

**EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN DE PIANGUA (*Anadara tuberculosa*)
CON DIFERENTES RELACIONES NUMÉRICAS (MACHO – HEMBRA), BAJO
CONDICIONES CONTROLADAS EN LA ENSENADA DE TUMACO, NARIÑO,
COLOMBIA.**

**FREDY ALEJANDRO ACOSTA ZAPATA
RAMIRO GUAGUA CASTILLO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2012**

**EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN DE PIANGUA (*Anadara tuberculosa*)
CON DIFERENTES RELACIONES NUMÉRICAS (MACHO – HEMBRA), BAJO
CONDICIONES CONTROLADAS EN LA ENSENADA DE TUMACO, NARIÑO,
COLOMBIA.**

**FREDY ALEJANDRO ACOSTA ZAPATA
RAMIRO GUAGUA CASTILLO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero en Producción Acuícola**

**Presidente:
VILMA YOLANDA GOMEZ NIEVES
Bióloga**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2012**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son responsabilidad exclusiva de su autor”

Artículo 1^{er} del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Superior Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

VILMA YOLANDA GÓMEZ NIEVES
Presidente

ALBA LUCY ORTEGA SALAS
Jurado delegado

ARIEL MIRO GÓMEZ CERÓN.
Jurado

DEDICATORIA

A la familia y amigos que me brindan su apoyo, su amistad en cualquier lugar donde se encuentren.

FREDY ALEJANDRO ACOSTA ZAPATA

DEDICATORIA

Dedicado a Dios por permitir mi existencia, a mi madre por darme y ser la fortaleza de mi vida, a mi padre por la dedicación brindada, a mis hermanos por ser un ejemplo a seguir, a mis familiares, amigos y todas aquellas personas que de una u otra forma me aportaron para lograr esta meta.

RAMIRO GUAGUA CASTILLO

GLOSARIO

ALGAS: son organismos acuáticos que son foto autótrofos oxigénicos y menos complejos que las plantas terrestres, se caracterizan por tener diferentes formas y tamaños.

BIVALVO: grupo de moluscos al que pertenecen especies como la almeja y el mejillón, se caracterizan por tener el cuerpo aplanado lateralmente y dos conchas unidas en el dorso que cubren por completo el cuerpo del animal.

FECUNDACIÓN O FERTILIZACIÓN: llamada también sigamia, es el proceso por el cual dos gametos se fusionan para crear un nuevo individuo con un genoma derivado de ambos progenitores. Los dos fines principales de la fecundación son la combinación de genes derivados de ambos progenitores y la generación de un nuevo individuo

FIJACIÓN: es el proceso mediante el cual las larvas de bivalvos buscan un sustrato adecuado para adherirse y continuar con su ciclo de vida.

LARVA D: es la segunda fase larval de los bivalvos, también conocida como veliger de charnela recta, se caracteriza por presentar una talla de 0.108 mm, y una duración entre 7 y 10 días.

LIGAMENTO: material fibroso elástico que une las dos valvas de un bivalvo a través de la charnela.

LONGITUD DE LA CONCHA: distancia en línea recta desde el margen anterior al margen posterior de la concha.

MICROALGAS: conjunto de microorganismos, en su mayoría fotosintético, unicelular, filamentoso que forman cadenas, colonias o cenobios, están presentes en el agua salada, dulce o en el suelo y se caracterizan por ser la principal fuente de alimento de diferentes peces, crustáceos y moluscos en sus primeras fases de desarrollo.

SALINIDAD: es una propiedad importante de aguas usadas industriales y de cuerpos de agua naturales. Originalmente este parámetro se conoce como una medida de la cantidad total de sales disueltas en un volumen determinado de agua.

TROCOFORA: es la primera fase de desarrollo de los bivalvos, se caracteriza por la presencia de cilios y presentar movimientos en la columna de agua, con una talla de 0.08 mm y una duración de un

VALVA: una de las dos partes de la concha de un bivalvo, una concha está compuesta de dos valvas

RESUMEN

La investigación se realizó en el laboratorio de bioensayos de ECOMAR, ubicado en el municipio de Tumaco, con una duración de 7 meses. Evaluando la respuesta de la especie a la utilización de diferentes relaciones numéricas (Hembra – Macho), en su aspecto reproductivo, para ello se establecieron cinco tratamientos con tres replicas cada uno: **T0** = Relación un macho – una hembra, **T1** = Relación dos machos – una hembra, **T2** = Relación tres machos – una hembra, **T3** = un macho – Relación dos hembras, **T4** = un macho – Relación tres hembras.

Se utilizó un diseño completamente al azar, todos los tratamientos estuvieron bajo condiciones controladas en acuarios, con un seguimiento de los diferentes parámetros físico químicos fundamentales para el desarrollo de la especie. Los animales fueron estimulados con variaciones de temperatura y salinidad para acelerar el proceso de maduración.

Se adecuaron 15 acuarios con capacidad de 15 galones con medidas de 30 cm x 60 cm x 40 cm, los cuales fueron ubicados dentro de un laboratorio con la finalidad de evitar variaciones en los parámetros físicos químicos.

Se encontraron diferencia significativas para los parámetros reproductivos: número de huevos y porcentaje de fertilización en los tratamientos, observando que estos parámetros están principalmente relacionados con la disposición numérica macho-hembra, lo que establece que para una buena reproducción bajo condiciones controladas de *Anadara tuberculosa*, La relación numérica a considerar de macho-hembra, es 1:2 (T3) el cual presentó los mejores rendimientos.

Palabras claves: *Anadara tuberculosa*, Reproducción, bivalvos.

ABSTRACT

The research was conducted in the laboratory bioassays ECOMAR, located in the municipality of Tumaco, with a duration of 7 months. That assessed the response of species to use different numerical relationships (Female - Male) in its reproductive, this will set up five treatments with three replicates each: T0 = Ratio a male - female, T1 = Ratio two males - one female, three males T2 = Ratio - one female, one male T3 = - List two females, one male T4 = - List three females.

We used a completely randomized design, all treatments were under controlled conditions in aquaria with monitoring the physicochemical parameters crucial to the development of the species. The animals were stimulated with variations in temperature and salinity to accelerate the ripening process.

Were adapted 15 aquariums with capacity of 15 gallons with measures 30 cm x 60 cm x 40 cm, which were located within a laboratory in order to avoid variations in physical parameters chemicals.

Significant differences were found for reproductive parameters: number and percentage of egg fertilization treatments, noting that these parameters are mainly related to the male-female numbers available, which states that for a good reproduction under controlled conditions of *Anadara tuberculosa*, the numerical relationship to consider male-female is 1:2 (T3) which presented the best yields.

Keywords: *Anadara tuberculosa*, Reproduction, bivalves.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 GENERALIDADES DE LOS BIVALVOS	24
4.1.1 Anatomía externa	24
4.1.2. Anatomía interna	25
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA ARCIDAE	26
4.3 BIOLOGÍA DE LA PIANGUA <i>Anadara tuberculosa</i>	27
4.3.1 Taxonomía	27
4.3.2 Distribución geográfica y hábitat.	28
4.3.3 Características morfológicas.	28
4.3.4 Hábitos alimenticios	28
4.4 CICLO DE VIDA.	29
4.5 REPRODUCCIÓN	30
4.5.1 Ecología reproductiva	30
4.5.2 Dimorfismo sexual.	31
4.5.3 Importancia de la temperatura en el ciclo reproductivo	36
4.5.4 Relaciones numéricas para reproducción	37
4.6 IMPORTANCIA DE LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO EN LA REPRODUCCIÓN.	38
4.7 RECOLECCIÓN DE PIANGUA.	39
5. DISEÑO METODOLÓGICO	41
5.1 LOCALIZACIÓN	41
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	41
5.3 MATERIAL BIOLÓGICO	41
5.4 INSTALACIONES	43
5.4.1 Materiales, insumos y equipos	43
5.5 PLAN DE MANEJO	44
5.5.1 Adecuación de instalaciones	44
5.5.2 Instalación de acuarios	45
5.5.3 Biometría de la piangua	45

5.5.4	Determinación sexual de los individuos	49
5.5.5	Determinación del número de ovas	50
5.5.6	Medición y pesaje de reproductores	50
5.5.7	Distribución de los tratamientos	51
5.5.8	Periodo de adaptación	52
5.6	INDUCCIÓN A LA REPRODUCCIÓN.	52
5.6.1	Alimentación	54
5.6.2	Recambios de agua	54
5.6.3	Medición de parámetros físico químicos.	55
5.6.4	Conteo del número de ovas	55
5.6.5	Determinación de la fertilización	55
5.7	DISEÑO EXPERIMENTAL	56
5.7.1	Tratamientos	56
5.7.2	Hipótesis.	58
5.8	VARIABLES A EVALUAR	58
5.8.1	Número de ovas por hembra	58
5.8.2	Tiempo de postura y eclosión	58
5.8.3	Tasa de fertilidad	58
5.8.4	Sobrevivencia	58
5.8.5	Evaluación del estadio gonadal	58
5.8.6	Número de ovas por gramo de hembra	59
5.8.7	Diferenciación sexual según cierre de valvas	59
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	60
6.1	EVALUACIÓN DEL ESTADIO GONADAL	60
6.2	NÚMERO DE OVAS POR GRAMO DE HEMBRA	61
6.3	DIFERENCIACIÓN SEXUAL SEGÚN CIERRE DE VALVAS	62
6.4	NÚMERO DE HUEVOS PRODUCIDOS	64
6.5	TIEMPO DE POSTURA Y ECLOSIÓN	65
6.6	NÚMERO DE HUEVOS FERTILIZADOS	66
6.7	SOBREVIVENCIA LARVAL	67
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
7.1	CONCLUSIONES	69
7.2	RECOMENDACIONES	69

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. partes externas de la concha	25
Figura 2. Tipos de esculturas en las conchas.	25
Figura. 3. Parte interior de la concha.	26
Figura 4. Piangua (<i>Anadara tuberculosa</i>).	27
Figura 5. Esquema general del Ciclo de Vida de la <i>Anadara tuberculosa</i> .	30
Figura 6. Talla media de la primera madurez de la piangua en la Ensenada de Tumaco (TMPM = 44 mm Lt; n = 1641).	35
Figura 7. Variación mensual de los estadios I y II para la piangua en la ensenada de Tumaco, Pacífico Colombiano.	35
Figura 8. Ciclo de reproducción de la piangua en la Ensenada de Tumaco, Pacífico Colombiano.	36
Figura 9. Mapa de la costa Pacífica Colombiana con las áreas de manglar, donde se resalta con un rectángulo la zona de estudio (Ensenada de Tumaco).	42
Figura 10. Captura de reproductores.	43
Figura 11. Elaboración de acuarios	44
Figura 12. Diseño de acuarios	45
Figura 13. Medición de ejemplares de <i>A tuberculosa</i>	47
Figura 14. Corte del musculo aductor posterior.	47
Figura 15. Separación del manto y valvas.	48
Figura 16. Medición de la gónada	48
Figura 17. izquierda toma de muestra para el conteo de ovas, derecha ovas vista al microscopio	49

Figura 18. Derecha identificación de machos, Izquierda hembras de acuerdo al color de las gónadas	49
Figura 19. Selección de reproductores de acuerdo a características morfométricas de las valvas.	50
Figura 20. Evaluación de peso de hembras de estudio (g) en los Tratamientos.	51
Figura 21. Evaluación de Tallas de hembras de estudio (mm) en los tratamientos.	51
Figura 22. Distribución de reproductores según el tratamiento	52
Figura 23. Reproductores en el periodo de adaptación	52
Figura 24. Evaluación de Temperatura por tratamiento.	53
Figura 25. Evaluación de Salinidad por tratamiento.	54
Figura 26. Izquierda Cultivo de <i>Chaetoceros gracilis</i> , derecha conteo de algas en cámara Neubauer.	54
Figura 27. Desove de hembra <i>A. tuberculosa</i>	55
Figura 28. Huevos fertilizados.	56
Figura 29. Asignación de tratamientos con sus respectivas replicas	57
Figura 30. Evaluación del estadio gonadal para hembras y machos.	61
Figura 31. Número ovas hembra (g) por peso total de piangua (g)	62
Figura 32. Mosaico para la diferenciación de Sexo según cierre de Valva.	64
Figura 33. Número de huevos por tratamiento	65
Figura 34. Tiempo de postura (Semanas) por tratamiento	66
Figura 35. Huevos fertilizados por hembra por tratamiento.	67

Figura 36. Supervivencia larval por tratamiento.

68

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Fases de desarrollo de las gónadas de <i>Anadara tuberculosa</i>	32
Cuadro 2. Estadío de madurez para la piangua en la ensenada de Tumaco, pacífico colombiano.	34
Cuadro 3. Biometría de la piangua.	46
Cuadro 4. Evaluación del estadío gonadal para hembras.	60
Cuadro 5. Evaluación del estadío gonadal para machos.	61
Cuadro 6. Tabulación cruzada para diferenciación sexual según cierre de valvas	63
Cuadro 7. Número de huevos producidos para cada tratamiento.	64

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de la Varianza para el número de ovas por gramo de hembra	75
Anexo B. Tabulación cruzada y Contraste de Chi-cuadrado Diferenciación sexual según cierre de valvas.	76
Anexo C. Análisis de la Varianza para la variable Temperatura según Tratamiento	77
Anexo D. Análisis de la Varianza para la variable Salinidad según Tratamiento.	78
Anexo E. Contraste de Kruskal-Wallis para peso hembras estudio gr según tratamiento	79
Anexo F. Contraste de Kruskal-Wallis para tallas según tratamiento	80
Anexo G. Contraste de Kruskal-Wallis para número huevos hembra según tratamientos	81
Anexo H. Contraste de Kruskal-Wallis Tiempo de postura (semanas) por Tratamiento.	82
Anexo I. Contraste de Kruskal-Wallis para huevos fertilizados según tratamientos	83
Anexo J. Contraste de Kruskal-Wallis para sobrevivencias días según tratamientos	84
Anexo K. Cuadro Evaluación del estadio gonadal para hembras	85
Anexo L. Cuadro Evaluación del estadio gonadal para Machos	87
Anexo M. Cuadro de control de peso de los tratamientos.	89
Anexo N. Cuadro control de talla de de los tratamientos	90
Anexo O. Cuadros control de desoves	91
Anexo P. Cuadro control de tiempo de postura semana	94

INTRODUCCIÓN

La especie *Anadara tuberculosa* (piangua) (Sowerby, 1833), es un bivalvo de manglar explotado en todo el litoral del Pacífico. En Colombia, la pesca artesanal de este recurso está catalogada como una fuente de empleo para muchas personas, que en su mayoría son de estratos socioeconómicos bajos.

En la zona costera del departamento de Nariño hay consenso y evidencia de la disminución de la Piangua, porque el esfuerzo en términos de tiempo y distancia para la captura ha aumentado. La sobreexplotación de la piangua además de comprometer la sostenibilidad del recurso también pone en riesgo la economía familiar de 125 comunidades localizadas en el litoral de los 7 municipios de la costa Nariñense (El Charco, La Tola, Santa Bárbara Iscuandé, Olaya Herrera, Mosquera, Francisco Pizarro y San Andrés de Tumaco), wwf¹.

Aunque es reconocida la sobre explotación de este recurso, es igualmente evidente la problemática de la Piangua en relación con su hábitat. En San Juan de la Costa (Departamento de Nariño) hay evidencias de la disminución de la Piangua, y sus pobladores lo atribuyen a la llegada de gente foránea, especialmente del Ecuador, que causan un rápido deterioro del ambiente al extraer la Piangua arrancando y sustrayendo las raíces de los mangles. Por otra parte, en Sala-honda, las concheras señalan que los grupos de mujeres procedentes de distintos lugares de la Ensenada de Tumaco, vienen alterando los bosques de manglar y las condiciones para la reproducción del recurso. Estas llamadas concheras “maleteadas” están construyendo “picas” entre el bosque de manglar, estos son senderos limpios de vegetación para facilitar su desplazamiento entre el bosque, con el agravante de provocar la disminución del hábitat disponible y por ende del recurso. (Ardila y Cantera)²

A pesar de la importancia de este recurso pesquero, en Colombia se han realizado algunos estudios del ciclo reproductivos donde se han reportado el comportamiento de la madurez, tallas de madurez y aspectos relacionados con el desove (Squires *et al.*, 1975; Cruz, 1982; Herrán, 1983; Cruz, 1987; Ampie y Cruz, 1989; Franco, 1995; Puentes, 1997; Borda y Portilla, 1998).

