

EVALUACIÓN DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA (HCG) Y EL
EXTRACTO PITUITARIO DE CARPA (EPC) EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA
DEL CAPITAN *Eremophilus mutisii* (HUMBOLDT, 1805)
EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO

JORGE HERNANDO BENAVIDES CÁCERES
MARIA CAROLINA ORTEGA MARTINEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2005

EVALUACIÓN DE LA GONADOTROPINA CORIÓICA HUMANA (HCG) Y EL
EXTRACTO PITUITARIO DE CARPA (EPC) EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA
DEL CAPITAN *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805)
EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO

JORGE HERNANDO BENAVIDES CÁCERES
MARIA CAROLINA ORTEGA MARTINEZ

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

Presidente
Jorge Nelson López Macías
M.V.Z, M.Sc., Ph.D (C)

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2005

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanada del honorable concejo directivo de la Universidad de Nariño.

Notas de aceptación:

Dr. Jorge Nelson López Macías
Presidente de tesis

ING. Gloria Sandra Espinosa Narváez
Jurado delegado

ING. Jaime Edmundo Rodríguez
Jurado

San Juan de Pasto, 31 de Agosto de 2005

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Doctor Jorge Nelson López Macías. M.V.Z, M.Sc., Ph.D (C). Director Programa de Ingeniería En Producción Acuícola.

Gloria Sandra Espinosa Narvárez. Esp. Ingeniera En Producción Acuícola.

Jaime Edmundo Rodríguez. Ingeniero En Producción Acuícola. Profesor Universidad de Nariño.

Marco Antonio Imúes Figueroa. Zootecnista. Profesor Universidad de Nariño.

Armando Arroyo Osorio. Zootecnista. Profesor Universidad de Nariño.

Pedro Arteaga. Director estación piscícola Guairapungo.

Luís Arsenio Hidalgo. Profesor Universidad de Nariño.

Wilson Orlando Paz Rosero. Ingeniero En Producción Acuícola.

Programa de Ingeniería En Producción Acuícola.

Corporación Autónoma Regional De Nariño CORPONARIÑO.

DEDICATORIA

A mi hijo J6se Gabriel, quien me da la fuerza para hacer del ascenso mi camino, a mi madre por dedicarme su vida, a quienes posaron su mano sobre mi hombro, a quien tuvo una palabra consoladora, a quien sigui6 junto a m3, a quien supo esperar, a quien no olvid6, a quien se sent6 junto a mi a un lado del camino sin decir una palabra, a quien pudo perdonar, a mis amigos, los 6nicos, a la caricia esperada, a la vida y sus artima6as y a Dios y sus formas raras de hacernos saber que anda por ah3...

Jorge Hernando Benavides C6ceres

DEDICATORIA

A Dios acompañarme hasta este punto del camino, a mis Padres y hermanos que siempre me alientan a seguir adelante, a mi sobrina Ana Sofía que le ha dado un nuevo sentido a mi vida, y a todos mis familiares y amigos que me ayudaron incondicionalmente.

María Carolina Ortega Martínez.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	21
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 GENERAL	23
3.2 ESPECIFICOS	23
4. MARCO TEORICO	24
4.1 GENERALIDADES DEL CAPITÁN (<i>E. mutisii</i> . Humboldt, 1805)	24
4.2 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	25
4.2.1 Clasificación taxonómica	25
4.2.2 Características morfológicas	26
4.2.3 Características fisiológicas	26
4.2.4 Ecología básica	26
4.2.5 Distribución	27
4.3 FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA	27
4.3.1 Control Neuroendocrino de la gametogénesis	27
4.3.2 Aparato reproductor	29

4.3.2.1 Gónadas	29
4.3.2.2 Ovarios	30
4.3.2.3 Testículos	32
4.4 MANIPULACION DE LA REPRODUCCION MEDIANTE TRATAMIENTO HORMONAL	33
4.4.1 Hipofisación	34
4.4.2 Inyección de sustancias con actividad Gonadotropa	34
4.4.3 Inyección de análogos de hormonas liberadoras	34
4. 5 BIOPSIA OVÁRICA	35
4.6 EVALUACIÓN DEL FLUIDO ESPERMÁTICO	35
4.6.1 Examen macroscópico del fluido espermático	36
4.7 DESOVE, DESARROLLO EMBRIONARIO E INCUBACION DE LOS HUEVOS	37
4.7.1 Desarrollo de las larvas de peces	37
4.8 LA CALIDAD FISICO QUIMICA DEL AGUA	39
5. DISEÑO METODOLOGICO	42
5.1 LOCALIZACIÓN	42
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	43
5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS	43
5.3.1 Materiales, insumos y equipos	44
5.4 PLAN DE MANEJO	44
5.4.1 Adecuación de Instalaciones	44
5.4.2 Captura de ejemplares	46

5.4.3 Transporte de ejemplares	46
5.4.4 Alimentación	46
5.4.5 Profilaxis	46
5.5 CONDICIONES DE LA EVALUACION REPRODUCTIVA	46
5.5.1 Selección de los ejemplares	46
5.5.2 Determinación de pesos y longitudes	47
5.5.3 Evaluación gonadal	47
5.5.4 Aplicación de las dosis hormonales	48
5.5.5 Desove	49
5.5.6 Extracción del fluido espermático	49
5.5.7 Fertilización	49
5.5.8 Incubación	50
565 EVALUACIÓN DEL FLUIDO ESPERMATICO	52
5.7 PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA	52
5.8 TRATAMIENTOS	52
5.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	54
5.9.1 Formulación de hipótesis	55
5.10 VARIABLES EVALUADAS	55
5.10.1 Peso y longitud corporal	55
5.10.2 Tiempo de desove	56
5.10.3 Número de oocitos por kilogramo	56
5.10.4 Porcentaje de fertilización	56

5.10.5 Porcentaje de eclosión	56
5.10.6 Volumen del fluido espermático	56
5.10.7 Motilidad espermática	56
5.10.8 Densidad espermática	56
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
6.1 EVALUACIÓN GONADAL	57
6.1.1 Ovarios	57
6.1.2 Análisis histomorfológico de ovarios	57
6.1.3 Testículos	59
6.1.4 Análisis histomorfológico de testículos	60
6.2 EVALUACIÓN DEL FLUIDO ESPERMÁTICO	60
6.2.1 Características físicas	60
6.2.1.1 Color	60
6.2.1.2 Volumen	61
6.2.2 Características microscópicas	62
6.2.2.1 Motilidad espermática	62
6.3 DETERMINACIÓN DE PESOS Y LONGITUDES	62
6.4 VARIABLES EVALUADAS EN TRATAMIENTOS	64
6.4.1 Tiempo de desove	64
6.4.2 Numero de oocitos	65
6.4.3 Porcentaje de fertilización	66
6.4.4 Porcentaje de eclosión	67
6.5 DESCRIPCIÓN DE LAS OVAS	69

6.6 TIEMPO DE INCUBACIÓN	69
7. ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DEL AGUA DEL SECTOR DE CAPTURA	71
7.1 Amonio	71
7.2 Oxigeno disuelto	72
7.3 pH	73
7.4 Temperatura	73
7.5 Coliformes fecales	74
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
8.1 CONCLUSIONES	75
8.2 RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFIA	77
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Dosis de iniciación y refuerzo en la inducción a la reproducción de capitán de la sabana <i>E. mutisii</i> .	53
Tabla 2 Registro de promedios de peso, longitud estándar y longitud total de los ejemplares evaluados.	62
Tabla 3 Valores descriptivos para el tiempo de desove	64
Tabla 4 Tiempo de desove de <i>E. mutisii</i> y otras especies ícticas	65
Tabla 5 Valores descriptivos para el número de oocitos	65
Tabla 6 Comparación del porcentaje de fertilización en <i>E. mutisii</i> y otras especies ícticas	66
Tabla 7 Valores descriptivos para el porcentaje de fertilización	67
Tabla 8 Comparación del porcentaje de fertilización en <i>E. mutisii</i> y otras especies ícticas	67
Tabla 9 Valores descriptivos para el porcentaje de eclosión	68
Tabla 10 Comparación del porcentaje de eclosión en <i>E. mutisii</i> y otras especies ícticas	68

