machos y retienen esta condición por uno o más ciclos reproductivos hasta su cambio de sexo a cierto tamaño y edad (Saucedo y Southgate, 2008), en la madreperla este cambio de sexo se ha observado en organismos mayores de 100 mm de altura de la concha (Saucedo y Monteforte, 1997). Esto puede insinuar que se obtuvieron organismos en donde el cambio de sexo pudo o estaba próximo a presentarse, la tallas de captura como se comentó, son resultado de la captura selectiva de la pesca comercial.

Este cambio de sexo es el resultado de una compleja interacción de factores endógenos y las variaciones de las condiciones ambientales, se han atribuido principalmente a la prematura muerte de machos en la población lo que afecta la proporción sexual, a estrés por daños fisiológicos y alimenticios o por una débil determinación sexual hereditaria (Saucedo y Southgate, 2008).

9.2 Reproducción y condiciones ambientales.

Una forma para determinar la época o estación de reproducción de peces y otros organismos, es por medio del índice gonádico, el cual es frecuentemente utilizado para seguir el ciclo reproductivo de una especie en un año a intervalos mensuales o de menor tiempo, además se usan otros índices para describir el estado general de los organismos, como el factor de condición de Fulton (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Sin embargo, se ha observado que el uso de estos índices supone incorrectamente un crecimiento isométrico (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Por lo anterior, en el presente trabajo se usó el factor de condición relativo (K) que presenta ciertas ventajas con respecto al ya clásico factor de condición de Fulton, en primer lugar no varía con el crecimiento

alométrico, que se refiere a una modificación de la forma con la edad del organismo y además permite examinar diferentes variables en un mismo análisis, ya que toma un valor medio para todas las edades, el cual se aproxima a la unidad. La ventaja práctica de K , radica en que el promedio de todas las longitudes y especies tiene un valor de 1.0, independientemente de las unidades de medida (Anderson y Neumann, 1996; Bechera *et al.*, 1999).

Al igual que comenta Pérez-Olivares (2014), en este trabajo se realizaron algunas modificaciones al factor de condición relativo y el índice gonadal, ya que en lugar de usar pesos totales se usó un equivalente al peso eviscerado, que en el caso de bivalvos es el peso blando sin masa visceral (*IGB*) y el peso del músculo aductor (*IGC*), esto para buscar el peso que mejor represente el estado somático y evitar tomar en cuenta dos veces el peso de la gónada (Salgado-Ugarte y Saito-Quezada, comunicación personal).

La gametogénesis en bivalvos representa un periodo de alta demanda de energía, donde los costos para el crecimiento somático y la producción de gametos, se solventa por el aporte alimenticio exógeno, las reservas endógenas o una combinación de ambos, (Barber y Blake, 2006; Saucedo y Southgate, 2008). Se ha mostrado que estas demandas son soportadas por reservas de nutrientes como el glucógeno, lípidos y proteínas, que pueden ser almacenados en la gónada, glándula digestiva, músculo aductor y en menor grado el manto, esto cuando la comida es abundante y después, durante tiempos de alimento limitado o baja tasa metabólica, son usados para sostener la gametogénesis (Epp *et al.*, 1988; Saucedo y Southgate, 2008), por lo anterior el peso corporal es un reflejo de los procesos fisiológicos involucrados en la reproducción y supervivencia (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993).

En este sentido, los valores del índice gonadal incrementan durante la gametogénesis y decrecen durante el desove, mientras que cuando los organismos tienen mayor peso a una determinada longitud, presentan mejor condición somática y K presenta valores mayores (Gosling, 2003; Froese, 2006).

Con respecto a lo anterior, en el presente trabajo se presentaron variaciones del IGC y del IGB , presentándose los valores más elevados en octubre del 2013 y de marzo-abril, que sugieren alto desarrollo gonadal o actividad gonádica, mientras que por otro lado, se ven descensos en noviembre del 2013 y mayo del 2014, después de los meses activos e indican posibles desoves, en donde el más intenso fue en mayo.

Se observan valores más altos de K por arriba de 1.00, de febrero a abril, indicando la mejor condición somática de los organismos, estos meses concuerdan con la alta actividad gonádica. Por otro lado, la condición corporal menos favorable fue en octubre de ambos años.