Sin embargo, con respecto a la especie no hay estudios que aborden la evaluación de la reproducción con diferentes relaciones numéricas (macho – hembra), bajo condiciones controladas que ayuden asegurar una mayor fertilidad y

¹ WORLD WRESTLING FEDERATION (WWF). 2005 Centro de Investigaciones Marinas.

² ARDILA C., L. y R. CANTERA (1989): Diagnóstico de la pesca artesanal de moluscos en algunas regiones del Pacífico Colombiano. Chile, Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste, Viña del Mar, p: 397- 403.

crecimiento larval, es por eso que la presente investigación propuso evaluar la reproducción de piangua (*Anadara tuberculosa*) con diferentes relaciones numéricas (macho – hembra), bajo condiciones controladas en la ensenada de Tumaco, Nariño, Colombia y convertirse en una alternativas para lograr soportar la sobre explotación a la que está siendo sometido este recurso pesquero.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Los manglares constituyen importantes áreas de refugio, cría y alevínaje para diferentes grupos de especies marinas y terrestres, quienes encuentran en este abundancia de nutrientes y posibilidades de desarrollarse en sus distintas fases. (Pontificia Universidad Javeriana)³

El Departamento de Nariño, cuenta con una franja continua de manglar estimada en 150.000 ha, de las cuales 80.000 ha están declaradas como Parque Nacional Natural Sanquianga, en estos lugares habita la especie *A. tuberculosa*, bivalvo de gran importancia para el sector pesquero del departamento, por lo cual se considera a Nariño como el más productivo en esta especie.

La piangua es un recurso ligado al consumo tradicional de las comunidades afro-descendientes del litoral Pacífico colombiano y del interior del país, su extracción ha dependido de las necesidades tanto de la economía familiar como del comercio local y con la vecina República del Ecuador (Sector costero del norte)⁴. Aunque este recurso ha sido explotado a lo largo de la costa pacífica colombiana de manera artesanal, el incremento en la demanda del mercado, especialmente en el Ecuador, ha redundado en una mayor e incontrolada extracción del recurso.

Se estima que anualmente se extraen más de 300 millones de unidades de piangua en los siete municipios costeros de Nariño (Puentes)⁵. Además, está sobre-explotación se debe a la escasez de alternativas de subsistencia para las poblaciones de esta región, pues la pesca y la agricultura son actividades cada vez más difíciles debido a los altos costos relativos que implican, en comparación a la recolección de la Piangua; Precisamente por las condiciones de explotación de la Piangua y la disminución de sus poblaciones, la especie (*Anadara tuberculosa*) se ha tornado muy vulnerable y por ende aparece en el Libro Rojo de Invertebrados de Colombia en la categoría Vulnerable (Ardila)⁶. La piangua se comercializa sin tener en cuenta el tamaño de la concha lo cual propicia una

³ PONENCIA PRESENTADA EN SEMINARIO INTERNACIONAL: "Enfoques y Perspectivas de la Enseñanza del Desarrollo Rural" Maestría en Desarrollo Rural 25 Años. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Agosto 31 al 2 de Septiembre de 2005

⁴ SECTOR COSTERO DEL NORTE LIBRO ROJO DE INVERTEBRADOS MARINOS DE COLOMBIA. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia.

⁵ PUENTES G. V. (1997): Aspectos biológico pesqueros de la piangua *Anadara* spp. en el Parque Nacional Natural Sanquianga. Ministerio del Medio Ambiente, Unidad Administradora Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, Informe final, 43 pp.

⁶ ARDILA, N., G. R. NAVAS Y J. O. Reyes (eds.). 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

sobrepesca del recurso. Un estudio realizado por Cruz y Borda⁷ afirma que el 55% de los ejemplares comercializados presentan una talla menor a la talla mínima legal de extracción que es de 50 mm.

Si la sobre explotación en la costa pacífica persiste, la abundancia de la especie disminuirá y por tanto los efectos negativos se reflejarán en la disminución del recurso, la calidad de vida de los habitantes y la economía de la región. (FAO)⁸

⁷ BORDA Y CRUZ. (2001): Evaluación pesquera de la piangua (*Anadara tuberculosa*) en el pacífico colombiano. Universidad de la Habana, Centro de Investigaciones Marinas, Tesis de Maestría, 74 pp.

⁸ FAO.1981 Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Es la reproducción de piangua (*Anadara tuberculosa*) con diferentes relaciones numéricas (macho-hembra) bajo condiciones controladas, una alternativa para contrarrestar la sobre explotación de este recurso?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la reproducción de piangua (*Anadara tuberculosa*) con diferentes relaciones numéricas (macho – hembra), bajo condiciones controladas en la ensenada de Tumaco, Nariño, Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado gonadal de los individuos sometidos a las condiciones de cada tratamiento.
- Determinar el número de ovas producidas en cada una de las relaciones macho – hembra, establecidas en los diferentes tratamientos.
- Determinar el tiempo de postura y eclosión.
- Determinar la tasa de fertilización presentada en cada uno de los tratamientos.
- Estimar la sobrevivencia larval presentada en los diferentes tratamientos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GENERALIDADES DE LOS BIVALVOS

Los bivalvos pertenecen al filo Mollusca, un grupo que incluye animales tan diversos como los quitones, gasterópodos, colmillos de mar y cefalópodos (calamar y pulpo), así como la almeja, la ostra, el mejillón y la vieira. El filo tiene seis clases, una de las cuales es la de los Lamelibranquios o Bivalvos. Estos animales están comprimidos lateralmente y las partes blandas del cuerpo están completa o parcialmente recubiertas por la concha, que está formada por dos valvas unidas por una charnela. Las branquias o ctenidios de los animales de esta clase son órganos bien desarrollados y especializados para la alimentación, así como para la respiración.

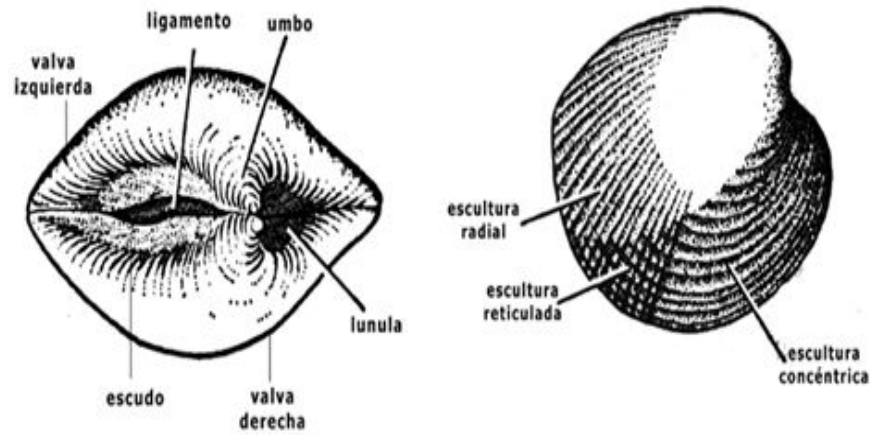
4.1.1 Anatomía externa Según Morris y Percy A El rasgo más destacado de los bivalvos es la existencia de dos valvas de igual o diferente tamaño y que pueden o no cerrarse completamente sobre las partes blandas del interior. Las valvas están formadas principalmente de carbonato cálcico y tienen tres capas; la capa interna o nacarada, la capa intermedia o brillante que forma la práctica totalidad de la concha, y la capa externa o periostraco⁹. (Figura 1).

Abbott, R. y Tucker, afirman que “La superficie de las valvas puede ser lisa o estar adornada con esculturas de líneas radiales, espirales, o una combinación de ambas (reticuladas), además puede tener nódulos, espinas, cóstulas, etc., y patrones de diferentes figuras en colores llamativos”¹⁰. (Figura 2).

⁹ MORRIS y PERCY A. 1966. A Field Guide to Pacific Coast Shells. 2da. Ed. The Peterson Field Guide Series. P297.

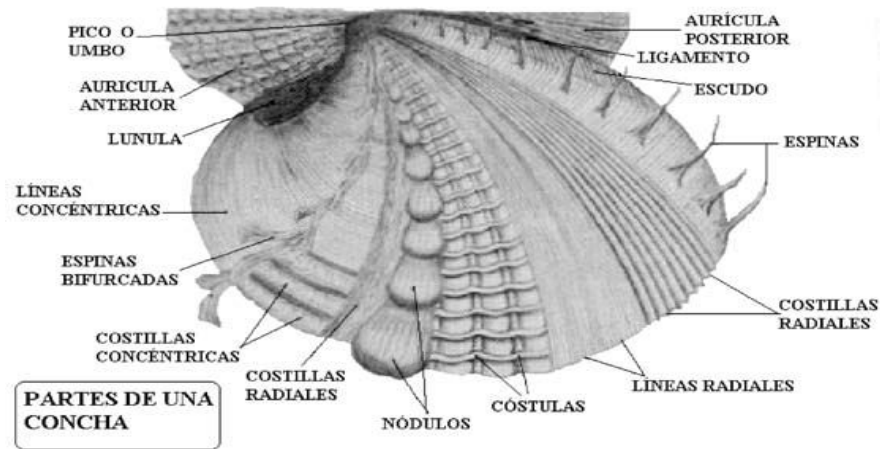
¹⁰ ABBOTT, y .TUCKER, R 1974. American Seashells. 2da. Ed., Litton Educational Publishing, p. 663

Figura.1. Partes externas de las conchas



Fuente: López y Urcuyo. Moluscos de Nicaragua 1-Bivalvos, Managua, MARENA, 2008. 136p¹¹

Figura.2. Diferentes tipos de esculturas en las conchas.



Fuente: López. y Urcuyo.- Moluscos de Nicaragua 1-Bivalvos, Managua, MARENA, 2008. p 11

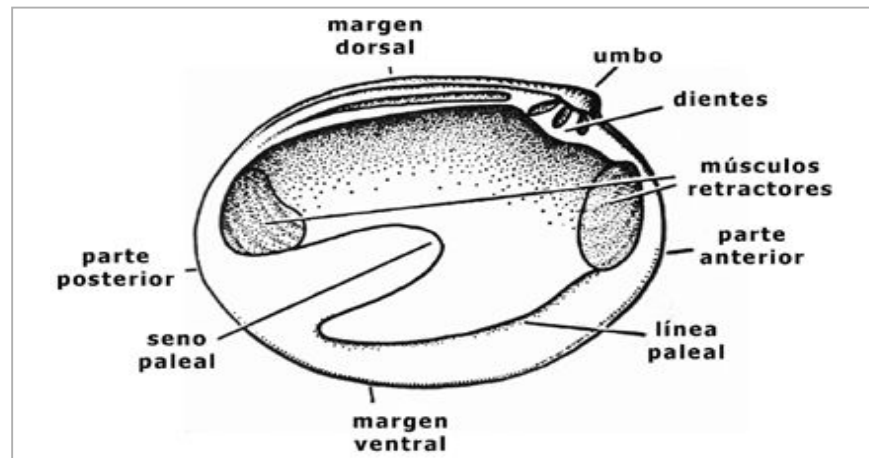
4.1.2. Anatomía interna Morris.y Percy aseguran que “en el interior de la concha existen dos músculos retractores que al contraerse actúan en sentido contrario al ligamento. Cuando los músculos se relajan la elasticidad del ligamento abre las valvas, razón por la cual al morir el molusco las presenta abiertas. Estos músculos

¹¹ LÓPEZ, A. y URCUYO R. 2004. Nicaraguan Pacific Mollusca. Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente, Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. p167.

dejan huellas en la superficie interna de la concha, las que pueden ser iguales, una más grande que la otra o incluso existir sólo una”¹².

Lo mismos autores aseguran que la línea paleal deja una huella que a veces forma una sinuosidad paleal; a lo largo de la línea se insertan una serie de pequeños músculos o fibras musculares que sujetan el manto a cada una de las valvas. (Figura 3.)

Figura. 3. Parte interior de la concha.



Fuente López .y Urcuyo, Op. Cit .p 11¹³

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA ARCIDAE

López y Urcuyo manifiestan que son “una Familia de moluscos extraordinariamente antiguos, con fósiles de más de 500 millones de años. Viven enterrados en el fango o fijos en las rocas por medio de un biso muy resistente. Presentan algunas características arcaicas: charnela con muchos dentículos que pueden abarcar la totalidad del largo de la concha (Figura 4), un pie aplanado por debajo como si fuese una suela reptante y la existencia de dos músculos aductores del mismo tamaño”¹⁴ ,.

¹² MORRIS, y PERCY A. 1966. A Field Guide to Pacific Coast Shells. 2da. Ed. The Peterson Field Guide Series. p297.

¹³ LOPEZ A.y URCUYO.J., Op. Cit .p 11

¹⁴ LÓPEZ, A.y URCUYO R. 2004. Nicaraguan Pacific Mollusca. Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente, Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. p167.

4.3 BIOLOGÍA DE LA PIANGUA *Anadara tuberculosa*

4.3.1 Taxonomía. Según Sowerby¹⁵, la taxonomía de la piangua *Anadara Tuberculosa* es:

Reino:	Animalia
Filo:	Mollusca
Clase:	Bivalvia
Orden:	Arcoida, Prionodonta o Eutaxodonta
Familia:	Arcidae
Nombre científico:	<i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby, 1833)
Nombres comunes:	Piangua (Costa Rica, Colombia); concha negra (Nicaragua); curil, concha negra (El Salvador); chucheca, concha prieta (Panamá)
Historia taxonómica:	<i>Arca tuberculosa</i> Sowerby, 1833,

Figura 4. Piangua (*Anadara tuberculosa*).



Fuente: Ponencia presentada en Seminario Internacional: “Enfoques y Perspectivas de la Enseñanza del Desarrollo Rural” 2005

¹⁵ SOWERBY, CRUZ, R. y J. JIMÉNEZ. 1833-1994. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la Costa Pacífica de América Central. Editorial Fundación UNA. p180 .

4.3.2 Distribución geográfica y hábitat. Borda y Cruz afirman que “La “piangua”, es un bivalvo de manglar explotado en todo el litoral del Pacífico. Es una especie con grandes posibilidades para el desarrollo pesquero”¹⁶, “En su fase adulta, habita sólo en pantanos de manglares, siempre asociada al mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la zona inter mareal, donde vive casi completamente enterrada en el fango de tipo limo arcilloso de 5 – 30 cm de profundidad. Se distribuye desde las costas de Baja California (México) hasta Perú”¹⁷

En Colombia se distribuye a lo largo de la costa pacífica en los departamentos de Choco, Valle, Cauca y Nariño; este último, ubicado en el extremo sur occidente del país, cuenta con una franja continua de manglar estimada en 150.000 ha, de las cuales 80.000 ha están declaradas como Parque Nacional Natural Sanquianga, ocupando en algunas zonas una extensión que alcanza 20 kilómetros de ancho.

4.3.3 Características morfológicas. Sowerby manifiesta que “Las conchas son grandes y ovaladas, relativamente gruesas, las valvas presentan entre 33 y 37 costillas, con los márgenes dorsales angulados, su color es blanco, cubierto por un periostraco piloso que va desde café oscuro hasta negro, posee umbos anchos y prominentes, los nódulos o tubérculos de las costillas son la razón del nombre de la especie, su área cardinal es angosta y puede llegar alcanzar una Longitud 56 mm, altura 42 mm, diámetro 40 mm”¹⁸.

4.3.4 Hábitos alimenticios. Según Sowerby “la especie *Anadara tuberculosa* en su etapa larval es netamente planctónica y que en etapa adulta se alimenta de materia orgánica por medio de filtración”.¹⁹

¹⁶ BORDA Ca y R CRUZ. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista Investigaciones Marinas 25: 185-195.