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Capitán de la sabana <i>E. mutisii</i>	25
Figura 2	Acción de las glándulas endocrinas	28
Figura 3	Formación de oocitos	29
Figura 4	Esquema de un oocito en desarrollo	31
Figura 5	Fases del desarrollo embrionario	38
Figura 6	Esquema de una larva	39
Figura 7	Estación piscícola Guairapungo	42
Figura 8	Piletas de cemento	43
Figura 9	Estanque revestido en cemento	45
Figura 10	Estanque excavado	45
Figura 11	Abultamiento abdominal de un ejemplar hembra de <i>E. mutisii</i>	47
Figura 12	Inducción hormonal	49
Figura 13	Desove por masaje abdominal	50
Figura 14	Extracción del fluido espermático	50
Figura 15	Fertilización en seco e hidratación	51
Figura 16	Introducción de ovas fertilizadas en las incubadoras	51
Figura 17	Incubadoras experimentales tipo Funil	52
Figura 18	Ovarios de <i>E. mutisii</i>	57

Figura 19	Sección anterior del ovario. (40x)	58
Figura 20	Sección media del ovario. (40x)	58
Figura 21	Sección posterior del ovario. (100x)	59
Figura 22	Testículos de <i>E. mutisii</i>	59
Figura 23	Sección posterior del testículo. (40x)	60
Figura 24	Aspecto físico del fluido espermático	61
Figura 25	Volumen del fluido seminal obtenido	61
Figura 26	Modelo de regresión entre las variables peso y longitud total	63
Figura 27	Modelo de regresión entre las variables peso y longitud estándar	63
Figura 28	Capa gelatinosa envolvente	69
Figura 29	Embriones durante la hora 60 de incubación	70
Figura 30	Larva recién eclosionada	71
Figura 31	Curva de amonio determinado en el sector de captura Nov - Abr 2004 – 2005	72
Figura 32	Curva de parámetros físicos, químicos y microbiológicos determinados en el sector de captura en el periodo Nov – Abr 2004 - 2005	73

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A Características físicas y microscópicas del fluido seminal obtenido	83
Anexo B Registro de pesos y longitudes de las hembras de <i>E. mutisii</i>	84
Anexo C Registro de pesos y longitudes de los machos de <i>E. mutisii</i>	85
Anexo D Análisis de varianza para el peso de las hembras	86
Anexo E Análisis de correlación múltiple para el peso y longitud	87
Anexo F Tiempo de desove, nº de oocitos, % de fertilización y % eclosión	88
Anexo G Análisis de varianza para el tiempo de desove	89
Anexo H Análisis de covarianza para el Número de Oocitos	90
Anexo I Análisis de varianza para el porcentaje de fertilización	91
Anexo J Análisis de varianza para el porcentaje de eclosión	92
Anexo K Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del sector de captura	93

GLOSARIO

DIMORFISMO SEXUAL: Conjunto de los caracteres que permiten distinguir el macho y la hembra pertenecientes a una misma especie.

ECLOSIÓN: Salida del huevo mediante el rompimiento del corion.

ENDÉMICO: Referente al área geográfica en la que habita una especie.

GÓNADAS: Órganos en los que tiene lugar la evolución de las células reproductoras, productores de gametos y hormonas sexuales.

GONADOTROPINACORIONICA HUMANA: Sigla GCH, Hormona próxima a las estimulinas hipofisarias secretada por la placenta y el endometrio de los mamíferos después de la fecundación. Estimula las células intersticiales de los ovarios y prolonga la actividad del cuerpo progestivo hasta que la placenta este en condiciones de suplir su función.

HORMONA: Sustancia orgánica producida en baja concentración por un tejido glandular y que, después de su transporte por el medio interno, actúa sobre otro órgano alejado desencadenando en el receptor una serie de actividades específicas.

ÍCTICO: Referente al estudio de los peces.

INCUBADORA TIPO FUNIL: Aparato en forma de embudo con flujo vertical ascendente de agua donde los oocitos fertilizados están en condiciones de temperatura y protección favorable a la continuidad de la embriogénesis.

OVOPOSICIÓN: Acto de poner huevos.

OVULACIÓN: Proceso de liberación de los oocitos en la cavidad ovárica.

RESUMEN

Este trabajo evaluó un diseño irrestrictamente al azar distribuido en tres tratamientos con cinco replicas cada uno. El T₁ estuvo constituido por extracto pituitario liofilizado de carpa (EPC) en dosis de 7mg/kg de peso vivo. El T₂ conformado por Gonadotropina coriónica humana (HCG) en dosis de 8UI/g de peso, y el T₃ evaluó una dosis inicial de 1.4 mg/k de EPC y una dosis de refuerzo de 5.6UI/g de HCG. Se produjeron desoves por extracción manual para todos los tratamientos entre las 15 y las 17 horas después de la segunda aplicación, las ovas presentaron un periodo de incubación promedio para los distintos tratamientos de 800 a 900 grados - hora. La dosis de 7 mg/kg de EPC registró los mejores efectos con relación al tiempo de desove y porcentaje de eclosión. Sin embargo, el tipo de hormona no influyó en el número de oocitos producidos ni en el porcentaje de fertilización. En cuanto a los machos se logro extracción manual de fluido seminal con una dosis única de 1 UI / g de HCG obteniéndose un volumen promedio de 36.6 ml por kg de peso vivo.

La investigación también demostró por medio de los análisis histomorfologicos de gónadas que el capitán *E. mutisii* es una especie con maduración ovárica de tipo asincrónico debido a que durante el periodo reproductivo los ovarios poseen folículos en todos los estados de desarrollo, siendo esta una característica predominante en las especies de la familia *Trichomycteridae*.

ABSTRACT

This work used a completely randomized design made up by three treatments with five replications each one. The treatment 1 made up by extract pituitary (EPC) in dose of 7 mg/kg. The treatment 2 evaluated human gonadotropic (HCG) in dose of 8 UI/g, and a third constituted by an initial dose of 1.4 mg/kg and a dose of reinforcement of 5.6 UI/g. The spawning time in the different for all treatments occurred between 15 and 17 hours after the second dose. The egg reported an incubation time of 800 to 900 degree - hour. The application of 7 mg/kg of EPC registered the best effects in relation to the spawning time and eclosion rate. However the type of hormone did not influence the number of eggs, released neither the fertilization rate. You achieves manual extraction of seminal fluid with an unique dose of 1 UI/g being obtained a volume average of 3.12 ml. As for as the males were evaluated, it was found that was possible to collect semen through abdominal manual massage and the average amount of semen for fish was of 3.12 ml (36.3 ml/kg) of weight.

The investigation also demonstrated that *E. mutisii* is a species with ovarian maturation in an asynchronous way because during its reproductive stage, the ovaries possess follicles in all maturation stages, being this a predominant characteristic in the species of the *Trichomycteridae* family.

INTRODUCCIÓN

Según López y Rubio¹, los recursos hidrobiológicos nativos de Colombia han disminuido en los últimos años en las distintas cuencas hidrográficas del país debido a la deforestación, la contaminación orgánica e industrial de las fuentes de agua, la explotación indiscriminada del recurso, la pesca ilícita, la destrucción del hábitat y la presencia de especies ícticas introducidas o trasplantadas. Estos factores afectan negativamente la continuidad de las especies nativas las cuales aún en la actualidad son desconocidas en la mayoría de sus aspectos bioecológicos.