Los eventos anteriores se observaron en época de surgencias reportadas para el Golfo de Tehuantepec, ya que en la época de estío de noviembre a marzo se presentan los vientos “Tehuano” que producen un aporte del agua hacia del sur y determinan importantes surgencias (Medina- Reyna *et al.*, 2003; Lara-Lara *et al.*, 2008). Lo anterior indica que al menos durante la estación de los nortes, el Golfo de Tehuantepec actúa como una bomba de nutrientes y carbono fitoplanctónico (Lara-Lara *et al.*, 1998).

También INAPESCA, registró para el tiempo de estudio, fuertes lluvias en el mes de septiembre del 2013 por dos tormentas tropicales y el huracán Manuel, esto, antes del primer valor alto de los índices gonadales en octubre, además se presentaron surgencias de enero a abril que

también coinciden con la alta actividad gonadal y somática la época de los “Tehuano”.

Así mismo, observando las imágenes satelitales obtenidas de la UNINMAR (2015), de clorofila *a*, proporcionan una estimación de la producción primaria y biomasa planctónica (Lara-Lara y Bazán-Guzmán, 2005), que señalan alta concentración de clorofila de noviembre del 2013 a abril 2014, pero la más elevada fue en enero del 2013 (Apéndice C). La alta producción y biomasa planctónica coinciden con la alta actividad somática y reproductiva de la madreperla, insinuando que se da gracias al alimento disponible como consecuencia de estas importantes surgencias provocadas por los vientos “Tehuano”.

Con respecto a la relación de los índices González y Oyarzún (2002) y Pérez-Olivares (2014), comentan que se esperaría encontrar una relación inversa entre los índices gonadales y el factor de condición, sin embargo cuando el aporte nutrimental es adecuado puede mantenerse la actividad reproductiva del organismo y su buen estado somático.

Esto se ve reflejado en la madre perla durante la época de surgencias que permite el constante aporte de alimento que es suficiente para solventar la gametogénesis, pero también para mantener al organismo en buenas condiciones somáticas, esto permite que ambos índices puedan aumentar al mismo tiempo, gracias a la alta disponibilidad de alimento en épocas de surgencias.

Por otro lado, los dos valores altos del *IGC* se presentaron con temperaturas de 27 a 28.6°C y el desove ocurre entre 27 y 29°C, lo que concuerda con Sevilla (1969) que indica que la temperatura de desove es desde 27 a 29°C. Saucedo y Monteforte (1997), reportan para *P. mazatlanica* en Baja California el desove ocurre entre septiembre y octubre cuando la temperatura rosaba los 29 y 30°C, con un segundo en junio o

julio desencadenado por cambios en la temperatura del agua. (Saucedo y Monteforte, 1997). En otro estudio el primer pico de actividad reproductiva fue en primavera (marzo a mayo), cuando la temperatura del agua fue de 21-23°C, sin ningún desove durante esta época, el segundo pico fue en verano (julio-agosto) cuando la temperatura del agua registró los 25-26°C, en este caso ocurrió un desove masivo en el siguiente mes cuando la temperatura alcanzo el valor más alto (29-30°C) (Saucedo *et al.*, 2002a).

Con relación en lo anterior, la madreperla en el presente trabajo mostro desarrollo gonádico o actividad reproductiva en octubre y marzo con desoves mayo y octubre del 2014, a temperaturas de 29 °C en promedio, lo que concuerda con los estudios realizados anteriormente.

Como se ha visto anteriormente, muchos estudios corroboran que la temperatura es un importante factor ambiental que se relaciona con la reproducción y desove en moluscos bivalvos (Lucas, 2008), se ha descrito una relación positiva de la temperatura con el IGC, es decir que los dos valores incrementan al mismo tiempo (Saucedo y Monteforte, 1997; Saucedo y Saouthgate, 2008).

Por el contrario durante el tiempo de estudio no se pudo observar una clara relación con la temperatura. Un comportamiento similar reporta García-Domínguez *et al.*, (1996), al observar poca relación de los índices gonadales y la temperatura.