¹⁷ POUTIERS, J.m.1995. Bivalvos, en: Fischer W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y B. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro oriental. Vol I. Plantas e Invertebrados. FAO, Roma.

¹⁸ SOWERBY, CRUZ, R. & J. JIMÉNEZ. 1833-1994. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la Costa Pacífica de América Central. Editorial Fundación UNA. 180 p.

¹⁹ *Ibíd.*, p 28.

4.4 CICLO DE VIDA.

“Después de ocurrir la fertilización externa del óvulo, a las dos horas se inicia la división celular, a las seis horas desarrolla cilios y muestra movimientos en la columna de agua, el estadio conocido como larva Trocofora, presenta una talla de 0.08 mm, una duración de un día. El desarrollo continúa con la fase “D” o veliger de charnela recta, con una talla de 0.108 mm, su duración se estima entre 7 y 10 días”²⁰.

Para (Ioff et al.)²¹ Sigue la fase de larva con umbo, cuya talla es de 0.16 mm y una duración entre 3 y 5 días. La última fase es la de larva oculada o pediveliger, cuya talla es de 0.272 mm, permanecen en la columna de agua entre 13 y 15 días. Las larvas son planctónicas y su desarrollo transcurre entre 23 y 31 días en aguas oceánicas. La larva pediveliger inicia el asentamiento en las áreas de manglar, con ayuda de las corrientes y de los cambios de marea.

Después del asentamiento la post-larva presenta una talla de 5.5 mm y una permanencia entre 4 y 11 días (Robles-Mungaray)²². En esta fase hay un pequeño lapso en el cual se fijan a un sustrato, para luego liberarse y vivir aisladamente (INPA,²³; (Reynoso-Granados et al.)²⁴. En algunas ocasiones se encuentran conchas con otras más pequeñas adheridas, a las que los pescadores llaman “conchas madres”. Los juveniles alcanzan tallas entre 16 y 30 mm, la conservación de esta fase se calcula en 6 meses. Teniendo en cuenta los períodos máximos de reproducción y reclutamiento, se estima que esta fase se recluta a la pesquería entre 6 y 10 meses posteriores al desove. Cuando llegan a la talla de la primera reproducción (44 mm Lt) se consideran adultos, con una duración de 4 años en la pesquería (figura 5).

²⁰ BORDA CA y R CRUZ. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista Investigaciones Marinas 25: 185-195.

²¹ IOFF, N.A *et al.* (1952): Curso de Embriología de los Invertebrados. Moscú, Editorial Mir, p 286.

²² ROBLES-MUNGARAY M., T. REINMOSO-GRANADOS, P. MONSALVO-SPENCER Y P. OMART-CASTRO. Cultivo larvario de *Anadara tuberculosa* en baja California Sur, México [en línea]. [Citado 2001-07-03]. Disponible en internet: <google.com: Anadara tuberculosa> 4 KB.

²³ INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA –INPA- (1996): Evaluación del potencial de semilla de Bivalvos comerciales en el Pacífico Colombiano. Colombia, Buenaventura, Informe Técnico Final, 45 pp.

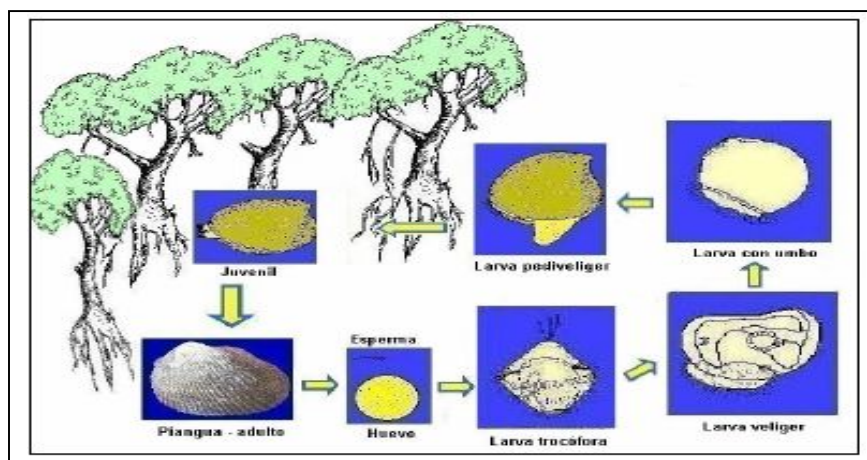
²⁴ REYNOSO-GRANADOS, T., T. MONSALVO-SPENCER G. Y M. ROBLES-MUNGARAY (2003): Efecto del sustrato y la temperatura en el asentamiento y metamorfosis de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) Disponible en internet: <gogle.com: Anadara tuberculosa> 4 KB. [citado 2001-07-03].

4.5 REPRODUCCIÓN

4.5.1 Ecología reproductiva Helm, Bourne, Lovatelli²⁵ aseguran que: En la mayoría de las especies de bivalvos, los gametos se expulsan al medio exterior, donde tiene lugar la fecundación, el esperma es expulsado a través de la abertura o sifón exhalante en un chorro fino y constante, la expulsión de los óvulos es más intermitente y se emiten en nubes desde la abertura exhalante o sifón, en muchas especies, las gónadas se encuentran vacías después del desove y es imposible distinguir a simple vista el sexo de cada individuo, en los desovadores parciales, puede que la gónada nunca llegue a vaciarse del todo.

Según Arsenault y Himmelman²⁶ el desarrollo de la gónada está determinado por una serie de factores que aunque tienen diferentes orígenes actúan de modo simultáneo, dichos factores son endógenos, si se originan en los individuos a través de características propias de la especie (como el control endocrino) y exógenos, si tienen su origen en las características físicas y químicas propias del ambiente que las rodea.

Figura 5. Esquema general del ciclo de vida de *Anadara tuberculosa*.



Fuente: Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* en el Pacífico Colombiano.

²⁵ HELM, M.M.; BOURNE, N.; LOVATELLI, A. Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 471. Roma, FAO. 2006. 184 pp.

²⁶ ARSENAULT, D y HIMMELMAN, J. 1998. Spawning of the iceland scallop (*Chlamys islandia*) (Muller 1776) in the northern gulf of St. Lawrence and its relationship to temperature and phytoplankton abundance. *The Veliger* 41 (2) p 180-185.

Para Rose *et al* “los factores exógenos, junto con las características genotípicas propias de la especie, determinan el ciclo reproductivo del organismo, lo que da un patrón particular en la reproducción, en el que se regulan la duración, la intensidad y frecuencia del mismo, de modo que los individuos presentan un patrón característico del ciclo reproductivo”²⁷

4.5.2 Dimorfismo sexual. Para Cruz R.²⁸ las especies poseen sexos separados (dioicos) con fecundación y desarrollo externo. Sus gónadas se encuentran incluidas en ambos lados de la masa visceral, durante su desarrollo van cubriendo la parte interna distal del pie y las paredes hasta envolver totalmente la parte dorsal del cuerpo. El sexo de individuos maduros es fácil de reconocer por el color de los productos sexuales. Estos son de color blanquecino, de consistencia pegajosa en los machos; de apariencia granular, de color anaranjado en las hembras²⁹, por lo que se han determinado cuatro estadios de madurez gonadal entre los que se encuentran: Indeterminado, en desarrollo, maduro y desove.

Según García Domínguez, *et al*. En el estudio del ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en Bahía Magdalena, México, describieron cinco fases del ciclo gonadal: reposo, desarrollo, madurez, emisión de gametos y post emisión. (Cuadro 1)³⁰,

²⁷ ROSE, R. *et al* 1990 Reproductive cycle of the weterm Australian silverlip pearl oyster *pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca:Pteridae). Journal of Shellfish Research 9 p 262-272

²⁸ CRUZ, R.1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (*Pelecypoda arcidae*) de punta morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 32(1): p 45-50.

³⁰ GARCÍA DOMÍNGUEZ, *et al* .2008.. Estudio del ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en Bahía Magdalena, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 43(1):p 143 – 152.

Cuadro 1. Fases de desarrollo de las gónadas de *Anadara tuberculosa*

Fase gonádica	Hembras	Machos
Reposo.	Presencia de ancinos vacíos; no se observan gametos. No se puede diferenciar el sexo. El tejido conjuntivo es abundante y ocupa todo el espacio situado entre el manto, el hepatopáncreas y el tubo digestivo.	
Desarrollo	Ovocitos en crecimiento adheridos a la pared folicular. El centro de algunos folículos se observa vacío. Disminuye el área ocupada por el tejido conjuntivo	Cantidad variables de células germinales y de espermatozoides dentro de los túbulos seminales. Disminuye el área ocupada por el tejido conjuntivo.
Madurez	Folículos llenos de ovocitos maduros; las paredes foliculares aun tienen adheridos, algunos ovocitos en crecimiento. Casi no se observa tejido conjuntivo.	Túbulos seminales llenos de espermatozoides. Se observa una capa delgada de células espermatogénicas en la pared de los túbulos. Casi no se observa tejido conjuntivo.
Emisión de gametos	Folículo casi vacío, con algunos ovocitos o vacío por completo. Entre ellos se observa tejido conjuntivo.	Túbulos seminales parcialmente vacíos. La cantidad de espermatozoides presentes disminuye drásticamente.
Post-emisión de gametos	Algunos ovocitos residuales; gran cantidad de amebocitos que los fagocitan. No se observa ovogénesis activa.	Túbulos seminales colapsados; gran cantidad de amebocitos fagocitando espermatozoides residuales. No se observa espermatogénesis activa.

Fuente: Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* en el Pacífico Colombiano.

“La emisión de gametos masculinos en *A. tuberculosa* se presenta durante todo el año, pero no presenta porcentajes de frecuencias de ello y su estudio se limitó solo a machos”³¹.

“En Punta Morales, Costa Rica, el desove de esta especie ocurre entre mayo y septiembre”³², a diferencia de lo que publicó Cruz³³, referente a la misma zona, en donde afirma que se encontraron organismos desovando durante todo el año.

Borda y Cruz³⁴. Sostienen que: los individuos indeterminados se definen como estadio 0, los inmaduros presentan en las hembras la gónada de color naranja pálido y en los machos crema claro, ocupando entre el 1 y el 20% de la masa visceral, cuando se realiza un corte transversal (estadio I), los ejemplares maduros se definen como estadio II y la gónada en hembras se presenta en una coloración que transita de naranja a naranja intenso, y la de los machos, de crema a crema-amarillo. Ocupando entre el 20 y el 100 % de la masa visceral (Cuadro 2)

³¹ ORTIZ-ORDOÑEZ E. Histología y ciclo gonádico de ejemplares macho de *Anadara (Anadara) tuberculosa* (Sowerby, 1833). Tesis de Biología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México DF, 32 pp.

³² CRUZ - SOTO Ra y JIMÉNEZ Ja. 1994. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la costa pacífica de América Central, 182 pp. Editorial Fundación UNA, Heredia.

³³ CRUZ Óp., cit. P 33.

³⁴ BORDA Ca y R CRUZ. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista Investigaciones Marinas 25: p185-195.

Cuadro 2. Estadio de madurez para la piangua en la ensenada de Tumaco, pacifico colombiano.

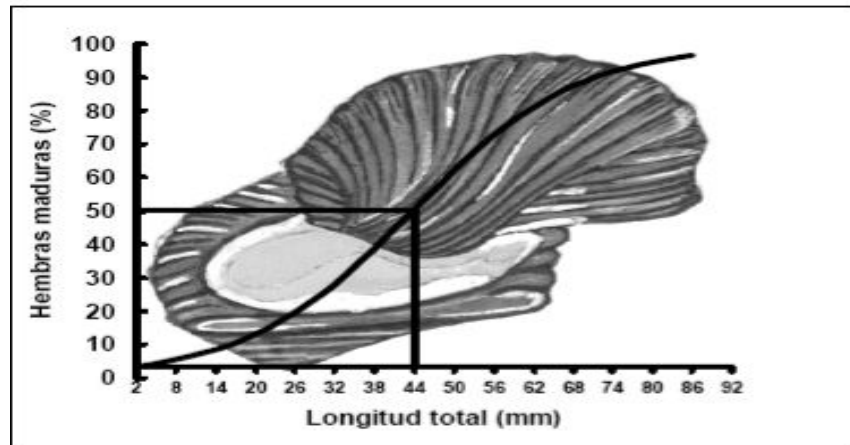
ESTADIO MADUREZ	LOCALIZACIÓN DE LA GÓNADA	COLOR E	COLOR R	CARACTERÍSTICAS DE LA GÓNADA	CONTENIDO GONADAL (%)
Estadio 0 (indeterminado)	No visible	-	-	-	-
Estadio I (inmaduro)	Contenido gonadal limita con endodermo	Naranja pálido	Crema claro	Externa: gónada semíllena, Interna: medianamente llena, expulsión poco-nada	1 – 20
Estadio II (maduro)	Interviceral: entre el estomago y el hepatopáncreas. (Se extiende por si toda la superficie ventral); anterior: está el músculo abductor; anterior y con el músculo del pie.	Naranja a naranja intenso	Crema a crema amarillo	Externa: gónada semíllena – llena, interna: semíllena – llena, expulsión fuerte -media	20 – 100

Fuente: Ibíd., p 29.

Los mismos autores también afirman que la talla promedio de la primera madurez para la piangua es de 44 mm (Figura. 6), esta presenta una variación mensual en cuanto al estadio I y II (Figura. 7), se presentan individuos maduros durante todo el año, pero la época principal de reproducción sexual es en los meses de noviembre a febrero (Figura. 7)³⁵,

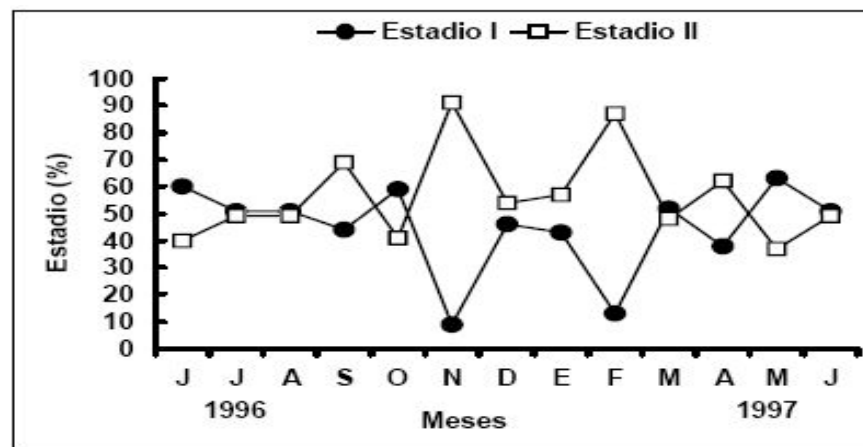
³⁵ Ibíd., p 29.

Figura 6. Talla media de la primera madurez de la piangua en la Ensenada de Tumaco. (TPPM = 44 mm Lt; n = 1641).



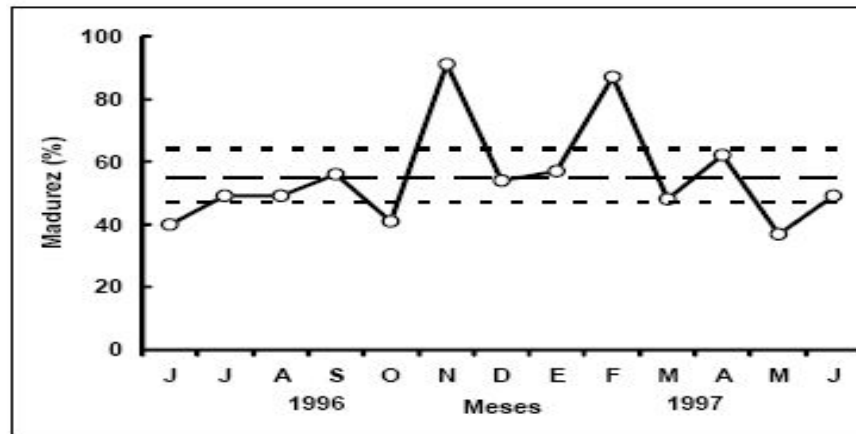
Fuente: Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano.