El capitán o barbudo *E. mutisii* es una especie íctica endémica de los valles de altiplano formados entre las cordilleras central y oriental del país, la cual ha sufrido el rigor no solo de las condiciones señaladas anteriormente, sino también se ha visto diezmada drásticamente en sus poblaciones naturales a causa de la introducción de especies foráneas como la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, lo cual es aún mas grave si se considera que existen pocos estudios sobre su fisiología, nutrición, crecimiento, características reproductivas, procesos de adaptación y comportamiento en diversas condiciones naturales y de confinamiento.

El método mas utilizado para lograr la propagación de especies ícticas en cautiverio es la inducción con hormonas, en la actualidad los protocolos de reproducción inducida de especies nativas como cachamas, bocachicos y algunos silúridos se han estandarizado después de un largo proceso de estudio e investigación. Las experiencias y protocolos establecidos, pueden aplicarse a la investigación de especies vulnerables como el capitán *E. mutisii*.

Por lo anteriormente expuesto en la presente investigación se propuso evaluar el efecto de hormonas naturales como el extracto pituitario de Carpa (EPC) y la gonadotropina coriónica humana (HCG), sobre la maduración gonadal, producción de óvulos y de líquido seminal en ejemplares adultos de capitán *E. mutisii* mantenidos en confinamiento.

¹ LÓPEZ, J y RUBIO, E. Vulnerabilidad de especies ícticas nativas con relación a especies ícticas introducidas en la cuenca alta del río Cauca. En: Revista científica de la facultad de ciencias pecuarias. Pasto. Vol. 4, N°. 7. Universidad de Nariño, 2001; p 10,11.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

Los estudios realizados hasta el momento en el capitán *E. mutisii* se han limitado a descripciones morfométricas y merísticas, mediante muestreos realizados en diferentes regímenes climáticos tendientes a resolver discusiones taxonómicas, pero no se han implementado estudios con el propósito de establecer la ecología básica reproductiva de esta especie, desde el punto de vista de la maduración gonadal y su respuesta a inductores que permitan establecer un paquete tecnológico tendiente a producir larvas y alevinos con fines acuícolas y de conservación.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuales son los efectos del extracto pituitario liofilizado de carpa (EPC) y la gonadotropina coriónica humana (HCG) en la reproducción inducida del capitán *E. mutisii*, en condiciones de cautiverio?

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar la gonadotropina coriónica humana (HCG) y el extracto pituitario de carpa (EPC) en la reproducción inducida del capitán *E. mutisii* en condiciones de cautiverio.

3.2 ESPECÍFICOS

Determinar los valores promedio de longitud estándar, longitud total y peso de los ejemplares sexualmente maduros.

Establecer el número promedio de óvulos producidos y el tiempo de desove.

Cuantificar el tiempo de incubación de los huevos en términos de grados - hora.

Calcular el porcentaje de fertilización en cada tratamiento.

Determinar la motilidad y el volumen del fluido espermático obtenido.

Monitorear las condiciones físico - químicas y microbiológicas del agua en el sector de captura.

4. MARCO TEORICO

4.1 GENERALIDADES DEL CAPITAN (*E. mutisii*. Humboldt 1805)

Según Dalh², el capitán pertenece a la familia *Trichomycteridae* que se caracteriza por peces pequeños que generalmente habitan en aguas poco correntosas. Los ejemplares no son lo bastante numerosos para tener importancia económica, aunque algunas especies ocasionalmente se utilizan como alimento humano.

Según Daniel³, el capitán fue descrito y clasificado originalmente por Humboldt en 1805, y hasta hace solo unos pocos años ocupaba una región delimitada de la zona andina centro oriental del país (Altiplanicie de la Sabana de Bogotá, Ubaté y Valle de Tundaxna en Boyacá) Bautizado por él mismo como genero y especie nuevos, su nombre genérico significa “Amante de la Soledad” y su nombre específico fue designado en honor de Don José Celestino Mutis, amigo y colega de Humboldt, en esa época director y fundador del observatorio astronómico de Bogotá, y de la real expedición botánica del Nuevo Reino de Granada. Humboldt anotaba en la descripción original que su denominación de Amante de la soledad hacia referencia a su solitaria presencia en un sector semidesértico de las altas montañas andinas, a una altura donde el aislamiento geográfico y el rigor de las bajas temperaturas solo permitían la existencia contada de vertebrados acuáticos.

El mismo autor afirma que desde el punto de vista histórico regional el Capitán es una de las especies autóctonas más interesantes, pescado desde la prehistoria por las tribus Chibchas con anzuelos de Tuna, y muy abundante en los riachuelos como lagunas y quebradas de clima frío en la región Andina Oriental, su pesca artesanal con redes manuales constituyó una modesta industria en los ríos Funza, Frío y Bogotá hasta la década de 1930.

² DAHL, George. Los peces del norte de Colombia. Bogotá: Comité editorial. Alfredo Acero, Jorge Hernández. Plutarco cala, 1971. p. 50 - 55.

³ DANIEL, H. Sinopsis de Biología. Medellín: Bedout, 1965. 327. p.

4.2 BIOLOGIA DE LA ESPECIE

4.2.1 Clasificación taxonómica: La clasificación taxonómica del capitán (*E. mutisii* Humbolt 1805) (Figura 1) realizada por (Quoy y Gaimard, 1824) citados por Fishbase, es:

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Pisces
Clase:	Ostiechthyes o Teleostomi
Subclase	Actinopterygii
Superorden:	Teleostóica
Orden:	Osteriophysida
Suborden:	Nematognathina
Familia:	Trichomycteridae.
Género:	<i>Eremophilus</i>
Especie:	<i>mutisii</i>
Nombre vulgar:	Capitán - Barbudo. ⁴

Figura 1. Capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*)



⁴*Eremophilus mutisii*, FISHBASE (online) (Citado el 8 Feb., 2004). Available from Internet : URL: www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm?ID=10409&genusname=Eremophilus&speciesname=mutisii

4.2.2 Características morfológicas Según Hernández y Sotto⁵, el capitán presenta un cuerpo cilíndrico en la mayor parte de su longitud dividido en cabeza, cuerpo y cola; La cabeza es aplanada dorso – Ventralmente; su piel es lisa y sin escamas, provista de glándulas mucíparas que secretan una sustancia viscosa y transparente que actúa como medio defensivo contra las enfermedades; con un par de aletas pectorales situadas en la parte ventral y tres aletas impares, dorsal, anal y caudal. Posee cromatóforos en la parte superior de la dermis que le comunican una pigmentación que varía dentro de los tonos verdoso y amarillento. El color negro se debe a la presencia de melanóforos que aparecen más condensados en la cabeza y la aleta caudal.

Según Rodríguez y Calderón⁶, el opérculo está constituido por un hueso laminar cuya región superior externa presenta terminaciones agudas que utilizan para excavar y desplazarse en el lodo y la arena; lo mismo que para la defensa.

4.2.3 Características fisiológicas Según los mismos autores en el aparato digestivo las cavidades oral y faríngea están bien delimitadas. La faringe está perforada lateralmente por dos hendiduras branquiales. Los dientes se presentan como filamentos blandos, cortos y perceptibles al tacto. El esófago y la cavidad estomacal se continúan indiferencialmente; aunque esta última se hace notoria por la dilatación de la región fúndica. El intestino comprende cerca del 65% de la longitud total del tracto digestivo, considerándose corto.

4.2.4 Ecología básica Según Dahl⁷, el capitán es la especie más grande de la familia *Trichomycteridae* ya que alcanza longitudes hasta de 50 cms; posee hábitos bentónicos y regímenes omnívoros tendientes a carnívoros; soporta condiciones extremas en medios contaminados, donde el contenido de oxígeno disuelto es escaso.