Al respecto Kimani *et al.*, (2006) propone que en lugar de la temperatura, la disponibilidad de alimento ha sido enfatizada en la sincronización de la actividad reproductiva en bivalvos que habitan en regiones tropicales puesto que la temperatura es ineficaz en la regulación de la reproducción ya que la variación de temperatura es mínima en estas zonas, así que la condición biológica no varía mucho.

Esto se ha observado en especies silvestres, ya que la productividad primaria favorece la producción de fitoplancton dando paso a la gametogénesis (Saucedo *et al.*, 2002b) y mejorando la condición somática.

Como se mencionó anteriormente, el uso del índice gonadal con individuos de diferentes tamaños puede ser inapropiado porque el crecimiento gonádico frecuentemente es alométrico y parte del supuesto erróneo de una relación lineal o crecimiento isométrico entre las variables que se usan para el cálculo, por lo que es necesario tener cuidado en la interpretación de los índices gonadales y usar otros métodos para validar los estudios del ciclo reproductivo (Erickson *et al.*, 1985; García-Berthou y Moreno-Amich, 1993).

Con respecto a esto, este trabajo busco realizar adicionalmente el análisis multivariado de covarianza que presenta algunas ventajas. Un análisis preliminar del índice gonadosómico clásico, muestra una clara heteroscedasticidad lo cual hace difícil las comparaciones y por otro lado, la comparación de los valores medios adyacentes permitió evaluar la significancia de la variación de las medias a lo largo del periodo de estudio (Salgado-Ugarte, 1995; García-Berthou y Moreno-Amich, 1993). La importancia de la aplicación del ANMUCOVA es que facilita la interpretación simultánea de la tendencia de las medias, ya que hace posible la comparación de las medias ajustadas por la covariada en la escala similar, eliminando el efecto del tamaño individual, el incremento en la variabilidad cuando se comparan variables por medio de la una proporción y las características anómalas estimadas de los valores medios verdaderos de la proporción (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993).

Para este análisis se usó al peso de la gónada, peso del músculo aductor, peso de la glándula, peso de la masa visceral y peso blando ajustados por la covariada de la altura de la concha en donde se pueden ver los mismos valores elevados que se mostraron con los índices

gonadales y de condición; sin embargo, solo varían al comparar los valores más bajos o más altos.

Se sugiere, también que la glándula puede funcionar como tejido de reserva antes de los picos máximos de actividad gonádica de marzo-abril, como se ve claramente en la figura 13. La glándula digestiva puede funcionar como tejido de reserva, junto con el músculo aductor (Saucedo y Southgate, 2008), en el presente trabajo se ve mejor relacionado con la glándula.

Al hacer una correlación para comparar los índices y las medias ajustadas resultantes del ANMUCOVA, se nota que hay una relación significativa entre los índices gonadales y los pesos medios ajustados de la gónada y la masa visceral (Apéndice A), lo que señala que ambos pesos son adecuados al indican el desarrollo gonádico, así mismo también hay una alta relación entre el peso blando, el peso del músculo aductor con el factor de condición relativo (Apéndice A). Se puede sugerir que uso de índices y el ANMUCOVA, pueden usarse de manera indistinta para conocer la época de reproducción y condición somática de los organismos; sin embargo, las medias ajustadas por la covariada de la altura de las variables relacionadas con la reproducción fueron mejor analizadas mensualmente indicando los cambios significativos entre meses.

X. CONCLUSIONES

- La distribución de tallas es multimodal con 6 modas principales de 8.09, 9.18, 10.27, 11.09, 11.90 y 12.85 centímetros de altura de la concha, esto por ser muestras procedentes de la pesca comercial.
- *Pinctada mazatlanica* se reproduce en octubre y de marzo a abril del, relacionado con la disponibilidad de alimento gracias a las surgencias resultantes de los vientos “Tehuano”.
- La madreperla tuvo desoves en mayo del 2014 y octubre del 2014, donde el más intenso fue en mayo y octubre del 2014.
- La condición somática de los organismos fue mejor de febrero a marzo, cuando el alimento fue abundante.
- La madre perla se reproduce y tiene mejor condición en octubre y de marzo a abril cuando el aporte alimenticio es alto.
- La mejor condición de los organismos señalada por el peso del músculo aductor.
- No hay una clara relación del desove y el desarrollo gonadal con la temperatura superficial del mar.
- El análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA), es un mejor indicador del desarrollo gonádico y de la condición de los organismos ya que resuelve los problemas de los índices tradicionales y da mayor detalle de las diferencias mensuales.
- El índice gonadal calculado con el peso blando es mejor indicador de la actividad gonádica que el índice calculado con el peso del músculo aductor, por lo que mejora el calcular el índice gonadal tradicional.
- El peso blando medio y el peso medio del músculo aductor ajustados por la covariada de la altura de la concha son buenos indicadores de la condición somática.

XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de pesos que representen adecuadamente el estado somático de los moluscos bivalvos, tales como el peso del músculo aductor y el peso blando sin la masa visceral, esto para el cálculo de índices de importancia.

Puesto que la mejor condición o la cantidad de carne con valor alimenticio, es indicada por el músculo aductor se presentó en marzo, al igual que el valor más alto de desarrollo gonadal, es decir la época de reproducción, se recomienda restringir su consumo en la zona, para permitir la reproducción.

El uso de análisis complementarios que corroboren los resultados y resuelvan algunos problemas de los índices gonadales y de condición tradicionales, como el índice de condición relativa y en análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA).

Se recomienda, un análisis histológico que corrobore las épocas de reproducción y los mecanismos importantes para las pesquerías de la zona de estudio.

XII. REFERENCIAS

Acosta, V., A. Prieto y C. Lodeiros, 2006. Índice de condición de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) bajo un sistema suspendido de cultivo en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Zootecnia Tropical*. **24**(2): 177-192.

Acosta, V., A. Prieto, B. Licett, Y. Logart y M. Montes, 2011. Rendimiento, índice de condición y esfuerzo reproductivo del mejillón verde *Perna viridis* en cultivo de fondo en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Rev. Zootecnia Tropical*. **29**(4): 399-410.

Anderson, R. O. y R.M. Neumann, 1996. Length, Weight, and Associated Structural Indices. En: *Fisheries Techniques*, Murphy, B.R. y D.W. Willis (ed). 2a. edición. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA p. 454-457.

Arriaga-Cabrera, L., 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. En: *Capital natural de México. Vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, p. 433-457.

Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López y V. Aguilar-Sierra (Coordinadores)., 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arrieche D., B Licet, N. García, C. Lodeiros y A. Prieto, 2002. Índice de condición, gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), del morrón de Guarapo, Venezuela. *Rev. Interciencia*. **27**(11): 613-619.

Barber, B.J., Blake, N.J., 2006. Reproductive physiology. In: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Shumway, S.E., Parson, G.J., (Ed). Elsevier, segunda edición. Amsterdam, p. 357-416.

Bechera J.A., S. Sáncnez, J. Roux, J. Terraes y C. Quintana, 1999. Variaciones del factor de condición relativo de la ictiofauna del río Paraná aguas debajo de la represa de la Yacyretá, Argentina. *Revista de Ictiología* **7**: 75-89.

Cariño, M. y M. Monteforte, 2007. De la sobre explotación a la sustentabilidad: Nácar y perlas en la historia mundial. *El periplo sustentable*. UAEM. p. 81-131.

Cifientes R., J. González, G.Montoya, A. Jara, N. Ortiz, P. Piedra y E. Habit, 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Rev. Gayana Especial*: 101-110.

Coan E. y P. Valentich-Scott, 2012. *Bivalve seashells of tropical west America. Marine Bivalve Mollusks from Baja California to Northern Perú*. Santa Barbara Museum of Natural History. Vol I, p. 215-217, Lamina 71.

Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), 2010. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2010*. SAGARPA. México, 305p.

De la Lanza-Espino, G., 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. DGT Editor, México. p. 569.

Epp, J.B., V.M., Bricelj y R.E., Malouf, 1988. Seasonal partitioning and utilization of energy reserves in two age clases of the bay sacllop *Argopecten irradians* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **121**:121-136.