Figura 7. Variación mensual de los estadios I y II para la piangua en la ensenada de Tumaco, Pacífico Colombiano.



Fuente: Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano.

Figura. 8 Ciclo de reproducción de la piangua en la Ensenada de Tumaco, Pacífico Colombiano.



Fuente: Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano.

4.5.3 Importancia de la temperatura en el ciclo reproductivo. Mackie afirma que “La temperatura es uno de los factores externos más importantes que influyen en el ciclo reproductivo de los bivalvos. En algunas especies, el desove se inicia cuando la temperatura excede de un nivel crítico característico de 30 °C”³⁶

Según Cruz “la época de desove de *A. tuberculosa* está marcada por altas temperaturas y salinidades del agua”. Sin embargo, Baqueiro et al.³⁷, Flores³⁸ “no observaron con claridad una relación entre altas temperaturas y períodos de desove en dicha especie. Análogamente, no se ha podido establecer una relación clara entre la temperatura del agua y el desove de *A. tuberculosa*.”³⁹

³⁶ MACKIE GI. 1984. Bivalves. En: Tompa AS, NH Verdonk & J Van Der Biggelaar (eds), The Mollusca: Reproduction 7: 351- 418. Academic Press, New York.

³⁷ BAQUEIRO CE, M MUCIÑO & R MERINO. 1982. Análisis de una población de pata de mula *Anadara tuberculosa* sujeta a explotación intensiva en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Ciencia Pesquera 3: 75-82.

³⁸ FLORES MA. 1971. Contribución al conocimiento biológico de la ‘Pata de mula’ *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) Tesis de Biología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México DF, 57 pp

³⁹ CRUZ, R.A. (1984): Some aspects of reproduction and monthly variation of the condition index of *Anadara similis* (Pelecypoda: Arcidae) of Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. Brenesia 22: 95 – 105.

4.5.4 Relaciones numéricas para reproducción. Según Quayle “la reproducción en la mayoría de ostras o conchas tropicales se realiza a una relación de un macho por una hembra.”⁴⁰

Según Pérez⁴¹, “los pocos estudios que abordan el tema de la reproducción de *A. tuberculosa* para las costas mexicanas revelan que se reproduce de manera continua durante un ciclo anual, tanto de manera silvestre (Baqueiro et al., 1982; Cruz, 1982; Cruz, 1984; Ampie, 1989; Vega, 1994) como en cultivo (Ortiz y Uría – Galicia, 1998; Félix - Pico, 2004). Cruz (1984), Ampie y Cruz (1989) y Vega (1994) citados por el mismo autor obtienen resultados muy similares entre sí para Costa Rica, este último informa una proporción sexual de 1:1”.

Chica y Vite afirman que “existe una proporción sexual total alcanzado dentro periodo de estudio de noviembre 2007 a octubre de 2008, dando como resultado la mejor relación de 2,32 H: 1 M.”⁴²

4.6 IMPORTANCIA DE LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO EN LA REPRODUCCIÓN.

Para Mackie⁴³ “el desarrollo de la gónada implica una alta demanda de energía, la cual procede del alimento ingerido directamente del medio ambiente, de productos de reserva o de ambos. Los periodos de mayor disponibilidad de alimento coinciden con el desarrollo gonadal, también la estacionalidad del desarrollo gonadal está vinculada con el almacenamiento y utilización de reservas acumuladas en el organismo en épocas de abundancia”.

El mismo autor vincula su fase de desarrollo con el alimento que consume directamente del medio, más que con la probable acumulación de reservas, ya que se observó una relación directa y significativa entre la etapa de desarrollo y la época de mayor concentración de clorofila *a*.

⁴⁰ QUAYLE, B.D. Ostras tropicales: Cultivo y métodos. Ottawa, IDRC-TS17s. Ont. CLID, 1981. 84pp.

⁴¹ PÉREZ 2005. Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el Estero Santo Domingo, B.C.S., México.

⁴² CHICA E y VITE C 2001 Biometría y desarrollo gonadal de *Anadara tuberculosa* en el sitio San Felipe del estuario del río Chone, en el periodo noviembre 2007 a octubre 2008 y noviembre 2009 a febrero. 2011

⁴³ MACKIE GI. 1984. Bivalves. En: Tompa AS, NH Verdonk & J Van Der Biggelaar (eds), The Mollusca: Reproduction 7: 351- 418. Academic Press, New York.

Romo-Piñera⁴⁴ Menciona que en “*Saccostrea palmula* de Bahía Magdalena, la energía obtenida del alimento ingerido se utiliza para el desarrollo de los gametos, lo cual puede ocurrir también en *A. tuberculosa*”. Por su parte, Pérez- Medina⁴⁵. Afirma que no encontró una relación clara entre las fases del ciclo gonadal y la concentración de clorofila a. Sin embargo, los valores altos del índice de madurez coinciden con las mayores concentraciones de clorofila a.

Bayne⁴⁶. Afirma que muchos bivalvos marinos, tienden a reproducirse cuando la disponibilidad de alimento es alta, brindando a la progenie mayores probabilidades de alimentarse y teniendo por otro lado, la posibilidad de recuperar la energía empleada en el desove; según Villalejo-Fuerte⁴⁷ et al., afirma que “sí la fase de desove coincide con la mayor concentración de fitoplancton, aumentando la probabilidad de que las larvas se alimenten y sobrevivan”.

En *A. tuberculosa* no ocurre lo anterior porque los periodos de desove coinciden con las menores concentraciones de clorofila a (se observó una relación inversa significativa entre esta fase del ciclo gonadal y la disponibilidad de alimento). Esto indica la posibilidad de que el gasto energético necesario para la expulsión de gametos esté sostenido por sustancias energéticas almacenadas, debido a la alta frecuencia de organismos en fase de emisión de gametos y el poco alimento, de manera similar a lo registrado por Muñetón-Gómez *et al.*⁴⁸ En un estudio sobre *Spondylus leucacanthus* en isla Danzante, Golfo de California. Además, en el estudio de Pérez-Medina⁴⁹, “la máxima frecuencia relativa de organismos en desove se presentó en diciembre, mes en el que registró la concentración más baja de clorofila a”.

⁴⁴ ROMO-PIÑERA Ak. 2005. Ciclo reproductivo del ostión de mangle *Saccostrea palmula* (Carpenter, 1857), en Bahía Magdalena, Baja California Sur. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México, 74 pp.

⁴⁵ PÉREZ-MEDINA Dr. 2005. Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el Estero Santo Domingo, B.C.S., México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México, p 70.

⁴⁶ BAYNE BI. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2: 1-47.

⁴⁷ VILLALEJO-FUERTE M, CEBALLOS-VÁZQUEZ Bp y GARCÍA- DOMÍNGUEZ F. 1996a. Reproductive cycle of *Laevicardium elatum*, (Sowerby, 1883) (Bivalvia: Cardiidae) in Bahia Concepcion, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 15: 741-745.

⁴⁸ MUÑETÓN-GÓMEZ Ms *et al.* Contenido estomacal de *Spondylus leucacanthus* (Bivalvia: Spondylidae) y su relación con la temporada de reproducción y la abundancia de fitoplancton en Isla Danzante, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 49: 2001 p. 581-590.

⁴⁹ Fuente: *Ibíd.*, p 38.

⁴⁹ BAYNE BI. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2: p 1-47.

Para Kang et al⁵⁰. El desarrollo gametogénico de *A. tuberculosa* depende del alimento ingerido inmediatamente del medio, mientras que el desove es sostenido probablemente por reservas energéticas almacenadas, es posible concluir que la especie tiene una estrategia reproductiva mixta, entre las especies conservadoras, cuyos ciclos de almacenamiento de nutrientes están claramente separados de los ciclos de producción de gametos y las oportunistas, en las que ambos ciclos se realizan simultáneamente.

4.7 RECOLECCIÓN DE PIANGUA.

Las faenas para la captura de la piangua se efectúan según el comportamiento de las mareas. Cuando la mareas comienza a bajar (media marea), los recolectores entran al manglar, el tiempo real de faenas es de cuatro a seis horas, el tiempo estimado está relacionado con los periodos de máximas y mínimas mareas (mareas vivas), las cuales se presentan cuatro máximas por dos mínimas durante el mes con aproximadamente siete días de duración. El periodo de mareas máximas es óptimo para la recolección, porque las áreas de exploración se mantienen por más tiempo libre de inundación, los individuos se buscan en las cavidades que se encuentra al lado de las raíces de los mangles, introduciendo la mano a una profundidad entre cinco y treinta centímetros aproximadamente y en todas las direcciones. Borda y Cruz⁵¹

“Las zonas de pesca están cerca de las comunidades y circundan la ensenada de Tumaco, cada grupo tiene varias áreas de recolección a las que se accede en una lancha de madera, de remo o con motor fuera de borda. Estos sitios se visitan alternadamente, a intervalos de una semana. Se estima que de los 811 concheros censados en la ensenada de Tumaco, un promedio de 230 personas realizan sus faenas diariamente”.⁵²

Los ejemplares se trasladan a cada comunidad y se almacenan en viveros, los cuales son cajones rectangulares de madera cuyos lados presentan forma de rejas, el piso es de madera, por lo general de chonta (*Bactris gasipaes*) y sus dimensiones son aproximadamente de 4.5 m x 4.0 m x 3.5. En estos viveros se pueden almacenar cerca de 30.000 organismos que permanecen allí alrededor de 4 días, antes de ser trasladadas al centro de acopio de la asociación; el tiempo

⁵⁰ KANG Ck et al. 2000. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and biochemical composition of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in suspended culture in two coastal bays of Korea. Journal of Shellfish Research 19: p 771-778.

⁵¹ BORDA CA y R CRUZ. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista Investigaciones Marinas 25: 185-195..

⁵² Op cit.,32

máximo de duración de la concha en estos viveros es de 8 días. (BORDA y CRUZ.⁵³

⁵³ *Ibíd.*, P 39

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la Ensenada de Tumaco (figura 9), localizada en el sector central sur del litoral del departamento de Nariño, constituye el límite más occidental de la costa pacífica, se encuentra delimitada por latitudes de 1° 45'-2° 00' N y las longitudes 78° 30' – 78° 45' W, su área aproximada es de 350 Km²; la profundidad de la ensenada varía entre 2 y 30 m (Mosquera, 1992⁵⁴; Peña, 1995)⁵⁵.

El clima en el área es ecuatorial húmedo, con una temperatura promedio de 26.2 °C, con una máxima de 30 °C en abril y una mínima de 21.3 °C en septiembre, la humedad relativa es del 84%, la precipitación promedio es de 2105 mm/año, con dos periodos definidos en cuanto al régimen de lluvias, uno de bajas entre julio y diciembre y otro de altas entre enero y junio, el promedio de días de lluvias al año es de 153 mm (Gallo y Vargas)⁵⁶.

5.2 PERIODO DE ESTUDIO

La ejecución del proyecto duró siete meses comprendidos desde el mes de noviembre a junio 2011; en este tiempo se realizó la adecuación de instalaciones, el trabajo de campo y la recolección de datos.

5.3 MATERIAL BIOLÓGICO

Se capturaron 200 ejemplares de *A. tuberculosa* y 100 de *A. similis*, en el manglar denominado bajo Píndo, ubicado en la comuna 5 de la ciudad de Tumaco, esta actividad se realizó el 16 de diciembre con la colaboración de la asociación de concheros Asofuturo y la alcaldía municipal de Tumaco. Los reproductores fueron seleccionados con una talla aproximada de 44mm, en la cual alcanzan su madurez sexual. Borda y Cruz⁵⁷.

⁵⁴ MOSQUERA, M.A. (1992): La contaminación orgánica un posible precursor de la eutroficación en la Ensenada de Tumaco. *Boletín Científico CCCP* (3): 31-49.

⁵⁵ PEÑA, J. (1995): Un modelo de caja aplicado al transporte de partículas y tiempo de residencia de las aguas del sector el Píndo Ensenada de Tumaco. *Boletín Científico CCCP* (5): 5-35.

⁵⁶ GALLO, C.c Y E. VARGAS, 1987, Determinación del aporte de materia orgánica del manglar en la ensenada de Tumaco. Centro control de contaminación del pacifico, 13pp.

⁵⁷ BORDA Ca y R CRUZ. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista Investigaciones Marinas* 25: 185-195.

Figura 9. Mapa de la costa Pacífica Colombiana con las áreas de manglar. Se presenta en un rectángulo la zona de estudio (Ensenada de Tumaco).



Fuente: Guevara-Mancera *et al.*, 1998 y Borda (2001)⁵⁸.

⁵⁸ GUEVARA-MANCERA *et al.*, y BORDA pesca artesanal de bivalvos (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) y su relación con eventos ambientales. *pacífico colombiano Rev. Invest. Mar.* Mayo, 2004 p.197-208

Figura 10. Captura de reproductores



5.4 INSTALACIONES

El estudio se realizó en las instalaciones de la empresa Ecomar, la cual presenta un área total 2,84 ha y su principal actividad es la producción e investigación en camarón, la infraestructura cuenta con agua de mar filtrada, cloro tratada, laboratorios de microalgas y producción de post larvas de camarón.

5.4.1 Materiales, insumos y equipos

- Acuarios de vidrio de 15 galones.
- Bombas sumergibles.
- Pie de rey.
- Balanza digital OHAUS SCOUT PRO SP 601
- Balanza analítica OHAUS PA 313
- Microscopio NIKON MCA KA-210
- Refractómetro.
- Oxímetro (multiparametro YSI).
- Cámara fotográfica Samsung S 860
- Nasas de 30 x 30 cm con malla de 60 micras.

- Cuadros de madera.
- Bomba de 1.0 HP.
- Tubo de PVC 1”.
- Tee PVC 1”.
- Válvula de bola PVC 1”.
- Aireadores
- Malla de 40 micras

5.5 PLAN DE MANEJO

5.5.1 Adecuación de instalaciones Para la realización del proyecto, se acondicionó una sección del laboratorio de producción de camarón, al que se realizó una desinfección con una solución de 100 gr de cloro granulado al 75 %, por 50L de agua de mar filtrada y tratada con cloro con el propósito de eliminar la mayor cantidad de organismos patógenos, se ubicaron 15 acuarios en vidrio de 4 mm de espesor con capacidad de 15 galones de agua dispuestos uno al lado del otro siguiendo el modelo de la estructura hasta completar las 15 unidades sobre una plataforma de madera cubierta con aceite quemado.

Figura 11. Elaboración de acuarios.



5.5.2 Instalación de acuarios. Una vez lista la plataforma se desinfectaron los acuarios con la solución descrita anteriormente y se dejó secar por un día al sol, posterior al secado de los acuarios se cortaron laminas de acrílico de 30 cm x 30 cm a las cuales con ayuda de un taladro se les hicieron unos orificios, a los que se le fijó una malla de 40 μm , este sistema se diseñó con el fin de evitar que las larvas pasen a la zona donde se ubicó la bomba sumergible (Figura 12). Finalmente se realizó una prueba al sistema con el propósito de regular el caudal de la bomba que permita mantener el agua en equilibrio dentro del acuario.

Figura 12. Diseño de acuarios



5.5.3 Biometría de la piangua. Con el propósito de conocer las características morfométricas externas e internas se aplicó la metodología de Galdámez Castillo *et al*⁵⁹ que consiste en medir la longitud total, altura, grosor (figura 13), peso total, peso concha, cierre de valvas, peso de la masa visceral, peso gónada, ancho total de la masa visceral, ancho gónada, coloración de la gónada, sexo y número de huevos (Cuadro 3).

⁵⁹ GALDÁMEZ CASTILLO *et al.*, Cendepesca/Mag (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura/Ministerio de Agricultura y Ganadería) y JICA (Japan International Cooperation Agency) Guía para la Producción de *Anadara* spp. 2006-2007 p. 83

Cuadro 3. Biometría de la piangua.