⁵ HERNANDEZ, J y SOTTO, G. Desarrollo de un policultivo de Trucha Arco iris (*O. mykiss*) y capitán de la sabana (*E. mutisii*) a diferentes densidades de siembra utilizando un concentrado comercial. Pasto, 1993. P 13. Tesis de Acuicultura. Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de Acuicultura.

⁶ RODRIGUEZ, Ruby y CALDERON Jesús. Estudio de algunos parámetros anatomo- fisiológicos para la determinación del potencial piscícola del capitán de la sabana (*E. mutisii*) del lago Guamúz. Pasto 1983. P. 21, 22. Tesis de acuicultura. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

⁷ DAHL, George. Op Cit., 71.p.

De acuerdo con Rodríguez y Calderón⁸, el capitán presenta dos picos reproductivos anuales entre los meses de Mayo - junio y octubre - noviembre, cuando el periodo lluvioso se hace presente.

4.2.5 Distribución Según Daniel⁹, en los últimos años se ha verificado la presencia de esta especie en las lagunas de Tota (Boyacá) y el lago Guamúes (Nariño). Se halla también en las lagunas de Fuquene, Suesca, y embalse del Neusa.

4.3 FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA

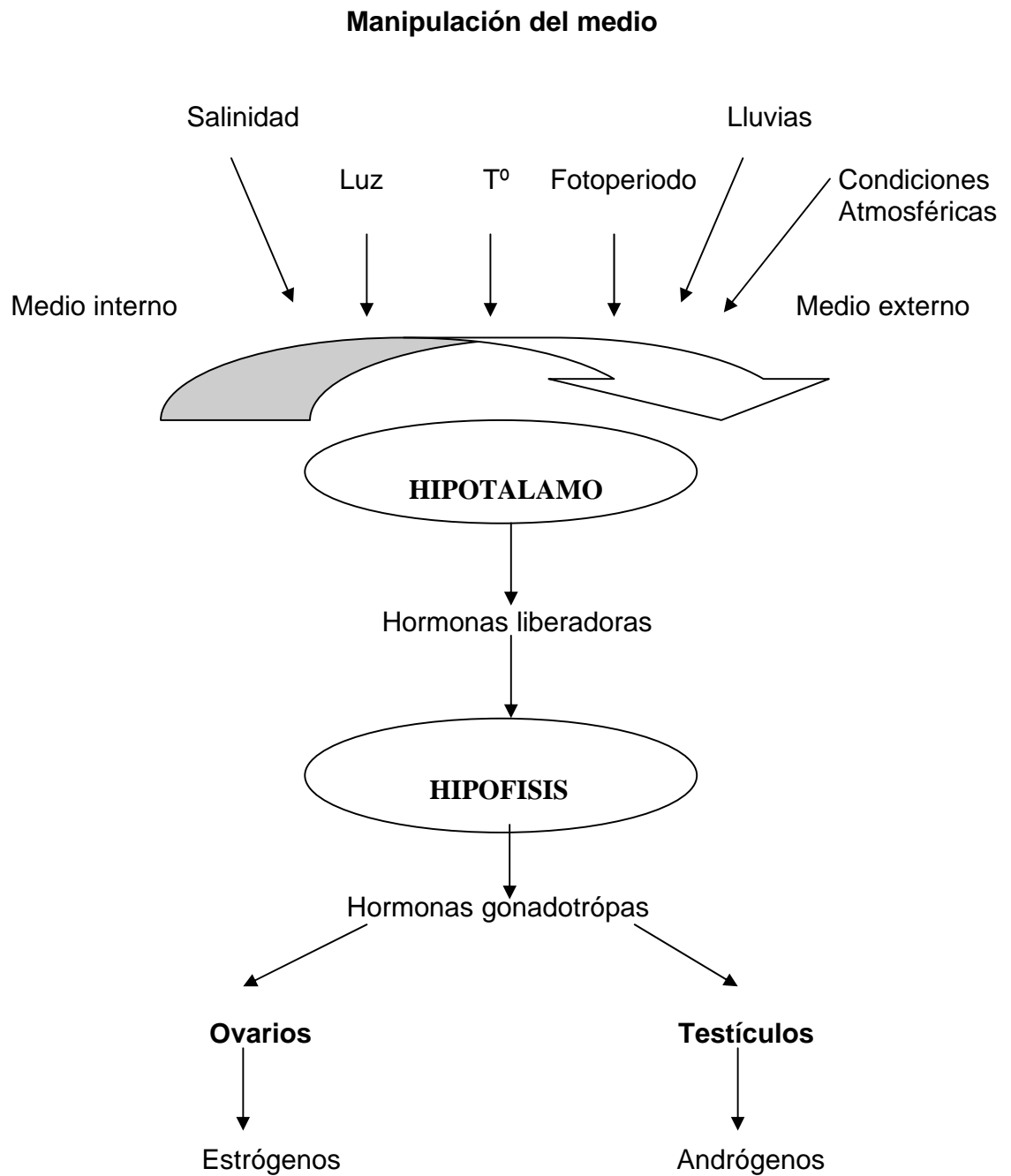
4.3.1 Control Neuroendocrino de la gametogénesis Según Barnabé¹⁰, la recepción de estímulos externos tales como la duración del día (fotoperiodo), la temperatura, las precipitaciones, fotoperiodo, oxígeno disuelto, corrientes, conductividad y dureza del agua compete al sistema nervioso y comporta el paso de la información de los receptores sensoriales al cerebro. La glándula pineal situada en el cerebro, justo bajo los huesos craneales, interviene igualmente; esta información en el momento en el que alcanza el hipotálamo, determina la actividad hipofisaria gracias a los mensajeros químicos llamadas hormonas liberadoras. Estas últimas a su vez estimulan a la hipófisis para liberar al aparato circulatorio general una hormona cuyo órgano objetivo es la gónada. Esta hormona se denomina gonadotropina. Su función es estimular la producción de hormonas sexuales en las células no sexuales de la gónada, y lograr la maduración gonadal final.

⁸ RODRIGUEZ, Ruby y CALDERON Jesús. Op Cit., , 44 p.

⁹ H. DANIEL., Op Cit.,, 327 p.

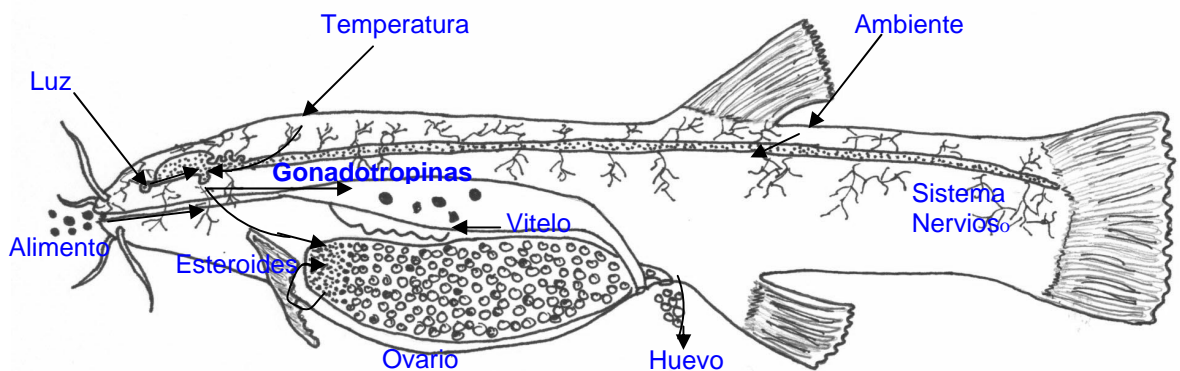
¹⁰ BARNABE, Gilbert. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Zaragoza, España: Acribia, 1996. p. 119.