Erickson D.L. J.E. Hightowerb y G.R. Grossman, 1985. The relative gonadal index: an alternative index for quantification of reproductive condition. *Comp. Biochem. Physiol.* **81 A**(1): 117-120.

Fougerouse A., M. Rousseau y J.S. Lucas, 2008. Soft Tissue Anatomy, Shell and Biomineralization. En: *The Pearl Oyster*, Ed. Southgate P. y J. Lucas 2008. Elsevier. Hungary, p. 77-89.

Froese R., 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationship: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl ichthyol.* **22**: 241-253.

Gallegos-García A. y J. Barberán-Falcon, 1998. Surgencia eólica. En: *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, Tapia-García M. (Ed). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, p. 27-34.

García-Berthou, E., y R. Moreno-Amich, 1993. Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **50**:1394-1399.

García-Cuellar J.A., 2001. *Ciclo reproductivo de la madreperla, Pinctada mazatlanica (Hanley, 1856), y su relación con los fenómenos “El Niño” y “la Niña” (1997-1999), en la isla Espíritu Santo, Baja California sur, México.* Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro interdisciplinario de ciencias marinas. México, 75 p.

García, E. (ed.), 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* Quinta edición: corregida y aumentada 2004. UNAM. México. p. 90.

García-Domínguez F., B.P. Ceballos-Vázquez y A. Tripp-Quezada, 1996. Spawning cycle of the pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), (Pteriidae) at isla Espíritu Santo, Baja California sur, México. *J. of Shellfish Research* **15**(2): 297-303.

Gómez-Robles E., C. Rodríguez-Jaramillo y P.E. Saucedo, 2005. Digital image analysis of lipid and protein histochemical markers

measuring oocyte development and quality in Pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). *J. Shellfish Research*, **24**(4): 1197-1202.

Gobierno del Estado de Oaxaca. 2012. *Plan Estratégico Sectorial Agropecuario Forestal y Pesquero Subsector pesca*. p. 21-22.

González P. y C. Oyarzún, 2002. Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes chilensis* valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): ¿están realmente correlacionados?. *Rev. Gayana (concepc)*. **66**(2): 249-253.

Gosling E., 2003. *Bivalve Mollusc. Biology, ecology and culture*. Fishing News Books. Great Britain. p. 438, 133-146.

Helm, M., N. Bourne y A. Lovatelli (comp./ed.), 2006. *Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 471. Roma, FAO. 186 p.

Hikman C., L. Roberts., A. Larson., H. I Anson y D. Eisenhour. 2009. *Principios integrals de zoología*. 14^a edición. Mc Graw Hill. China. p. 331-360.

Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), 2015. *Boletín hidroclimático de los mares de México*. En: <http://www.inapesca.gob.mx/portal/sala-de-prensa/boletines/349-boletin-hidroclimatico-de-los-mares-de-mexico>.

Keen M., 1971. *Sea Shells of Tropical West American Marine Mollusks from Baja California to Perú*. Segunda Edición. Stanford University Press. California. p. 15-16, 77-79.

Kimani E.N., K.M. Mavuti y T. Mukiyama, 2006. The reproductive activity of the Pearl oyster *Pinctada imbricata* Röding 1798 (Pteriidae) in Gazi Bay, Kenya. *Rev. Tropical Zoology* **19**: 159-174.

Lara-Lara, J. R., E. G. Robles-Jarero, M. C. Bazán-Guzmán y E. Millán-Núñez. 1998. Productividad del fitoplancton. Capítulo 5. pp 51-58. En: Tapia-García, M. (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. UAM Iztapalapa, México. 240 pág.

Lara-Lara, J. R., V. Arenas-Fuentes, C. Bazán-Guzmán, V. Díaz-Castañeda, E. Escobar-Briones, M. C. García-Abad, G. Gaxiola-Castro, G. Robles-Jarero, R. Sosa-Ávalos, L. A. Soto-González, M. Tapia-García y J. E. Valdez-Holguín. 2008. Los ecosistemas marinos. En: *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. México, **1**:135-159.

Lara-Lara, J.R. y C. Bazán-Guzmán, 2005. Distribución de clorofila y producción primaria por clases de tamaño en la costa del Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas* **31**(1): 11-21.