Pasos para realizar la biometría de la piangua

- 1 Frotar la punta posterior de la concha en un sustrato preferiblemente de concreto de tal manera que se facilite la inserción de algún objeto para cortar el musculo aductor posterior (figura 14)

 - 2 Abrir las valvas para corta el musculo aductor posterior de la concha y separar el manto de la parte anterior de las valvas (figura 15)

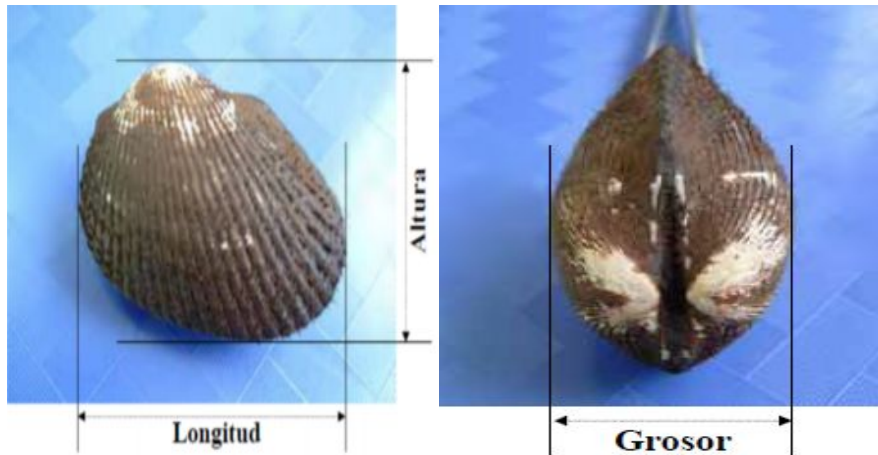
 - 3 Pesar la concha y la masa visceral, cortar completamente el musculo a lo largo de la línea lateral para medir y observar la gónada, anotando la coloración e identificar machos de hembras, medir el ancho total de la gónada longitudinal y transversalmente excluyendo el musculo o pie (figura 16)

 - 4 Tomar un miligramo de muestra de gónada con una aguja y colocar en un porta objeto, adicionar un mililitro de agua de mar cloro tratada, observar en el microscopio y contar los huevos de cada muestra (figura 17)
-

Fuente. Galdámez Castillo *et al* *ibid.*, p23⁶⁰

GALDÁMEZ CASTILLO *et al.*, Cendepesca/Mag (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura/Ministerio de Agricultura y Ganadería) y JICA (Japan International Cooperation Agency) Guía para la Producción de *Anadara* spp. 2006-2007 p. 83⁶⁰

Figura 13. Medición de ejemplares de *A. tuberculosa*.



Fuente. Galdámez Castillo *et al* *ibid.*, p23⁶¹

Figura 14. Corte del musculo aductor posterior.



Fuente. Galdámez Castillo *et al* *ibid.*, p23⁶².

GALDÁMEZ CASTILLO *et al.*, Cendepesca/Mag (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura/Ministerio de Agricultura y Ganadería) y JICA (Japan International Cooperation Agency) Guía para la Producción de *Anadara* spp. 2006-2007 p. 83⁶¹

⁶² Fuente. *Ibid.*, p. 48

Figura 15. Separación del manto y valvas.



Fuente. Ibíd., p. 23.

Figura 16. Medición de la gónada.

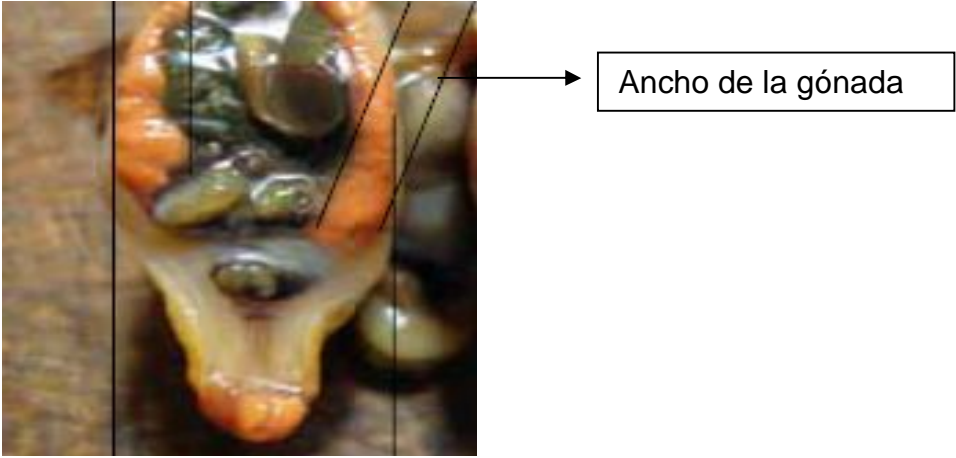


Figura 17. Izquierda toma de muestra para el conteo de ovas, derecha ovas vista al microscopio



5.5.4 Determinación sexual de los individuos. La determinación sexual se realizó con el sacrificio del 50 % de la población colectada, observando principalmente las gónadas de los individuos e identificando el sexo de acuerdo al color: donde la hembra presenta naranja intenso y el macho un crema blanquecino (Figura 18), una vez identificados hembras y machos se buscó una característica morfométrica como el abultamiento en el cierre de las valvas para las hembras y una leve planicie lateral en los machos (Figura 19) que facilitó la identificación de sexo sin sacrificar los individuos.

Figura 18. Derecha identificación de machos, Izquierda hembras de acuerdo al color de las gónadas.

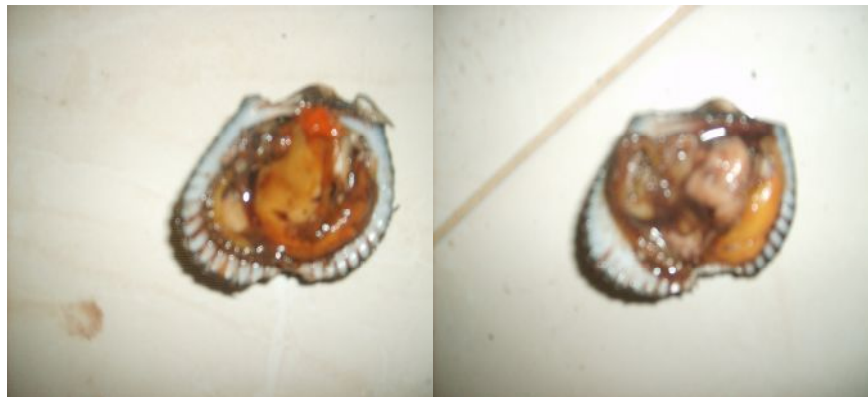
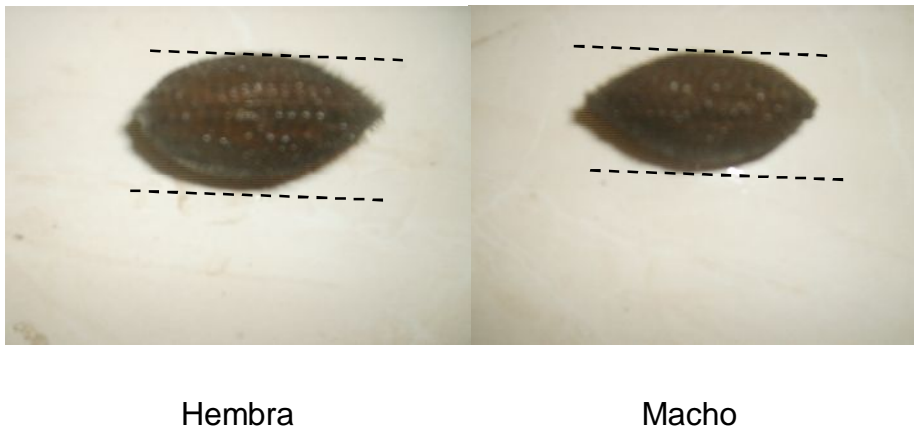


Figura 19. Selección de reproductores teniendo en cuenta características morfométricas de la valva.



5.5.5 Determinación del número de ovas. El número de ovas se determinó obteniendo el peso total, concha, masa visceral y por último el peso de la gónada; conseguidos esto se aplicó el método gravimétrico que consistió en extraer 1 mg de gónada, contar los huevos al microscopio y realizar una extrapolación a 1 g.

5.5.6 Medición y pesaje de reproductores. Una vez seleccionados machos y hembras, se pesaron y midieron los animales para realizar una distribución normal en cada uno de los acuarios. Los valores suministrados por las hembras en cuestión de peso y la talla oscilaron entre $56,29 \pm 18,10$ g y $51,18 \pm 16,45$ mm correspondientemente; conociendo estos datos se le realizó un análisis de Kruskal Wallis, donde la prueba demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los pesos y las tallas de *A. tuberculosa* Anexo (E-F), de este modo se pudo asegurar que los animales iniciaron en las mismas condiciones en cada uno de los tratamientos. (Figura 20-21).

Figura 20. Evaluación de peso de hembras de estudio (g) en los Tratamientos.

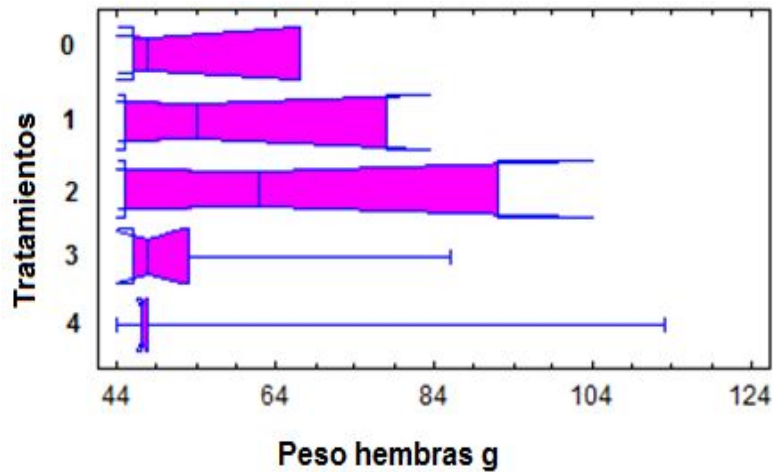
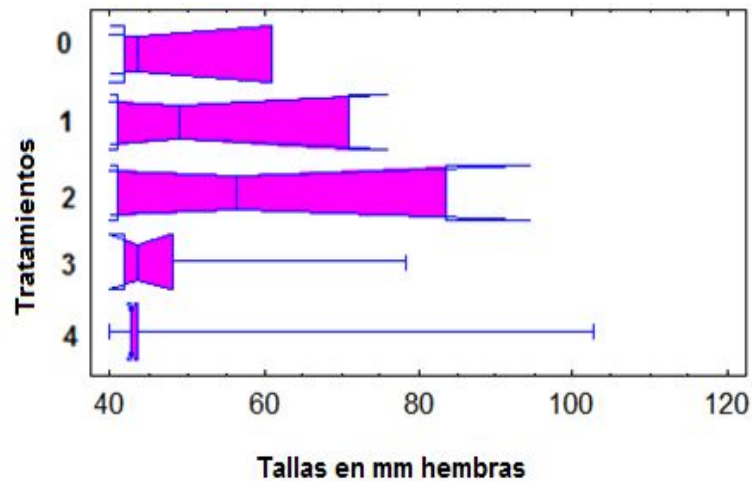
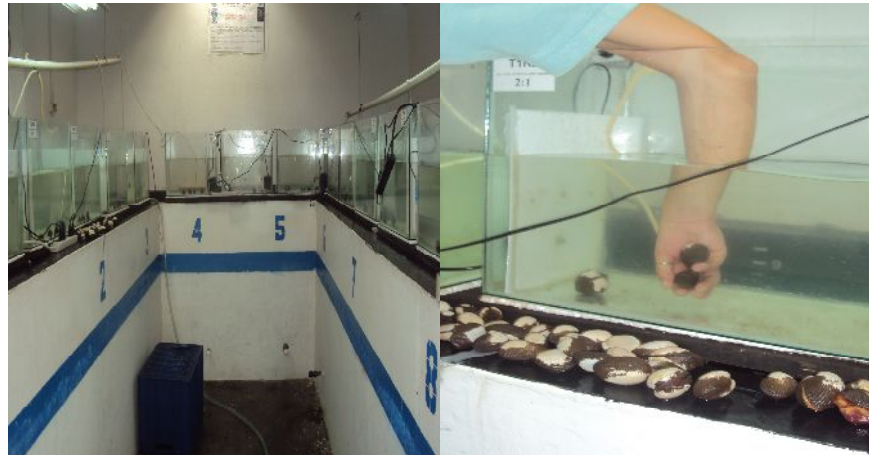


Figura 21. Evaluación de Tallas de hembras de estudio (mm) en los tratamientos.



5.5.7 Distribución de los tratamientos. Para asignar cada uno de los tratamientos, se usaron tarjetas marcadas con las relaciones numéricas macho-hembra de los animales, una vez listos los acuarios se ubicaron los individuos al azar previamente identificados en cada uno de los acuarios según la relación establecida (Figura 22).

Figura 22. Distribución de reproductores según el tratamiento



5.5.8 Periodo de adaptación. Los animales se sitiaron por 21 días en condiciones de confinamiento, donde se observó principalmente la aceptación del alimento suministrado y el comportamiento de los individuos (Figura 23).

Figura 23. Reproductores en el periodo de adaptación.



5.6 INDUCCIÓN A LA REPRODUCCIÓN.

La inducción se efectuó incrementando 5 °C por encima de la temperatura ambiente (28 °C) y 5 ppm por encima de la salinidad del agua del medio (28 ppm), el incremento de temperatura y salinidad se realizó cada once días aplicando 2 g de sal marina por litro de agua y adicionando agua caliente al acuario hasta

alcanzar la temperatura deseada, estos parámetros se lograron mantener por el entorno del laboratorio que era totalmente cerrado e impedía que afectaran los cambios climáticos. Con ayuda de una bomba sumergible se generó un movimiento al agua para facilitar la circulación del alimento y de esa forma simular sus condiciones naturales.

Para determinar la influencia de estos parámetros en los tratamientos se realizó un análisis de varianza (Anova), donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el método de inducción con una confiabilidad 95%. De este modo se puede afirmar que el incremento de estos parámetros se realizó de manera correcta para cada uno de los tratamientos (Anexo C-D), (Figuras 24-25).

Figura 24. Evaluación de Temperatura por tratamiento.

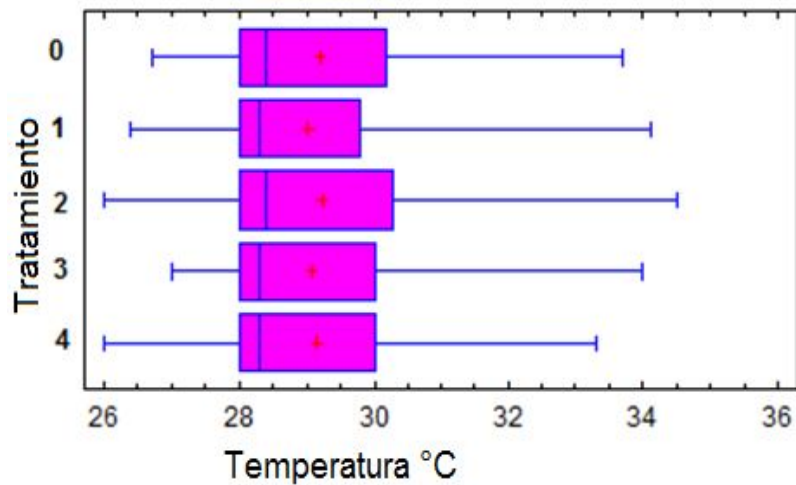
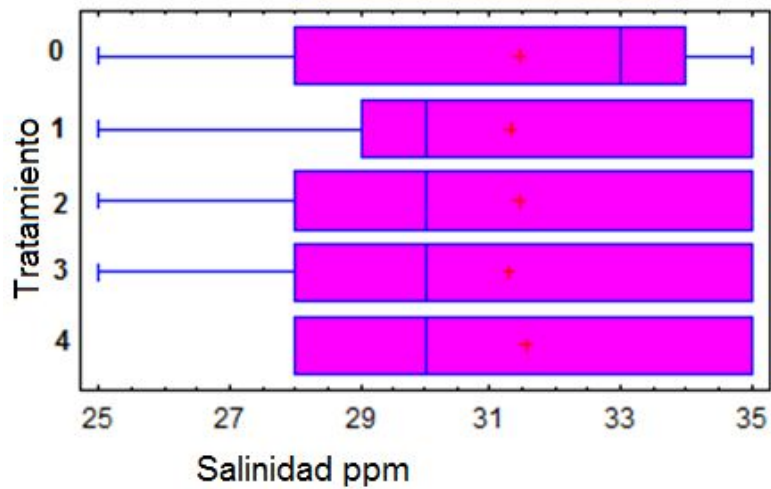


Figura 25. Evaluación de Salinidad por tratamiento.