Figura 2. Acción de las glándulas endocrinas



4.3.2 Aparato reproductor Según Coll¹¹, los peces tienen sexos separados, aunque hay casos de hermafroditismo sucesivo. Las gónadas están alojadas en la cavidad abdominal. Expulsan sus productos mediante un conducto que desemboca detrás del ano (Poro genital). Por tanto la fecundación es externa y ocurre en el agua. Durante los periodos de gametogénesis, gran parte del alimento, después de su transformación se almacena en el vitelo de los huevos (figura 3). El ovario de una hembra durante estos periodos puede llegar a ser el 25% de su peso total.

Figura 3. Formación de Oocitos



4.3.2.1 Gónadas De acuerdo con Zanuy, S Y Carrillo, M. en CAICYT¹², el desarrollo de las gónadas de los vertebrados está íntimamente ligado al desarrollo del sistema renal. Embriológicamente el testículo y el ovario tienen un origen distinto, formándose a partir de dos proliferaciones celulares embrionarias diferentes pero estrechamente ligadas. La proliferación más lateral o cortical dará lugar a el ovario; la medula o porción medular dará lugar a los testículos y al tejido adenocorticotropo. En estado indiferenciado, estas formaciones coexisten y, en un momento determinado, una de ellas empieza a desarrollarse mientras que la otra se inhibe, determinándose de esta manera el sexo del individuo. Este tipo de diferenciación gonadal es cierto en los eslamobranquios y en todos los tetrododos. Las gónadas de los teleósteos y de los ciclóstomos derivan de un solo primordio germinal. En estos dos tipos de peces las gónadas se desarrollan directamente a partir del epitelio peritoneal. Este tipo de organización podría ser la responsable de la existencia de un patrón sexual tan diverso entre los teleósteos,

¹¹ COLL, Julio. Acuicultura Marina Animal. Madrid: Ediciones Mundi prensa, 1991. 83. p.

¹² ZANUY, S y CARRILLO, M. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura. En: CAICYT. Madrid España. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta editores.1987; p. 81 - 83.

principalmente entre los perciformes donde prácticamente se encuentran todos los tipos de sexualidad conocidos.

4.3.2.2 Los ovarios El ovario de los teleósteos es un saco cerrado que comunica con la cloaca mediante el oviducto o un conjunto de folículos que se abren a la cavidad corporal mediante ductos en forma de pequeños embudos. En el primer caso los oocitos son ovulados en la cavidad ovárica y, en segundo caso, en la cavidad corporal. El ovario de los teleósteos puede variar desde un simple saco a un órgano complejo con funciones tales como producción de oocitos, almacenaje de esperma y lugar de fertilización y de alimentación para el desarrollo del embrión.

Los ovarios son pares en los teleósteos y se encuentran por debajo de la vejiga hidrostática y de los riñones; cuando están maduros pueden ocupar hasta el 70% de cavidad corporal de la hembra.

De acuerdo con Cala y Sarmiento¹³, en los ovarios del capitán es posible observar células sexuales en 5 estadios de maduración así:

-Oocito en estado I: el citoplasma se observa altamente basofílico, es continuo y no presenta gránulos de vitelo. El núcleo es grande acompañado de 1 a 20 nucleolos no periféricos, el número de nucleolos aumenta con el tamaño de la célula. (Figura 4).

-Oocito en estado II: la membrana nuclear adopta forma irregular dando al oocito forma alargada. El núcleo contiene bastantes nucleolos y cambia de forma de acuerdo con la forma que adopte la célula en general. Empiezan a aparecer las primeras vacuolas vitelinas situadas hacia la periferia del citoplasma.

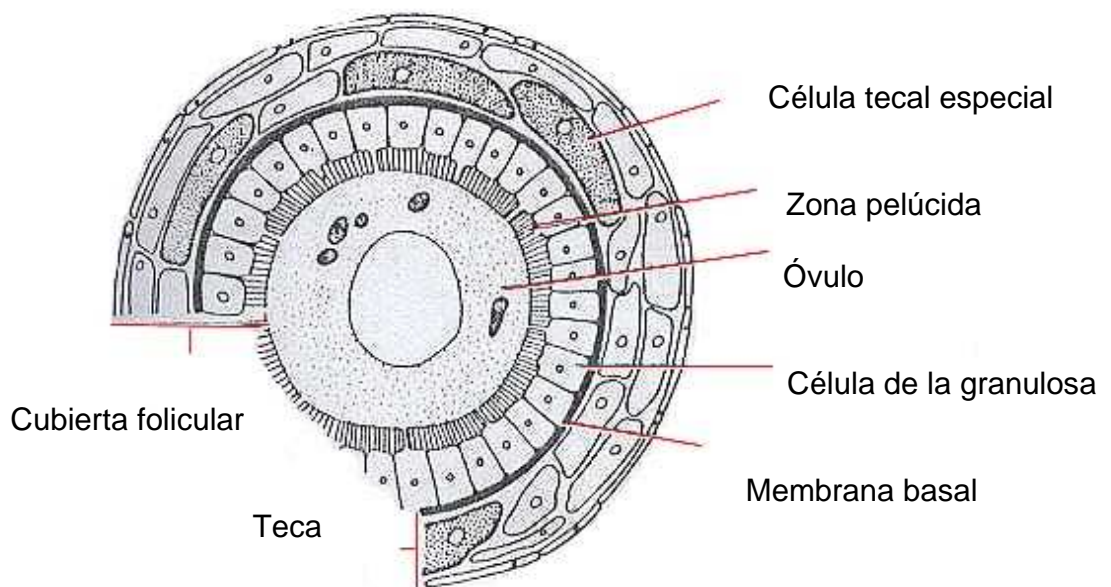
-Oocito en estado III: se observa un citoplasma que se ha tornado eosinofílico (rosado) a medida que se depositan los gránulos del vitelo. Las vesículas que han aumentado ligeramente de tamaño, ocupan casi la totalidad del citoplasma, pero a medida que los gránulos van aumentando de tamaño, estas se dirigen a la periferia.

¹³ CALA P, Y SARMIENTO N. Cambios histomorfologicos en el ovario del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* durante el ciclo reproductivo anual en la laguna de Muña, sistema río Bogotá. Colombia: Acta Biol.1982. 16. p.

- **Oocito en estado IV:** el citoplasma esta lleno de gránulos de yema (vitelo), las vacuolas están presentes en la periferia del citoplasma. Los oocitos varían de diámetro, el núcleo migra hacia el polo animal, la membrana nuclear no se distingue. Los gránulos del vitelo se agrandan cada vez más.

- **Oocito en estado V:** representa el estado atrésico del oocito, la zona radiata desaparece y la capa folicular se hipertrofia dentro de células largas con núcleo apical, estas células digieren los gránulos del vitelo encerrados en el oocito no desovado.

Figura 4. Esquema de un oocito en desarrollo



Fuente. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura.

Desarrollo del ovario Rodríguez¹⁴, citando a Yamamoto, propone tres tipos de desarrollo ovárico así:

Desarrollo sincrónico Este estado presenta todos los oocitos en el mismo grado de madurez y es característico de especies que realizan una sola puesta en su

¹⁴ YAMAMOTO, K y YAMAZAKI, F. Rhythm of development in the oocyte of the gold – fish carassius auratus. Hokkaido. Hokkaido univ. 1961. citado por RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ. Marta. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. México. DF. A.G.T Editor. 1992. p. 44, 45.

vida, generalmente seguido por la muerte. Como ejemplo se reportan especies como *Petromyzon planeri* y *Oncorhynchus masou*.

Desarrollo sincrónico por grupos Es el más común en los teleósteos, en este tipo de maduración existen dos estadios diferentes, uno constituido por oocitos destinados a ser expulsados y otro con oocitos con muy poca cantidad de vitelo, inmaduros que constituyen la reserva para la siguiente temporada reproductiva. Estos peces generalmente desovan una sola vez al año en una estación corta y definida y pueden presentar varios desoves a lo largo de su vida. Se reportan especies como el arenque, la trucha y los lenguados.