Leyte-Morales, G. E., 2001. *Estructura de la comunidad de corales y características geomorfológicas de los arrecifes coralinos de bahías de Huatulco, Oaxaca, México*. Tesis de Maestría. UMAR. En: Medina-Elizalde, J., 2010. *Descripción morfológica de los órganos de mayor importancia de Conus (Conus) princeps var. Lineolatus (Linneo, 1758) y Conus (Conus) brunneus (Wood, 1828)*. Tesis de Licenciatura. UMAR. 60 p.

Liévano-Méndez, E., 2008. *Índice gonadosomático e índice de rendimiento muscular del ostión de roca (Crassostrea prismatica) en la bahía de Pichilinguillo, Municipio de Aquila, Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Lucas J.S., 2008. Environmental Influences. En: *The Pearl Oyster*, Southgate P. y Lucas J (Ed). 2008. Elsevier. Hungary, p. 187-211.

Medina-Elizalde, J., 2010. *Descripción morfológica de los órganos de mayor importancia de Conus (Conus) princeps var. Lineolatus (Linneo,*

1758) y *Conus (Conus) brunneus* (Wood, 1828). Tesis de Licenciatura. UMAR. 60 p.

Medina-Reyna C. E., J. Fäber-Lorda y J. M. Robles-Pacheco, 2003. Evidencia de la vagancia en las postlarvas pelágicas de camarón en el Golfo de Tehuantepec. *Revista Ciencia y Mar* **7**(19): 3-5.

Minitab Inc., 2013. Minitab Statistical Software, Release 17 para Windows, State College, Pennsylvania.

Monje-Nájera, J., 2003. Introducción: Un vistazo a la historia natural de los moluscos. *Revista de Biología Tropical* **5**: 1-3.

Montefote-Sánchez M., 2005. *Ecología, biología y cultivo extensivo de la Madreperla de Calafia, Pinctada mazatlanica (Hanley, 1856), y la Concha Nácar Arcoiris, Pteria sterna (Gould, 1852) en Bahía de la Paz, Baja California Sur, México*. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 126 p.

Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas-De León, 1998. Dinámica y estructura termohalina. En: *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, M. Tapia-García(Ed), p. 27-34.

Morris P.A., 1966. *A field guide to Pacific coast shells. Including shells of Hawaii and Gulf of California*. Segunda edición. Houghton Mifflin Company Boston. EUA, p. 12, 126; Lamina 45.

Nuñez-Orozco A. L., A. Labastida-Che y J. A. Oviedo-Piamonte, 2013. Composición y abundancia de la ictiofauna en la franja sublitoral del Golfo de Tehuantepec, Oaxaca/Chiapas, México. *Revista Ciencia Pesquera* **21**(2):29-40.

Pérez-Olivares I., 2014. *Biología reproductiva de algunas especies de la familia Carangidae y Haemulidae de importancia para pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca, México*. Tesis de Licenciatura. México, 147 p.

Rangel M.S, J. Mendoza, L. Freitas, A. Tagliafico, N. García y J. Silva, 2010. Abundancia, Distribución y descripción de la Pesquería del Bivalvo *Atrina Seminuda* en el Nororiente de Venezuela. *Proceedingd of the 62nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **60**: 404-407.

Ricker, E.W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* **191**: 145-157.

Ríos-Jara, E., C. M. Navarro-Caravantes, S. Sarmiento-Nafate, C. M. Galván-Villa y E. López-Uriarte, 2008. Bivalvos y gasterópodos (Mollusca) de importancia comercial y potencial de las costas de Chiapas y Oaxaca, México. *Revista Ciencia y Mar*. **XII**(35): 3-20.

Saito-Quezada, V.M., 2010. *Edad y crecimiento del caracol Astraea undosa (Wood, 1828), (Gastropoda: Turbinidae) de "La Bocana", Baja California Sur, México*. Tesis de Maestría. México, 96 p.

Salgado-Ugarte, I.H., 1995. *Non parametric methos for fisheries data analysis and their study biological data of the Japanese sea bass Lateolabrax japonicus in Tokyo Bay*. Tesis de Doctorado, Facultad de Agricultura, Departamento de Biociencia Acuática, Universidad de Tokio, Japón: 389 p.