5.6.1 Alimentación. Se suministro el alimento a los reproductores y larvas tres veces al día con un volumen de 700 ml de *C. gracilis* en cada acuario (Figura 30) con una concentración de 1'500.000 cel. /mililitro de agua.

Figura 26. Izquierda Cultivo de *Chaetoceros gracilis*, derecha conteo de algas en cámara neubauer.



5.6.2 Recambios de agua. Se efectuarón recambios de un 50% de agua de fondo cada ocho días después de la inducción si no se presentaban los desoves. En caso contrario, se realizarón cada 11 días tomando el agua superficial y de igual forma se reguló la temperatura y la salinidad a 28°C y 28 ppm respectivamente,

para no afectar de modo alguno al desove, dado que las larvas no resisten cambios bruscos de estos parámetros.

5.6.3 Medición de parámetros físico químicos.

- **Temperatura.** Se midió 3 veces al día con un termómetro a las 7 am, 2 y 6 pm; los datos obtenidos en el día se promediaron.
- **Salinidad.** Se evaluó con un refractómetro tres veces al día al igual que la temperatura.
- **pH y Oxígeno.** Se hizo el monitoreo con la ayuda de un multiparametro (YSI) a la misma hora que los demás parámetros promediando sus valores.

5.6.4 Conteo del número de ovas. Se hizo un sifóneo con una manguera de 5 mm de diámetro para retirar las ovas, se colocaron en un beaker de 100 ml, posteriormente se tomaron tres muestras de 1 ml, se llevó al microscopio y se extrapolo a 100 ml para identificar el número de huevos totales por desove (Figura 27).

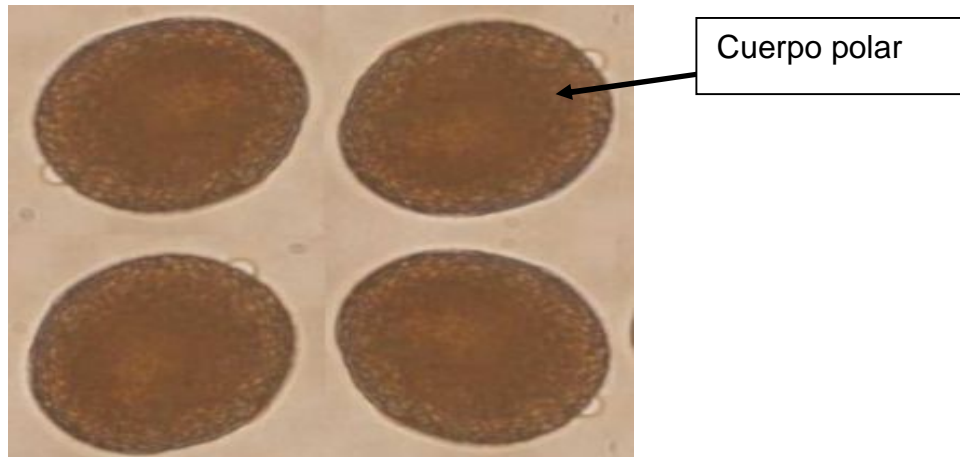
Figura 27. Desove de hembra *A. tuberculosa*



Desove de la hembra

5.6.5 Determinación de la fertilización Se llevó una muestra de huevos al microscopio evaluando la emisión de cuerpo polar para determinar su fertilización. (Figura 28).

Figura 28. Huevos fertilizados.



5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y tres replicas por tratamiento para un total de quince unidades experimentales, las unidades experimentales lo conformaban los acuarios con sus respectivas relaciones numéricas macho-hembra (Figura 20).

5.7.1 Tratamientos

- **T0** = Relación un macho – una hembra.
- **T1** = Relación dos machos – una hembra.
- **T2** = Relación tres machos – una hembra.
- **T3** = Relación dos hembras – un macho.
- **T4** = Relación tres hembras – un macho.

Figura 29. Asignación de tratamientos con sus respectivas replicas.



Con el fin de establecer la existencia de diferencias significativas se aplico un análisis de varianza para las variables que cumplieron con los supuestos estadísticos, en caso contrario se utilizó la prueba no paramétricas de Kruskal Wallis para evaluar las medianas, al encontrar diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (95%). El modelo matemático aplicado fue:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

\hat{Y}_{ij} = respuesta de la j - ésima unidad experimental que recibe al i - ésimo Tratamiento.

μ = media general

τ = Efecto de la i- ésimo tratamiento.

i = Tratamientos 0, 1, 2, 3, 4

j = Replicas 1, 2, 3

ε_{ij} = Error experimental asociado a la j – ésima unidad experimental sometida al i- ésimo tratamiento.

5.7.2 Hipótesis.

- **Hipótesis nula.** No existe diferencia significativa en los parámetros reproductivos evaluados en los tratamientos establecidos.

$$H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

- **Hipótesis alternativa.** Existe diferencia significativa al menos en uno de los parámetros reproductivos evaluados en los tratamientos.

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ siendo } i \neq j$$

5.8 VARIABLES A EVALUAR

5.8.1 Numero de ovas por hembra. Se determino contando el número de ovas de cada desove.

5.8.2 Tiempo de postura y eclosión. Se determinó mediante un seguimiento exhaustivo en cada uno de los tratamientos.

5.8.3 Tasa de fertilidad. Se determino teniendo en cuenta el número de ovas producidas y el número de ovas fertilizadas en cada uno de los desoves presentados.

$$\% \text{ fertilizacion} = \frac{\text{numero de Huevos fertilizados}}{\text{numero de Huevos por desove}} * 100$$

5.8.4 Sobrevivencia. Se estimo el número de días que sobrevivieron las larvas luego de la fertilización.

A las variables que se mencionan a continuación se realizó un análisis estadístico con una población de 100 individuos para observar características reproductivas.

5.8.5 Evaluación del estadio gonadal. Se realizó por medio del análisis a una muestra de los productos sexuales de los animales y se observo la coloración que presentaron.

5.8.6 Numero de ovas por gramo de hembra. Se evaluó por medio de una regresión lineal teniendo en cuenta el número de ovas presentes en un gramo de gónada por el peso de gónada (g) y el peso total del individuo, donde se generó la siguiente fórmula:

$$\text{numero de ovas/g hembra} = \frac{\text{numero de ovas (g) gonada} * \text{peso gonada (g)}}{\text{peso total (g)}}$$

5.8.7 Diferenciación sexual según cierre de valvas. Se evaluó por medio de observación de las características externas de la concha las cuales se corrieron en una prueba de tabulación cruzada seguida de un contraste de Chi-cuadrado para determinar la independencia o no de la concha y su género sexual. Por este motivo se plantearon las siguientes hipótesis.

Ho: El género sexual de la especie es independiente de la forma de la concha.

Hi: El género sexual de la especie depende de la forma de la concha.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

6.1 EVALUACIÓN DEL ESTADIO GONADAL

Se observaron 51 individuos identificados como hembras, de los cuales el 49% se encontraba en estadio II, el 47% en III y el 4% IV, en el caso de los machos, el 59% presentaron estadio II, el 33% I y el 8% III. El estado de madurez sexual se determinó teniendo en cuenta el color de las gónadas, (Cuadro 4 y 5).

Galdámez, Castillo et al.⁶³, afirman que la coloración gonadal es un criterio de maduración sexual, Borda y Cruz. 2004⁶⁴, mencionan una coloración similar a la presentada en esta investigación, sin embargo estos autores evalúan únicamente hasta dos estadios; e igualmente afirman que existe un valor de madurez de un 50% hasta un 60% para el estadio II presentado durante Diciembre y Enero, lo que indica que los individuos utilizados en esta investigación se encontraban en buen estado de madurez sexual debido a que presentaron una coloración naranja, naranja brillante para el caso de las hembras y crema en el caso de los machos, además los individuos fueron capturados en el mes de diciembre. (Ver Figura 8).

Cuadro 4. Evaluación del estadio gonadal para hembras.

Estadio	Coloración	Valor (%)
II	Naranja	49
III	Naranja brillante	47
IV	Naranja pálido	4

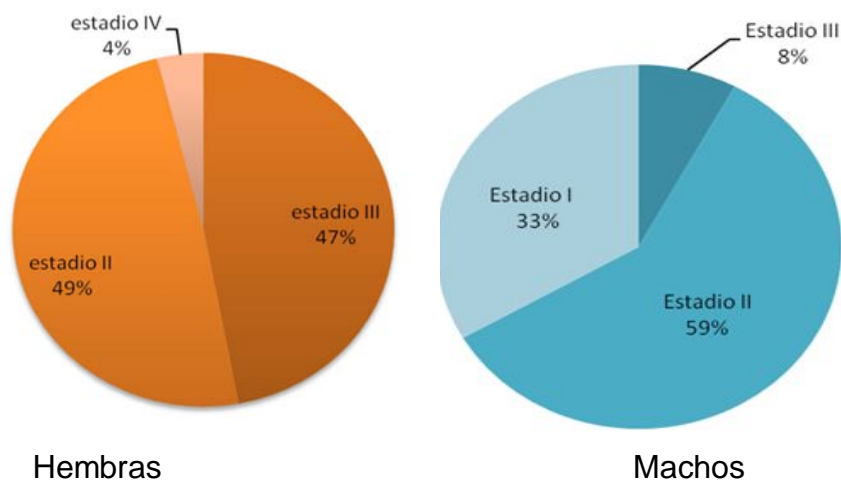
⁶³ GALDÁMEZ CASTILLO *et al.* Óp. cit. p 48

⁶⁴ BORDA y CRUZ Óp. cit. p 29

Cuadro 5. Evaluación del estadio gonadal para machos.

Estadio	Coloración	Valor (%)
II	Crema	59
I	Puntos negros	33
III	Crema brillante	8

Figura 30. Evaluación del estadio gonadal para hembras y machos.



6.2 NÚMERO DE OVAS POR GRAMO DE HEMBRA

Las gónadas de 102 hembras evaluadas presentaron en promedio de número de ovas por gramo de gónada de $1'143827 \pm 104611$; Aproximado a lo descrito por Mendoza y Peralta⁶⁵ quienes afirman que la piangua presenta un promedio de 1350000 huevos/g de gónada.

Aplicando la fórmula establecida para determinar el número de huevos por gramo de hembra, se encontró un valor promedio de 20130 ± 1841 . Con el propósito de establecer la relación que existe entre el peso de la hembra y el número de huevos se realizó una regresión lineal (Figura 31.), en la cual se muestran un P-Valor de 0,0000 que indica una relación directa entre el número de ovas (g de hembra) y el peso total con un R-cuadrado de 75,86%. Que indica la variabilidad explicada por el modelo Anexo (A). La evaluación anterior se realizó para determinar un punto de referencia que permite evaluar algunos parámetros reproductivos debido a que no existen estudios de *A. tuberculosa* que nos

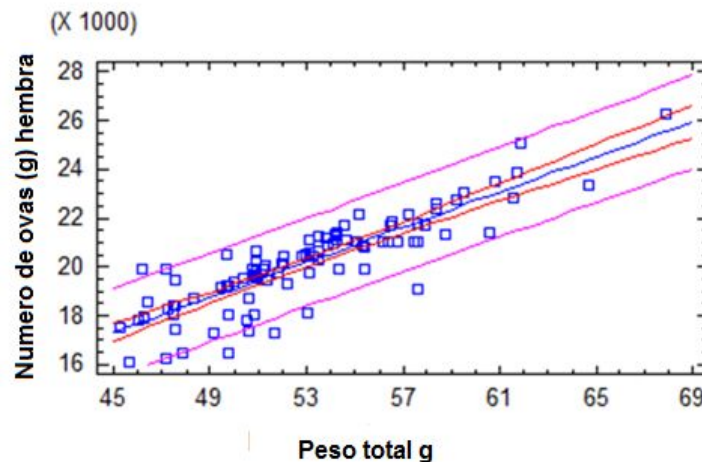
⁶⁵ MENDOZA NEYRA Oscar y PERALTA ORTIZ Tessy, resumen, Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833)

indiquen el número de ovas que se pueden obtener en una reproducción, con este modelo puede establecer el número de ovas a obtener en una reproducción teniendo en cuenta el peso de las hembras.

- **La ecuación del modelo ajustado es:**

$$\text{Numero de ovas g hembra} = 1140,13 + 359,376 \cdot \text{peso total g}$$

Figura 31. Número ovas hembra (g) por peso total de piangua (g)



6.3 DIFERENCIACIÓN SEXUAL SEGÚN CIERRE DE VALVAS

Se encontró una característica morfométrica que permite identificar el género sexual del individuo, la cual está relacionada con el cierre de valvas, para el caso de las hembras se caracterizan por presentar un leve abultamiento y para los machos una leve planicie (figura 32), este resultado es un avance muy importante porque permitirá establecer las relaciones numéricas con un grado de confianza estadística aceptable, lo que ayudara a realizar reproducciones mas organizadas y controladas con mayores posibilidades de éxitos, además cabe mencionar que diferentes autores Helm, Bourne, lavatelli 2006 han realizado este tipo de investigaciones reportando que es imposible distinguir a simple vista el sexo de cada individuo⁶⁶. Para comprobar la relación que existe entre el sexo y el cierre de valvas, se realizo una tabulación cruzada donde el 47.06% de los individuos evaluados fueron hembra y presentaron el leve abultamiento, mientras que el 31.37% fueron machos presentando una leve planicie; el restante estuvo distribuido entre indefinidos con 18.63%, hembras con características de planicie

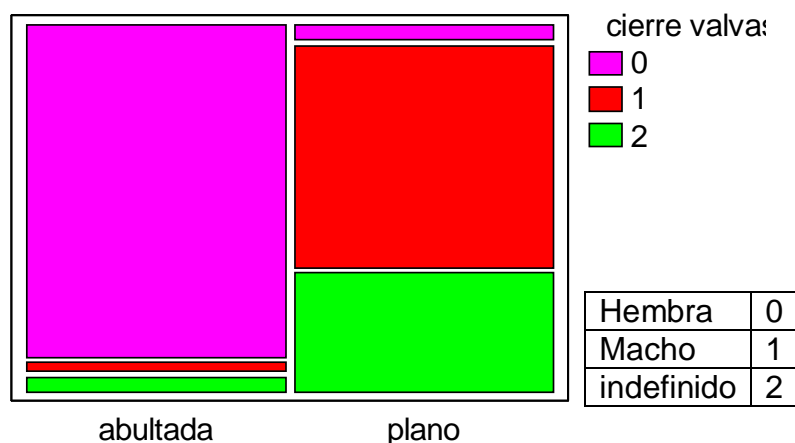
⁶⁶ HELM, M.M.; BOURNE, N.; LOVATELLI, A. Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 471. Roma, FAO. 2006. 184 pp.

1.96% y machos con abultamiento en las valvas 0,98% (Cuadro 6), además se aplico un Test chi-cuadrado anexo (B), el cual realiza un contraste de hipótesis para determinar si se rechaza o no la idea de que el género y la forma de la concha seleccionadas son independientes (Cuadro 6), dado que el p-valor es inferior a 0.01 Anexo (B), podemos rechazar la hipótesis de que el género y forma son independientes con un nivel de confianza del 99%. En consecuencia, el valor observado de diferenciación sexo para un caso particular tiene relación con su valor en cierre valvas.