Desarrollo asincrónico Los peces que corresponden a este tipo son los más numerosos; en este estado el ovario posee oocitos en todos los estados de maduración, la ovulación y el desove ocurren a través de una larga etapa reproductiva y generalmente varias veces en la misma estación. Se presenta en especies como la carpa, tilapia, sardina.

4.3.2.3 Testículos De acuerdo con Zanuy, S Y Carrillo, M. en CAICYT¹⁵, son pares y están suspendidos en la cavidad celómica, su peso representa aproximadamente el 12% de la masa total de los peces teleósteos. En el interior del testículo existe una gran cantidad de túbulos llamados túbulos seminíferos que se comunican con el conducto deferente el que termina en el poro genital situado dentro de la papila urogenital.

De acuerdo con Rodríguez¹⁶, los estadios de maduración de las células masculinas son:

Espermatogonia: se identifica por el tamaño protuberante del núcleo y cuyos granos de cromatina se presentan grandes y numerosos. Se encuentran hacia la parte periférica del túbulo seminífero.

Espermatocito primario: el tamaño de la célula y la cantidad de cromatina disminuye en comparación a las espermatogonias.

¹⁵ ZANUY, S y CARRILLO, M. Op Cit., p. 81 - 83.

¹⁶ RODRÍGUEZ J. Bases fisiológicas de la reproducción de peces tropicales En: RODRÍGUEZ H, VICTORIA y M CARRILLO (eds) Fundamentos de acuicultura continental. INPA, Bogota. 2001. p. 189 - 217.

Espermatocito secundario: la secuencia celular del espermatozocito primario continúa en éste y se caracteriza por ubicarse hacia la parte intermedia del túbulo seminífero.

Espermátidas: aparecen células pequeñas con cromatina.

Espermatozoides: se caracterizan por la organización del núcleo y el citoplasma, estas células se encuentran más cerca de la luz del túbulo seminífero, en esta fase culmina el desarrollo fina del flagelo.

4.4 MANIPULACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN MEDIANTE TRATAMIENTO HORMONAL

Según Zanuy, S Y Carrillo, M. en CAICYT¹⁷, la propagación de peces a partir de la captura de alevines en ambientes naturales ha sido practicada desde la antigüedad, sin embargo el desarrollo de la acuicultura se logra mediante las técnicas de reproducción inducida, implementadas en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). La fisiología de la reproducción inducida se fundamenta en la apertura del reloj hipotalámico y la simulación de los factores medioambientales y hormonales que inciden sobre la reproducción como son los factores endocrinos, climáticos, meteorológicos e hidrológicos.

El interés del acuicultor está en estimular la ovulación. La ovoposición se puede obtener manualmente o de manera espontánea; en algunos casos puede interesar inducir la maduración y en otros el control total de la reproducción.

De acuerdo con Barnabe¹⁸, el desencadenamiento de la fase final de la maduración es decir de la reanudación de la maduración ovocitaria y la ovulación, que no se efectúan espontáneamente en cautividad, puede ser provocado mediante inyección de hormonas o de productos con actividad gonadotropa. Diversas hormonas no específicas son susceptibles de ser activas. Debido a que en la práctica los tratamientos hormonales no permiten reconstituir el ciclo hormonal completo, es necesario seleccionar progenitores que ya hayan iniciado

¹⁷ ZANUY, S y CARRILLO, M. Op Cit. P 28 - 29.

¹⁸ BARNABE. Op Cit, p. 84 – 85.

su maduración por la acción de los factores externos. Una vez los reproductores han sido elegidos pueden ser sometidos a la inducción hormonal de la puesta.

4.4.1 Hipofisación De acuerdo con Chaparro¹⁹, una de las formas de inducción hormonal consiste en la aplicación de inyecciones de extracto seco o liofilizado de hipófisis de carpa, con el propósito de incorporar al pez receptor niveles suficientes de FSH y LH para abrir el reloj hipotalámico. La hipófisis a utilizar es extraída de la misma especie íctica cuando se habla de aplicaciones o dosis homoplásticas. La aplicación de extractos hipofisarios obtenidos de otras especies son llamadas dosis heteroplásticas.

4.4.2 Inyección de sustancias con actividad Gonadotropica Según Orozco y Rivera²⁰, las hormonas que afectan el aparato reproductor en los mamíferos son principalmente las gonadotropinas y las hormonas sexuales. Las hormonas gonadotropinas son la gonadotropina del lóbulo anterior de la hipófisis y la gonadotropina coriónica que se extrae de la placenta de mamíferos, de la orina de la mujer embarazada y del suero de la yegua preñada. La gonadotropina coriónica HCG en los mamíferos se produce a comienzos de la gestación por el trofoblasto humano y después por la placenta pasando al torrente sanguíneo en cantidades que se incrementan al principio. La acción de la gonadotropina coriónica HCG, es mantener al cuerpo lúteo más allá de las dos semanas a las que se limita su existencia.

4.4.3 Inyección de análogos de hormonas liberadoras De acuerdo con Chaparro²¹, la síntesis de péptidos que presenten las mismas propiedades que las hormonas liberadoras ha abierto una nueva puerta para el dominio de la reproducción de los peces. Los productos de síntesis calificados como análogos permiten intervenir en la cadena endocrina compitiendo con las hormonas en la interfase hipotálamo – hipófisis a nivel del cerebro; a este nivel la especificidad de la gonadotropina no es un obstáculo ya que el producto inyectado va a provocar precisamente la liberación por parte de la hipófisis del pez inyectado de su propia gonadotropina. Otra ventaja es que estos productos son activos en numerosos especies y no inducen ninguna reacción de rechazo. Estos peptidos

¹⁹ CHAPARRO, Nicolás. Op Cit. 23. p.

²⁰ OROZCO, Nydia y RIVERA, Ricardo. Efecto de la gonadotropina coriónica HCG (primogonyl) en la reproducción inducida de trucha arco iris (*salmo gairdneri*). Pasto, Colombia. 1983. 36 Pág. Tesis de zootecnia. (Zootecnista) Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de producción animal.

²¹ CHAPARRO, Nicolás. Op Cit., p. 54 - 55.

desencadenan también la producción de otras hormonas (Hormona de crecimiento tiroxina), lo cual tiene un efecto beneficioso a nivel de la calidad de los productos sexuales, en efecto se sabe que las pequeñas dosis de tiroxina estimulan la vitelogénesis en algunas especies.

4.5 BIOPSIA OVÁRICA

Según Chaparro²², consiste en la extracción de una muestra de oocitos, con una cánula o sonda flexible que se introduce por el poro genital de la hembra. Para canular se debe anestesiar a las hembras y después colocarlas sobre un colchón húmedo para evitar excoriaciones. La cánula deberá ser de un diámetro interno mayor que el de los oocitos maduros, tener la punta roma para no lesionar el oviducto así como estar lubricada con vaselina neutra para facilitar su penetración. Con esta técnica, se debe obtener una muestra de 30 oocitos para ovarios con desarrollo sincrónico o hasta 100 para las que tienen desarrollo asincrónico o sincrónico por grupos. Los oocitos se someten a la acción de la solución de Serra, para observar al microscopio la posición de la vesícula germinal o núcleo, lo cual indica los estadios de maduración. Según Harvey y Hoar²³, para realizar el método de biopsia ovárica se debe tener en cuenta la anatomía del tracto genital, para poder introducir la cánula y su recorrido pueda predecirse es necesario que el oviducto y el ovario sean continuos facilitando el paso de la misma a la masa ovárica. En algunas especies en donde el oviducto y el poro genital no son continuos, la utilización de una cánula podría perforar los órganos internos.