Salgado-Ugarte, I.H., 2002. *Suavización no Paramétrica para Análisis de Datos*. F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. México, 139 p.

Salgado-Ugarte, I.H., 2013. *Métodos Estadísticos Exploratorios y Confirmatorios para Análisis de Datos*. Un enfoque Biométrico. F.E.Z Zaragoza U.N.A.M. México, p. 47-63.

Salgado-Ugarte, I. H., J. L. Gómez-Márquez, B. Peña-Mendoza. 2005. *Métodos Actualizados para Análisis de datos biológico-pesqueros*. Facultad de estudios Superiores Zaragoza. p. 25-37, 252.

Saucedo-Lastra P.E., 1995. *Crecimiento, Relaciones, Alométricas y Reproducción de las Ostras Perlas Pinctada Mazatlanica y Pteria stenia (Bivalvia:Pteriidae) bajo condiciones de Repoblamiento en El mérito, Bahía de la Paz, Baja California Sur, México.* Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 100 p.

Saucedo, P.E. y M. Monteforte, 1997. Breeding cycle of Pearl of Pearl oysters *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* (Bivalvia:Pteriidae) at bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *J. of Shellfish Research* **16**(1): 103-110.

Saucedo, P.E, C. Rofríguez-Jaramillo, C. Aldana-Avilés, P. Mosalvo-Spencer, T. Reynso-Granados, H. Villarral y M. Monteforte. 2001. *Gonadic conditioning of the calafia mother-of-pearl oyster, Pinctada mazatlanica (Hanley, 1856), under two temperature regimes.* *Aquaculture* **195**: 103-119.

Saucedo, P.E., I. Racota, H. Villareal y M. Monteforte, 2002a. Seasonal changes in the histological and biochemical profile of the gonad, digestive gland and muscle of the Clafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) associated with gametogenesis. *J. Shellfish Research* **21**(1): 127-135.

Saucedo, P.E., C. Rodriguez y M. Monteforte, 2002b. Microscopic anatomy of gonadal tissue and specialized storage cells associated with oogenesis and spermatogenesis in the calafia mother-of-pearl oyster. *J. Shellfish Research* **21**(1): 1147-155.

Saucedo P. E., A. Martínez-López y J. Cáceres-Puig. 2009. Intereactive effects of temperatura and diet on the growth and biochemical composition of juveniles of the Pearl oyster *Pinctada mazaltanica*. *Aquaculture Research* **40**: 1301-1309.

Saucedo, P.E. y P.C. Southgate, 2008. Reproduction, Development and Growth. En: *The pearl oyster*, Southgate P.C. y J.S. Lucas (Ed). Elsevier, Hungría, p. 131-161.

Saucedo, P.E, C. Rofríguez-Jaramillo, C. Aldana-Avilés, P. Mosalvo-Spencer, T. Reynso-Granados, H. Villarral y M. Monteforte, 2001. Gonadic conditioning of the calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), under two temperature regimes. *J. Aquaculture* **195**:103-119.

Seed R., 1976. Ecology. En: Bayne B. L. (Ed). 1976. *Marine mussels their ecology and physiology*. Cambridge University Press. p. 19-48.

Sevilla L., 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1845). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* **30**: 223-262.

Silverman, B.M., 1986. *Density estimation for statistic and data analysis*. London: Chapman & Hall.

Solano-López Y., J. Cabrera-Peña, J.A. Palacios y R.A. Cruz, 1997. Madurez sexual, índice de condición y rendimiento de *Pinctada mazatlanica* (Pterioida: Pteriidae), Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Tropical* **45**(3): 1049-1054.

Southgate P. y Lucas J. 2008. *The Pearl Oyster*. Elsevier. Hungary. 544 p.

StataCorp, 2013. Stata: Release 13. Statistical Software. College Station, TX: StataCorp LP.

Torres-Zepeda, M.G., y M. Cruz-Pérez. 2002. Caracterización del ciclo reproductivo y épocas de desove de la Madreperla *Pincatada mazatlanica* (Hanley, 1856) en la Bahía de Acapulco (Guerrero, México). *Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*, p.409-421.