Cuadro 6. Tabulación cruzada para diferenciación sexual según cierre de valvas

Genero	Forma		
	<i>ABULTADA</i>	<i>PLANO</i>	<i>TOTAL</i>
Hembras (0)	48 47,06%	2 1,96%	50 49,02%
Machos (1)	1 0,98%	32 31,37%	33 32,35%
Indefinidos (2)	2 1,96%	17 16,67%	19 18,63%
Columna	51	51	102
Total	50,00%	50,00%	100,00%

Figura 32. Mosaico para la diferenciación de Sexo según cierre de Valva



6.4 NÚMERO DE HUEVOS PRODUCIDOS

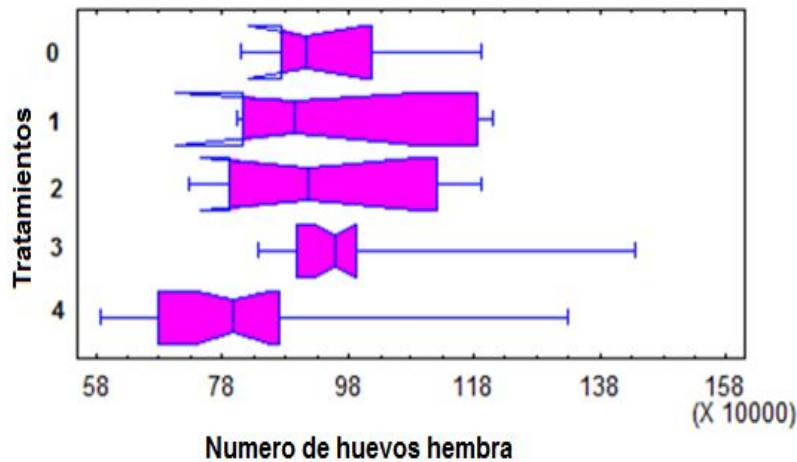
El número de huevos en promedio producidos para cada uno de los tratamientos se observa en el Cuadro.

Cuadro 7. Numero de huevos producidos para cada tratamiento.

Tratamientos	Numero de huevos		
T0	953782	±	135500
T1	968382	±	176775
T2	942378	±	172343
T3	1009230	±	182077
T4	810459	±	200214

La prueba estadística de Kruskal Wallis afirma que el p-valor es inferior a 0,05, indicando que hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95,0% (Anexo G) Para determinar las medianas significativamente diferentes entre sí observamos la (Figura 33) donde el mejor tratamiento fue el T3 1009230 ± 182077 seguido del T2 942378 ± 172343, T1 96838 ± 176775, T0 953782 ± 135500 y T4 810459 ± 200214.

Figura 33. Numero de huevos por tratamiento



6.5 TIEMPO DE POSTURA Y ECLOSIÓN

El tiempo de postura oscilo entre 3 y 4.5 semanas contadas desde el momento en que se inicia con la inducción, estos resultados se encuentran por debajo de los establecidos por Galdámez Castillo *et al*⁶⁷ quienes mencionan un tiempo de postura de 3 a 7 días, esto se debe posiblemente a que el método de inducción utilizado por Galdámez Castillo *et al*⁶⁸ fue más efectivo al aplicar 2 técnicas adicionales a las que se utilizaron en esta investigación, dichas técnicas consisten en adicionar productos sexuales en el medio y dejar las Pianguas sin agua cada 2.5 días lo que hace que los individuos tengan una reacción mucho más rápida. En el caso del tiempo de eclosión para todos los tratamientos oscilo entre 5-6 horas lo cual coincide con lo descrito por Cruz y Borda.⁶⁹, quienes afirman que después de ocurrir la fertilización externa del ovulo a las 2 horas inicia la división celular y a las 6 horas ocurre la eclosión donde desarrolla cilios y presenta movimiento en la columna de agua.

Los resultados obtenidos en esta investigación en cuanto al tiempo de eclosión se deben a que el método de inducción utilizado se realizó de manera homogénea entre los tratamientos de tal manera que los parámetros de temperatura y salinidad se mantuvieron estables durante esta investigación.

Con el objeto de establecer diferencias estadísticamente significativas se realizo la prueba de Kruskal Wallis donde se indica que el p-valor es superior o igual a 0,05 lo que dice que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas

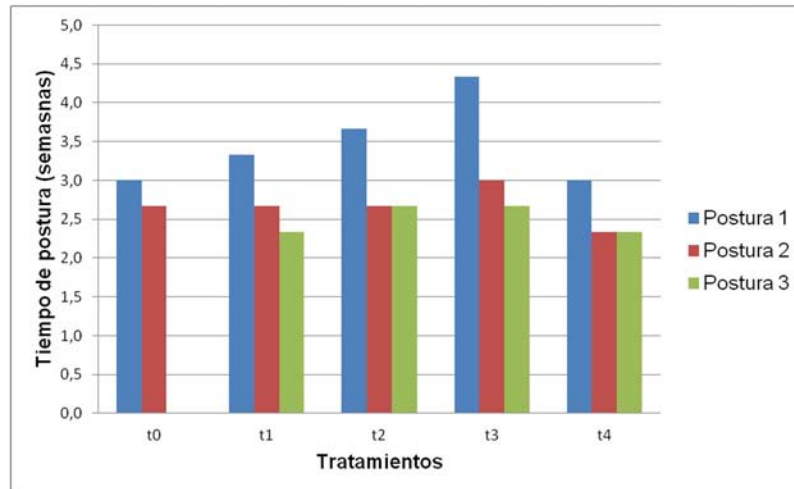
⁶⁷ GALDÁMEZ CASTILLO *et al.* Óp. cit. p 48

⁶⁸ GALDÁMEZ CASTILLO *et al.* Óp. cit. p 48

⁶⁹ BORDA y CRUZ Óp. cit. p 29

a un nivel de confianza del 95,0% entre los tratamientos para los tiempos de postura (Anexo H).

Figura 34. Tiempo de postura (Semanas) por tratamiento.



6.6 NÚMERO DE HUEVOS FERTILIZADOS

Diferentes autores como Cruz 1984⁷⁰, Ampie y Cruz (1989)⁷¹ han reportado una proporción sexual de 1:1 para esta especie y en general para otros Arcidos, por otro lado, Yankson, 1982⁷² menciona una proporción de reproducción más eficiente de 1 macho: 2 hembras para *A senilis*. Lo cual está de acuerdo con esta investigación donde el número de huevos fertilizados por hembra en este estudio se debe principalmente a las relaciones numéricas macho-hembra (figura 35), los tratamiento 1, 2 y 3 presentaron un numero de huevos fertilizados aproximadamente igual, pero al verlos como relaciones numéricas se observa que el tratamiento 3 presenta mejor rendimiento en cuanto a este parámetro por la presencia de dos hembras (ANEXO I), la especie presento un buen resultado debido a que se encuentra por encima del 50%; según estudios realizados en otros bivalvos como el ostión *Argopecten purpuratus*, según Botina Dilia 2007⁷³ el

⁷⁰ CRUZ, R. A. 1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Revista Biología Tropical 32 (1): 45-50.

⁷¹ AMPIE, C. L. y R. A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez sexual de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. Brenesia 31: 21-24.

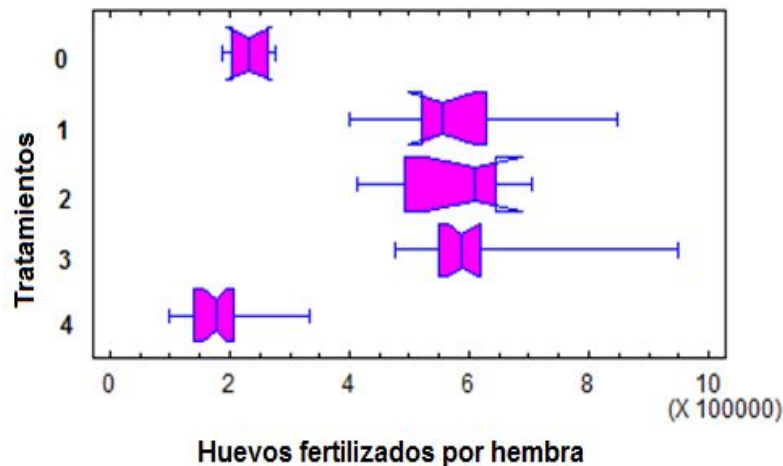
⁷² YANKSON, K. 1982. Gonad maturation and sexuality in the West African bloody cockle, *Anadara senilis* (L). Journal. Mollusc Studies 48: 294-300.

⁷³ BOTINA DILIA. Producción de semilla de algunas especies marinas en el centro costero de acuicultura e investigaciones marinas de la universidad católica del norte sede Coquimbo, IV región de Chile p46

porcentaje de fertilización debe estar por encima del 50% para tener éxito en la reproducción, lo que quiere decir que en esta investigación la especie presentó una fertilización adecuada.

La prueba estadística de Kruskal Wallis indica que el p-valor es inferior a 0,05, afirmando que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95,0% (ANEXO I).

Figura 35. Huevos fertilizados por hembra por tratamiento



6.7 SOBREVIVENCIA LARVAL

La sobrevivencia larval en este estudio se estimó teniendo en cuenta la presencia de las larvas en cada uno de los tratamientos, donde se alcanzó un periodo máximo 5,5 días (figura 36); lo cual supera lo descrito por Mendoza O y Peralta T⁷⁴ quienes alcanzaron una sobrevivencia larval de 48 horas, pero inferior a lo descrito por Galdámez, castillo *et al.*,⁷⁵ donde se logró llegar a la fase de fijación para la misma especie, la baja sobrevivencia en esta investigación se debe a que no se contó con el tipo de alimento adecuado para las larvas que pudieran satisfacer los requerimientos nutricionales de la especie debido a que fueron alimentadas únicamente con *Chaetoceros gracilis*, lo anterior es comprobado por Galdámez, Castillo *et al.*,⁷⁶ quienes afirman que para realizar este tipo de

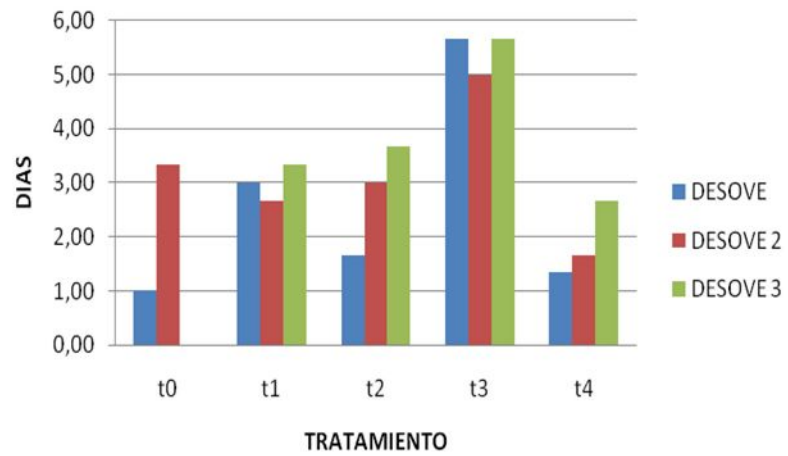
⁷⁴ MENDOZA O Y PERALTA T Reproducción inducida y obtención de semillas de *Anadara tuberculosa* (sowerby, 1833) en laboratorio. 2004

⁷⁵ GALDÁMEZ CASTILLO *et al.*, Cendepesca/Mag (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura/Ministerio de Agricultura y Ganadería) y JICA (Japan International Cooperation Agency) Guía para la Producción de *Anadara* spp. 2006-2007 p. 83

⁷⁶ *Ibid.*, p. 68

investigación en laboratorio se necesitan por lo mínimo de tres especies de algas como son: *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis*, *Nannochloropsis oculata* las cuales son de vital importancia para el desarrollo larval de esta especie.

Figura 36. Supervivencia larval por tratamiento



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

La reproducción de *Anadara tuberculosa* se puede realizar con diferentes relaciones numéricas macho hembra, tomándose como mejor en rendimiento la relación numérica 2 hembra 1 macho (T3).

La prueba de Kruskal Wallis estableció que el mejor tratamiento fue el T3 presentando mejor rendimiento en cuanto a fertilización de ovas por la presencia de dos hembras.

La fertilización es el parámetro reproductivo que diferencia las relaciones numéricas entre sí

El cierre de las valvas es una característica muy importante para la reproducción de esta especie, porque permite la identificación sexual de los individuos.

Para las variables de sobrevivencia larval, la prueba de Kruskal Wallis estableció que el mejor tratamiento fue el T3, alcanzando un tiempo máximo de 5,5 días.

La sobrevivencia larval en esta investigación fue baja debido a que no hubo presencia de especies de algas como *Isocrysis galbana* y *Nanocloropsis* las cuales son de vital importancia para el desarrollo larval de esta especie.

La temperatura y salinidad son los factores que más influyen en la maduración de esta especie, debido a que aceleran notablemente el proceso reproductivo.

7.2 RECOMENDACIONES

Es importante contar con un laboratorio de micro algas especializado para la obtención de *Chaetoceros gracilis*, *Isocrysis galbana* y *Nanocloropsis* que proporcione los requerimientos nutricionales necesarios para la especie.

Continuar investigaciones que permitan mejorar el proceso de reproducción, utilizando otros métodos de inducción y progresar en la larvicultura de la especies.

Identificar e implementar un protocolo que brinde unas buenas prácticas de manejo para la larvicultura de esta especie y esta manera obtener los mejores resultados en cuanto a sobrevivencia larval.

La especie *Anadara tuberculosa* es de vital importancia para el pacífico Colombia, y por su condición de especie vulnerable por lo tanto se requiere fortalecer en este

tipo de investigaciones con el propósito de lograr implementar programas de repoblamiento que permitan recuperar estas poblaciones de manera eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

ARDILA C., L. y CANTERA R. Diagnóstico de la pesca artesanal de moluscos en algunas regiones del Pacífico Colombiano. Chile, Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste, Viña del Mar, 1989. p. 397- 403.

ARDILA, N., NAVAS G R y REYES J O (eds.). 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

BAQUEIRO C E, MUCIÑO M & MERINO R. 1982. Análisis de una población de pata de mula *Anadara tuberculosa* sujeta a explotación intensiva en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Ciencia Pesquera 3: p 75-82.

BORDA CA y R CRUZ. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista Investigaciones Marinas 25: p185-195.

CRUZ, R. Algunos Aspectos de la Reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 1984. 32(1): p 45-50.

CRUZ - SOTO Ra & JIMÉNEZ Ja. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la costa pacífica de América Central, 1994. Editorial Fundación UNA, Heredia. p182.

FAO. 1981 Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. p 105

FLORES Ma. 1971. Contribución al conocimiento biológico de la 'Pata de mula' *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) Tesis de Biología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México DF, p 57.

GALDÁMEZ CASTILLO *et al.*, Cendepesca/Mag (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura/Ministerio de Agricultura y Ganadería) y JICA (Japan International Cooperation Agency) Guía para la Producción de *Anadara* spp. 2006-2007 p. 83

GALLO, C.C Y E. VARGAS, 1987, Determinación del aporte de materia orgánica del manglar en la ensenada de Tumaco. Centro control de contaminación del pacífico, p 13.

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA –INPA- (1996): Evaluación del potencial de semilla de Bivalvos comerciales en el Pacífico Colombiano. Colombia, Buenaventura, Informe Técnico Final, p 45.

IOFF, N.A. 1952. Curso de Embriología de los Invertebrados. Moscú, Editorial Mir, p 286.

KANG C K, MS PARK, PY LEE, WJ Chol & WH LEE. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and biochemical composition of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in suspended culture in two coastal bays of Korea. Journal of Shellfish Research. 2000. 19: p 771-778.