4.6 EVALUACION DEL FLUIDO ESPERMATICO

Según Rodríguez²⁴, la evaluación del semen es importante para lograr el éxito de la producción de crías. Las pruebas a realizarse sirven en la selección del líquido seminal que reúna las mejores características en cuanto a calidad y cantidad.

²² Ibíd. 58. p.

²³ HARVEY, Brian y HOAR, William. Teoría y Práctica de la Reproducción Inducida. Ottawa, Canadá.1979. 23. p.

²⁴ RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ. Marta. Op Cit. P. 51- 56.

4.6.1 Examen macroscópico del fluido espermático

Volumen Según Ortega y Villota citando a Sorensen²⁵, el volumen varía entre individuos y razas dependiendo de la época del año, régimen alimenticio y grado de excitación sexual. No obstante, es necesario establecer cifras generales en las distintas especies ícticas para disponer de patrones de referencia.

Color De acuerdo con los mismos autores el color del eyaculado constituye un dato importante en la valoración macroscópica del esperma, ya que un cambio de coloración puede significar contaminación o mezcla con orina. El color depende de la concentración de espermatozoides

Olor Ortega y Villota²⁶ afirman, que el olor del semen es propio de cada especie bajo condiciones normales. Así por ejemplo el olor de orina indicaría que el semen está contaminado.

Aspecto El aspecto se define como la impresión general que objetivamente produce la masa total del eyaculado en el colector o probeta respectiva. Este análisis permite descubrir contaminaciones con partículas exógenas. El aspecto depende de la concentración de espermatozoides y se mide por el menor o mayor grado de opacidad que presenta la muestra de semen.

Motilidad Según los mismos autores, la motilidad del espermatozoide esta dada por su correcta morfología y su viabilidad; esta prueba es importante ya que de su vigor dependerá gran parte del éxito de la fecundación. En esperma de peces la motilidad se activa por el contacto por el agua. Se define también como el tiempo que dura el movimiento de los espermatozoides.

²⁵ SORENSEN, A. Reproducción animal; principios y práctica. México. Mc – Graw Hill. 1982. Citado por ORTEGA, Jairo y VILLOTA, Carlos. Efecto de la buserelina en la calidad del semen de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo condiciones de cautiverio. Pasto. 1995. p. 27-31. Tesis de zootecnia. Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de Zootecnia.

²⁶ ORTEGA, Jairo y VILLOTA, Carlos. Efecto de la buserelina en la calidad del semen de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo condiciones de cautiverio. Pasto. Colombia. 1995. p. 32 - 33. Tesis de Zootecnia. Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de zootecnia.

4.7 DESOVE, DESARROLLO EMBRIONARIO E INCUBACIÓN DE LOS HUEVOS

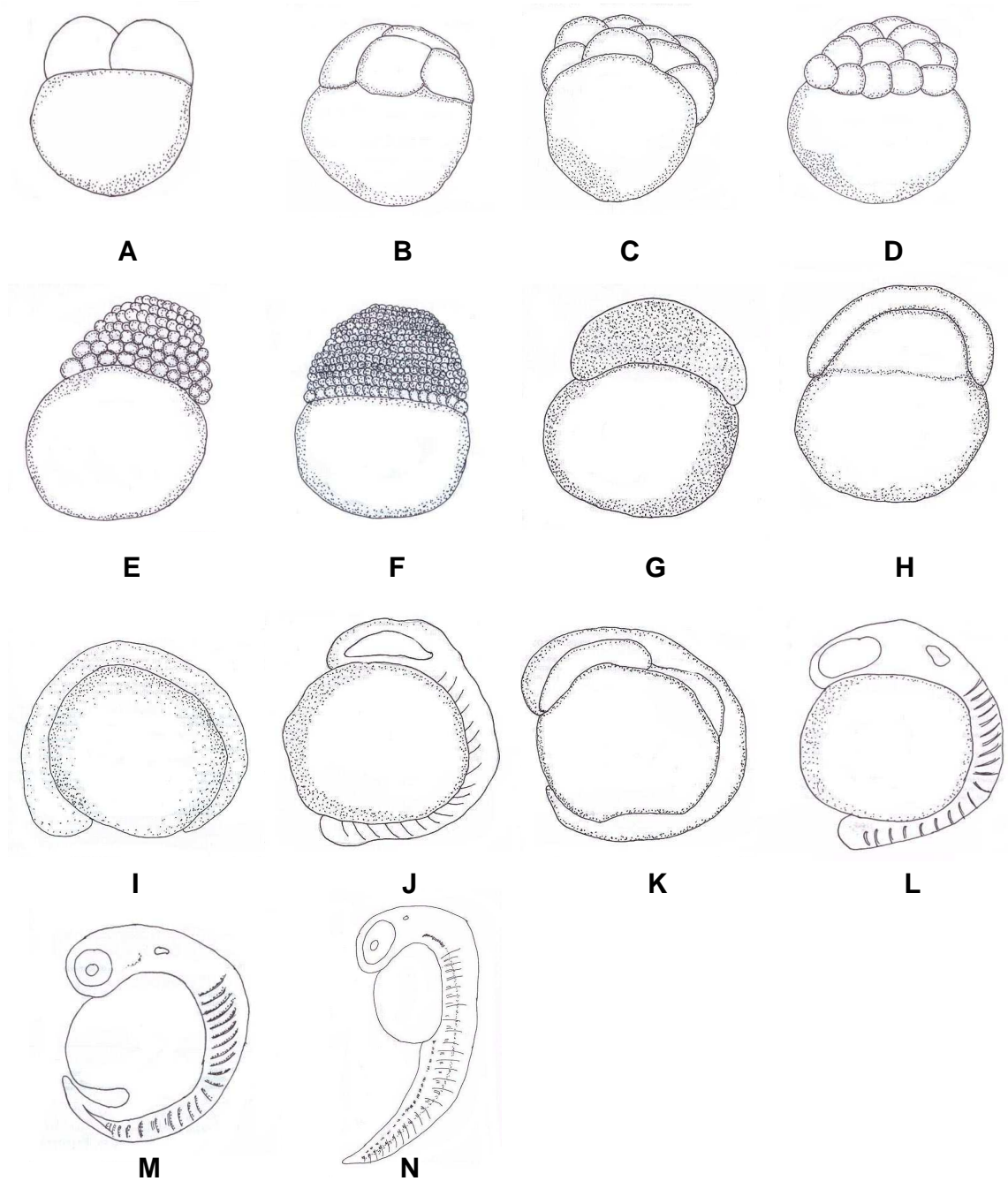
Según Barnabe²⁷, la puesta tiene lugar en el agua así como la emisión de esperma; a pesar de que numerosos espermatozoides rodean cada huevo, solo uno penetrará por el micrópilo para asegurar la fecundación, inmediatamente después de ésta el huevo absorbe agua y el corión se endurece. Se forma un espacio perivitelino y el embrión se desarrolla, en un principio en forma de blastodisco en el polo animal. El blastodisco envuelve al vitelo por epibolia pero deja un blastoporo. El eje embrionario se forma por la convergencia de los tejidos, se metameriza, se aísla del vitelo, la zona cefálica se alarga y posteriormente lo hace el resto del cuerpo. El corazón es funcional y los ojos están formados antes de la eclosión.

La incubación de los huevos es una fase importante puesto que las necesidades biológicas de los huevos de cada especie generan técnicas diferentes ya sea si son pelágicos o bentónicos. (Figura 5).

4.7.1 Desarrollo de las larvas de peces De los huevos sale una larva que se alimenta del vitelo, que al terminar con las reservas vitelinas debe alimentarse de forma exógena. La apariencia externa de un alevín es similar al pez adulto, excepto en el caso de los peces planos cuyos ojos migran a uno de los lados y el alevín se hace bentónico. El crecimiento es continuo dependiendo principalmente de la temperatura del agua y de la alimentación. La larva es libre, en ella el vitelo es claramente visible conectado con el tubo digestivo en desarrollo. Todas las estructuras del animal adulto están ya presentes si bien su desarrollo y por lo tanto su función no son completas todavía. La incipiente musculatura permite a la larva efectuar pequeños movimientos. (Figura 6).