Unidad de Informática Marina (UNINMAR), 2015. *Geoportal*. En: <http://www.icmyl.unam.mx/uninmar/mapa.jsf;jsessionid=597dd509cf59bf02fc080c139d91>.

Vite-García M. 2005. *Almacenamiento y utilización de reservas energéticas en relación con la reproducción de las ostras perleras Pteria sterna (Goils, 1851) y Pinctada mazatlaniza (Hanley, 1856)*. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. p. 95.

Apéndice A. Correlación de los pesos medios, índices morfofisiológicos y temperatura, se marca con negritas los valores significativos ($\alpha=0.005$).

	<i>Pmg</i>	<i>Pmb</i>	<i>Pmgl</i>	<i>Pmv</i>	<i>Pmsc</i>	<i>Pmt</i>	<i>Pmc</i>	<i>IGC</i>	<i>IGB</i>	<i>K</i>	<i>T</i> (°C)
<i>Pmg</i>	1.000	0.634 0.026	0.552 0.062	0.964 0.000	0.781 0.002	0.491 0.104	0.574 0.050	0.710 0.009	0.861 0.000	0.609 0.035	-0.407 0.188
<i>Pmb</i>		1.000	0.489 0.106	0.707 0.010	0.973 0.000	0.802 0.001	0.983 0.000	-0.026 0.934	0.302 0.339	0.988 0.000	-0.259 0.415
<i>Pmgl</i>			1.000	0.675 0.016	0.594 0.041	0.475 0.118	0.493 0.102	0.111 0.729	0.229 0.473	0.483 0.111	-0.835 0.000
<i>Pmv</i>				1.000	0.838 0.000	0.537 0.071	0.660 0.019	0.582 0.046	0.758 0.004	0.679 0.015	-0.510 0.086
<i>Pmsc</i>					1.000	0.800 0.001	0.948 0.000	0.167 0.603	0.470 0.122	0.956 0.000	-0.369 0.237
<i>Pmt</i>						1.000	0.744 0.005	-0.015 0.963	0.202 0.528	0.769 0.003	-0.207 0.517
<i>Pmc</i>							1.000	-0.097 0.763	0.248 0.436	0.964 0.000	-0.252 0.428
<i>IGC</i>								1.000	0.930 0.000	-0.047 0.883	-0.171 0.593
<i>IGB</i>									1.000	0.280 0.377	-0.199 0.533
<i>FCR</i>										1.000	-0.315 0.318
<i>T</i> (°C)											1.000

Apéndice B. Variaciones y significancia ($\alpha=0.005$) por fecha de muestreo de los pesos medios del músculo, gónada, glándula y masa visceral.

Fecha	Musculo	<i>p</i>	Gónada	<i>p</i>	Glándula	<i>p</i>	Masa visceral	<i>p</i>
2013								
agosto a octubre	0.1098	0.034	-0.745	0.000	0.029	0.578	-0.307	0.000
octubre a noviembre	-0.3213	0.000	0.609	0.000	-0.254	0.000	0.378	0.000
noviembre a enero 2014	0.1941	0.008	-0.344	0.065	-0.267	0.000	-0.395	0.000
2014								
enero a febrero	-0.2107	0.003	-0.197	0.256	0.127	0.069	-0.037	0.720
febrero a marzo	-0.0898	0.127	-0.452	0.002	0.218	0.000	-0.261	0.003
marzo a abril	0.1468	0.000	0.177	0.073	-0.006	0.871	0.120	0.045
abril a mayo	0.0334	0.465	1.010	0.000	0.391	0.000	0.624	0.000
mayo a julio	0.1524	0.371	-0.334	0.437	-0.082	0.634	-0.097	0.709
julio a agosto	-0.0103	0.951	0.170	0.688	0.184	0.285	0.140	0.588
agosto a octubre	0.7620	0.000	0.424	0.000	-0.069	0.158	0.323	0.000
octubre a noviembre	-0.6727	0.000	-0.883	0.000	-0.275	0.000	-0.717	0.000

Apéndice C. Imágenes satelitales del promedio mensual de concentración de clorofila a en mg/m^3 , tomado y modificado de UNINMAR.