MACKIE G L. Bivalves. En: Tompa AS, NH Verdonk & J Van Der Biggelaar (eds), The Mollusca: Reproduction 7: 1984. Academic Press, New York .p351- 418

MUÑETÓN-GÓMEZ Ms *et al.* Contenido estomacal de *Spondylus leucacanthus* (Bivalvia: Spondylidae) y su relación con la temporada de reproducción y la abundancia de fitoplancton en Isla Danzante, Golfo de California. Revista de Biología Tropical 49: 2001 p. 581-590.

ORTIZ-ORDÓÑEZ E. Histología y ciclo gonádico de ejemplares macho de *Anadara (Anadara) tuberculosa* (Sowerby, 1833). Tesis de Biología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México DF, 1992. p32.

PÉREZ-MEDINA D. Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el Estero Santo Domingo, B.C.S., México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México, 2005. p70.

PONENCIA PRESENTADA EN SEMINARIO INTERNACIONAL: “Enfoques y Perspectivas de la Enseñanza del Desarrollo Rural” Maestría en Desarrollo Rural 25 Años. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Agosto 31 al 2 de Septiembre de 2005.

POUTIERS, J.M.1995. Bivalvos, en: Fischer W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y B. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro oriental. Vol I. Plantas e Invertebrados. FAO, Roma.

PUENTES G., V. Aspectos biológico pesqueros de la piangua *Anadara* spp. En el Parque Nacional Natural Sanquianga. Ministerio del Medio Ambiente, Unidad Administradora Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, Informe final, 1997. p43.

REYNOSO-GRANADOS, T., T. MONSALVO-SPENCER G. y M. ROBLES-MUNGARAY (2003): Efecto del sustrato y la temperatura en el asentamiento y metamorfosis de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) Disponible en internet: <google.com: Anadara tuberculosa> 4 KB. [citado 2001-07-03].

ROBLES-MUNGARAY M., T. REINMOSO-GRANADOS, P. MONSALVO-SPENCER Y P. OMART-CASTRO. Cultivo larvario de gamba de agua dulce (*Anadara tuberculosa*) en Baja California Sur, México [en línea]. [Citado 2001-07-03]. Disponible en internet: <google.com: Anadara tuberculosa> 4 KB.

ROMO-PIÑERA Ak. Ciclo reproductivo del ostión de mangle *Saccostrea palmula* (Carpenter, 1857), en Bahía Magdalena, Baja California Sur. Tesis de Maestría, CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México, 2005. p74.

SECTOR COSTERO DEL NORTE LIBRO ROJO DE INVERTEBRADOS MARINOS DE COLOMBIA. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia p 105.

SOWERBY, Cruz, R. & J. Jiménez. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la Costa Pacífica de América Central. Editorial Fundación UNA. 1833-1994. p 180.

VILLALEJO-FUERTE M, BP CEBALLOS-VÁZQUEZ & F GARCÍA- DOMÍNGUEZ. 1996a. Reproductive cycle of *Laevicardium elatum*, (Sowerby, 1883) (Bivalvia: Cardiidae) in Bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. Journal of Shellfish Research 15: p 741-745.

WORLD WRESTLING FEDERATION (WWF). 2005 Centro de Investigaciones Marinas.

Anexos

Anexo A. Análisis de la Varianza para el número de ovas por gramo de hembra

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	2,59726E8	1	2,59726E8	314,26	0,0000
Residuo	8,26456E7	100	826456,0		

Total

(Corregido.) 3,42371E8 101

Coefficiente de Correlación = 0,870981

R-cuadrado = 75,8608 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 75,6194 porcentaje

Error estándar de est. = 909,096

Error absoluto medio = 669,514

Estadístico de Durbin-Watson = 2,18805 (P=0,1724)

Autocorrelación residual en Lag 1 = -0,0977606

Anexo B. Tabulación cruzada y Contraste de Chi-cuadrado Diferenciación sexual según cierre de valvas.

	Abultada	plano	Fila Total
0	48 47,06%	2 1,96%	50 49,02%
1	1 0,98%	32 31,37%	33 32,35%
2	2 1,96%	17 16,67%	19 18,63%
Columna Total	51 50,00%	51 50,00%	102 100,00%

Contraste de Chi-cuadrado

Chi-cuadrado	GL	P-Valor
83,28	2	0,0000

Anexo C. Análisis de la Varianza para la variable Temperatura según Tratamiento

Fuente	Sumas de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Cociente-F
Entre grupos	9,9071	4	2,47678	0,80
Intra grupos	4706,23	1525	3,08605	
Total (Corregido.)	4716,14	1529		

Anexo D. Análisis de la Varianza para la variable Salinidad según Tratamiento.

Fuente Valor	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-
Entre grupos 0,7849	16,1712	4	4,04281	0,43	
Intra grupos	14241,1	1525	9,33843		
Total (Corregido.)	14257,3	1529			

Anexo E. Contraste de Kruskal-Wallis para peso hembras estudio gr según tratamiento

Tratamiento	Tamaño muestral	Rango Promedio
0	3	13,1667
1	3	14,0
2	3	15,0
3	6	12,75
4	9	10,7778

Estadístico = 1,09134 **P-valor = 0,895644**

Anexo F. Contraste de Kruskal-Wallis para tallas según tratamiento

Tratamiento	Tamaño muestral	Rango Promedio
0	3	13,1667
1	3	14,0
2	3	15,0
3	6	12,75
4	9	10,7778

Estadístico = 1,09134 P-valor = 0,895644

Anexo G. Contraste de Kruskal-Wallis para número huevos hembra según tratamientos

Tratamientos	Tamaño muestral	Rango Promedio
0	6	42,5
1	9	40,8889
2	9	39,1111
3	18	47,8889
4	27	21,4074

Estadístico = 21,8147 P-valor = 0,000218177

Anexo H. Contraste de Kruskal-Wallis Tiempo de postura (semanas) por Tratamiento.

TRATAMIENTO	Tamaño muestral	Rango Promedio
0	2	8,0
1	3	6,66667
2	3	8,33333
3	3	10,0
4	3	4,66667

Estadístico = 2,89227 P-valor = 0,576012

Anexo I. Contraste de Kruskal-Wallis para huevos fertilizados según tratamientos

Tratamientos	Tamaño muestral	Rango Promedio
0	6	25,5
1	9	50,3333
2	9	51,0
3	18	52,3333
4	27	15,1111

Estadístico = 52,2977 P-valor = 1,19521E-10

Anexo J. Contraste de Kruskal-Wallis para sobrevivencias días según tratamientos

Tratamientos	Tamaño muestral	Rango Promedio
1	3	4,5
2	3	8,5
3	3	8,33333
4	3	14,0
5	3	4,66667

Estadístico = 9,03904 P-valor = 0,0601311

abultada	naranja	Hembra	2
plano	naranja	Hembra	2
plano	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	naranja	Hembra	2
abultada	poco naranja	Hembra	4
abultada	poco naranja	Hembra	4

Anexo L. Cuadro Evaluación del estadio gonadal para Machos

cierre valvas	coloración	sexo	estadio
Plano	Beige	macho	3
Plano	Beige	macho	3
Plano	Beige	macho	3
Plano	Beige	macho	3
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Abultada	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Abultada	amarilla	indefinido	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	Beige	macho	2
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1

Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1
Plano	puntos negros	Indefinido	1

Anexo M. Cuadro de control de peso de los tratamientos.

CONTROL DE PESO												
REPLICAS	PESO INICIAL(g r)			PROMEDIO REPLICA	PROMEDIO TRATAMIENTO	PESO FINAL (gr)			PROMEDIO REPLICA	PROMEDIO TRATAMIENTO		
TRATAMIENTO 0												
T0R1	48	55		51,5	51,17	49	58		53,5	52,83		
T0R2	46	44		45		48	47		47,5			
T0R3	67	47		57		67	48		57,5			
TRATAMIENTO 1												
T1R1	45	46	44	45,0	50,6	45	47	44	45,33	51,56		
T1R2	78	47	49	58,0		80	49	49	59,33			
T1R3	54	46	46	48,7		55	48	47	50,00			
TRAMIENTO 2												
T2R1	62	51	56	47	54	63	51	59	47	55	53,08	
T2R2	92	47	45	46	57,5	92	48	40	47	56,75		
T2R3	45	44	47	49	46,25	46	46	48	45	47,5		
TRATAMIENTO 3												
T3R1	46	53	49	49,3	58,9	47	55	49	50,33	60,44		
T3R2	49	46	45	46,7		51	48	47	48,67			
T3R3	86	47	109	80,7		88	48	41	82,33			
TRATAMIENTO 4												
T4R1	48	47	113	49	64,25	50	49	40	5	65,75	54,58	
T4R2	44	48	47	45	46	47	49	0	7	48,25		
T4R3	47	48	45	42	48	49	47	4	4	49,75		

Anexo N. Cuadro control de talla de de los tratamientos

CONTROL DE TALLA												
REPLICAS	TALLA INICIAL(mm)				PROMEDIO REPLICA	PROMEDIO TRATAMIENTO	TALLA FINAL (mm)				PROMEDIO REPLICA	PROMEDIO TRATAMIENTO
TRATAMIENTO 0												
T0R 1	43,64	50			46,818	46,52	44,55	52,73			48,64	48,03
T0R 2	41,82	40			40,91		43,64	42,73			43,18	
T0R 3	60,91	42,73			51,82		60,91	43,64			52,27	
TRATAMIENTO 1												
T1R 1	40,91	41,82	40,00		40,9	46,0	40,91	42,73	40,00		41,21	46,87
T1R 2	70,91	42,73	44,55		52,7		72,73	44,55	44,55		53,94	
T1R 3	49,09	41,82	41,82		44,2		50	43,64	42,73		45,45	
TRAMIENTO 2												
T2R 1	56,36	46,36	50,91	42,73	49,09	47,80	57,27	46,36	53,64	42,73	50,00	48,26
T2R 2	83,64	42,73	40,91	41,82	52,27		83,64	43,64	36,36	42,73	51,59	
T2R 3	40,91	40	42,73	44,55	42,05		41,82	41,82	43,64	45,45	43,18	
TRATAMIENTO 3												
T3R 1	41,82	48,18	44,55		44,8	53,5	42,73	50	44,55		45,76	54,95
T3R 2	44,55	41,82	40,91		42,4		46,36	43,64	42,73		44,24	
T3R 3	78,18	42,73	99,09		73,3		80	43,64	100,91		74,85	
TRATAMIENTO 4												
T4R 1	43,64	42,73	102,73	44,55	58,41	47,95	45,45	44,55	103,64	45,45	59,77	49,62
T4R 2	40,00	43,64	42,73	40,91	41,82		42,73	44,55	45,45	42,73	43,86	
T4R 3	42,73	43,64	40,91	47,27	43,64		44,55	44,55	42,73	49,09	45,23	

Anexo O. Cuadros control de desoves.

PRIMER DESOVE						
Replicas	fechas desoves	tiempo desove(semána)	# de huevos/desove	# huevos fertilizados	%fertilización	sobrevivencia (días)
TRATAMIENTO 0						
T0R1	02-feb-11	3	923847	277154	30	1
T0R2	03-feb-11	3	873630	218408	25	1
T0R3	05-feb-11	3	1192830	262423	22	1
PROMEDIO		3,00	996769	252661	25,67	1,00
TRATAMIENTO 1						
T1R1	02-feb-11	3	812700	512001	63	3
T1R2	05-feb-11	3	1210000	847000	70	2
T1R3	07-feb-11	4	920380	625858	68	4
PROMEDIO		3,33	981027	661620	67	3
TRATAMIENTO 2						
T2R1	04-feb-11	3	938890	704168	75	2
T2R2	07-feb-11	4	1193000	644220	54	1
T2R3	08-feb-11	4	726340	435804	60	2
PROMEDIO		3,67	952743	594730,5	63	1,67
TRATAMIENTO 3						
T3R1	07-feb-11	4	2017373	1190250,07	59	6
T3R2	14-feb-11	5	1903470	1161116,7	61	5
T3R3	10-feb-11	4	2346063	1524940,95	65	6
PROMEDIO		4,33	2088968,667	1292102,573	61,67	5,67
TRATAMIENTO 4						
T4R1	04-feb-11	3	3005000	751250	25	1
T4R2	03-feb-11	3	2288663	686598,9	30	2
T4R3	05-feb-11	3	2260540	497318,8	22	1
PROMEDIO		3	2518068	645056	25,67	1,33

SEGUNDO DESOVE						
Replicas	FECHAS DESOVE	tiempo desove(semána)	# de huevos/desove	# huevos fertilizados	%fertilización	sobrevivencia (días)
TRATAMIENTO 0						
T0R1	06-mar-11	3	903763	244016,01	27	3
T0R2	04-mar-11	2	810101	186323,23	23	5
T0R3	07-mar-11	3	1018520	203704	20	2
PROMEDIO	05-mar-11	2,67	910795	211347,75	23,33	3,33
TRATAMIENTO 1						
T1R1	09-mar-11	3	810320	526708	65	3
T1R2	07-mar-11	3	1197300	814164	68	2
T1R3	05-mar-11	2	879000	553770	63	3
PROMEDIO	07-mar-11	2,67	962207	631547	65,33	2,67
TRATAMIENTO 2						
T2R1	04-mar-11	2	917340	697178	76	2
T2R2	07-mar-11	3	1120960	638947	57	4
T2R3	07-mar-11	3	789600	489552	62	3
PROMEDIO	06-mar-11	2,67	942633	608559,2	65	3
TRATAMIENTO 3						
T3R1	14-mar-11	3	1945635	1225750	63	6
T3R2	14-mar-11	3	1767377	1148795	65	5
T3R3	15-mar-11	3	2252708	1576896	70	4
PROMEDIO	14-mar-11	3	1988573	1317147	66	5
TRATAMIENTO 4						
T4R1	05-mar-11	2	3005000	601000	20	2
T4R2	09-mar-11	3	2288663	640826	28	1
T4R3	05-mar-11	2	2260540	519924	23	2
PROMEDIO	06-mar-11	2,33	2518068	587250	23,67	1,67
TERCER DESOVE						
replicas	FECHAS DESOVE	tiempo desove(semána)	# de huevos/desove	# huevos fertilizados	%fertilización	sobrevivencia (días)
TRATAMIENTO 0						

T0R1							
T0R2							
T0R3							
TRATAMIENTO 1							
T1R1	01-abr-11	2	802540	401270	50	3	
T1R2	04-abr-11	3	1185600	628368	53	4	
T1R3	02-abr-11	2	897600	520608	58	3	
PROMEDIO	02-abr-11	2,33	961913	516749	53,67	3,33	
TRATAMIENTO 2							
T2R1	01-abr-11	2	908376	608612	67	4	
T2R2	04-abr-11	3	1132000	543360	48	4	
T2R3	04-abr-11	3	754900	415195	55	3	
PROMEDIO	03-abr-11	2,67	931759	522389	56,67	3,67	
TRATAMIENTO 3							
T3R1	12-abr-11	3	1933250	1082620	56	6	
T3R2	06-abr-11	2	1720480	980674	57	6	
T3R3	12-abr-11	3	2279788	1390671	61	5	
PROMEDIO	10-abr-11	2,67	1977839	1151321	58,00	5,67	
TRATAMIENTO 4							
T4R1	05-mar-11	2	2886160	461786	16	3	
T4R2	09-mar-11	3	2151065	473234	22	2	
T4R3	05-mar-11	2	2133345	362669	17	3	
PROMEDI	06-mar-11	2,33	2390190	432563	18,33	2,67	

Anexo P. Cuadro control de tiempo de postura semana

tratamiento	promedio fecha	tiempo postura	tratamiento	promedio fecha	tiempo postura	tratamiento	promedio fecha	tiempo postura
t0	03-feb-11	3,0	t0	05-mar-11	2,67	t0		
t1	04-feb-11	3,3	t1	07-mar-11	2,67	t1	02-abr-11	2,33
t2	06-feb-11	3,7	t2	06-mar-11	2,67	t2	03-abr-11	2,67
t3	10-feb-11	4,3	t3	14-mar-11	3	t3	10-abr-11	2,67
t4	04-feb-11	3,0	t4	06-mar-11	2,33	t4	06-mar-11	2,33