²⁷ BARNABE. Op Cit. 32. p.

Figura 5. Fases del Desarrollo Embrionario



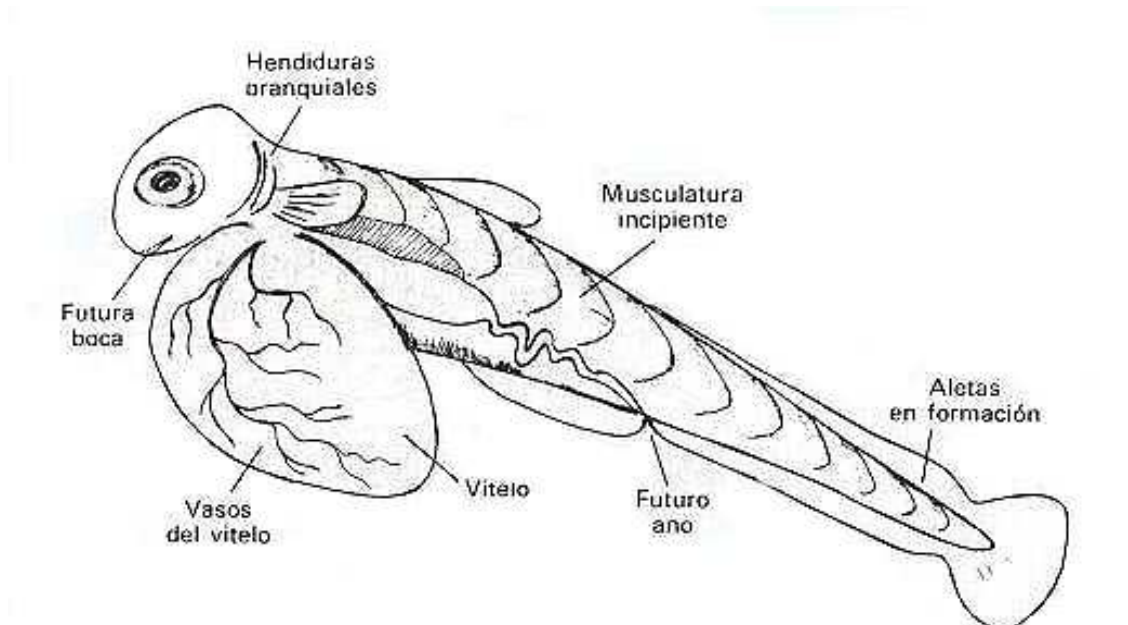
A. Ova luego de la fecundación.

B, C, D, E y F. Ovas en fase de segmentación.

G, H, I. Ovas en fase de morfogénesis y organogénesis inicial.

J, K, L, M, N. Ovas en fase de organogénesis media, tardía y eclosión.

Figura 6. Esquema de una larva



4.8 LA CALIDAD FISICO QUIMICA DEL AGUA

De acuerdo con Rodríguez y Anzola²⁸, la calidad del agua esta dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y su interacción con los organismos. Cualquier característica que afecte de un modo u otro el comportamiento, la reproducción, el crecimiento, la productividad primaria y el manejo de las especies acuáticas es una variable de la calidad del agua. Estas propiedades pueden ser clasificadas como parámetros físicos y químicos así:

Factores físicos

-Temperatura La temperatura rige sobre algunos parámetros físicos, químicos y biológicos, tales como la evaporación y la solubilidad de los gases. Dentro de los biológicos están los procesos metabólicos como la respiración, nutrición, actividad de las bacterias en la descomposición de la materia orgánica etc. La conductividad de calor depende de las diferencias de temperatura y del área de contacto entre el

²⁸ RODRIGUEZ, Horacio Y ANZOLA, Eduardo. Calidad del agua en acuicultura continental. Bogota: Instituto Nacional del Pesca y Acuicultura (INPA), 1995. P. 87 - 93.

agua y el aire. En un cuerpo de agua la radiación solar corresponde a la principal fuente calórica, esta es absorbida a través de la columna de agua, siendo transmitida hacia el fondo. La temperatura influye sobre la biología de los peces e invertebrados de un hábitat acuático, condicionando la maduración gonadal, el tiempo de incubación de las ovas, el desarrollo larval, la actividad metabólica y el ritmo de crecimiento de larvas, alevinos y adultos.

- **Salinidad** En aguas continentales la salinidad corresponde a la concentración de iones disueltos. Cuando la composición relativa de sales es más o menos constante, la concentración total puede ser estimada de acuerdo con la concentración del ión dominante. Lo más usual para referirse a salinidad es el contenido de cloruros. Los diferentes organismos acuáticos soportan la salinidad de acuerdo a sus requerimientos de presión osmótica.

- **Turbidez** La turbidez del cuerpo de agua está dada por el material en suspensión tanto orgánico como mineral, y su grado varía dependiendo de la naturaleza, tamaño, y cantidad de partículas en suspensión.

Parámetros químicos

- **Oxígeno disuelto.** Según Rodríguez y Anzola²⁹, el nivel de oxígeno disuelto presente en un estanque de acuicultura es el parámetro más importante en la calidad del agua. Este elemento es disuelto por difusión y por la fotosíntesis.

De acuerdo con Pineda³⁰ citando a Fry, la respiración acuática, opuesta a la terrestre, está influenciada por dos factores: la densidad del medio y la dilución de oxígeno en ella. Ya que la difusión de oxígeno a través del agua es extremadamente lenta, su transporte vertical depende del movimiento que ésta posee.

En consecuencia donde quiera que el agua esté estratificada, el oxígeno desaparece desde el fondo en mayor o menor grado debido al consumo de los

²⁹ *Ibíd.* P. 92, 93.

³⁰ FRY, F. The aquatic respiration of fish. Canadá: M. Brown. 1962. Citado por PINEDA, Jairo. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutissi*. Humboldt 1805. a diferentes temperaturas de aclimatación. Bogotá. 1983. P. 4 – 5. Tesis de Grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Biología Aplicada.

organismos que lo respiren. El nivel de oxígeno determinado por la saturación del aire, esta gobernado por la altitud y son sustanciales las reducciones en el contenido de oxígeno de aguas de lagos y arroyos de montañas, comparadas con aguas a nivel del mar. La cantidad de oxígeno que un volumen dado de agua puede contener en equilibrio decrece cuando la temperatura aumenta y la concentración es expresada a menudo como el porcentaje de oxígeno que esta contendrá si agua estuviese saturada a presión normal y a la temperatura en cuestión.

- **Concentración de hidrogeniones.** De acuerdo con Roldan³¹, la concentración de hidrogeniones conocida comúnmente como pH, tiene una notable influencia sobre el crecimiento y reproducción de los organismos. Las oscilaciones en la concentración de hidrogeniones se debe principalmente a la presencia de sales y compuestos disueltos en el agua, tal es el caso de los productos de la excreción de los organismos acuáticos, los elementos formadores del sustrato, los productos de la actividad bacteriana, entre otros.

³¹ ROLDAN, Gabriel. Manual de Limnología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, 2004. 118. p.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

Este trabajo se desarrollo en la estación piscícola Guairapungo adscrita a la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), está ubicada en la vereda casapamba corregimiento del Encano, a 26 km al oriente de la ciudad de San Juan de Pasto, a una altitud de 2875 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 11°C y una humedad relativa del 87%, y con las siguientes coordenadas geográficas planas cuyo punto de partida es el occidente: 990.750 m E, 620.115 m N. * (Figura 7)

Figura 7. Estación piscícola Guairapungo



* Datos proporcionados por IGAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2005.

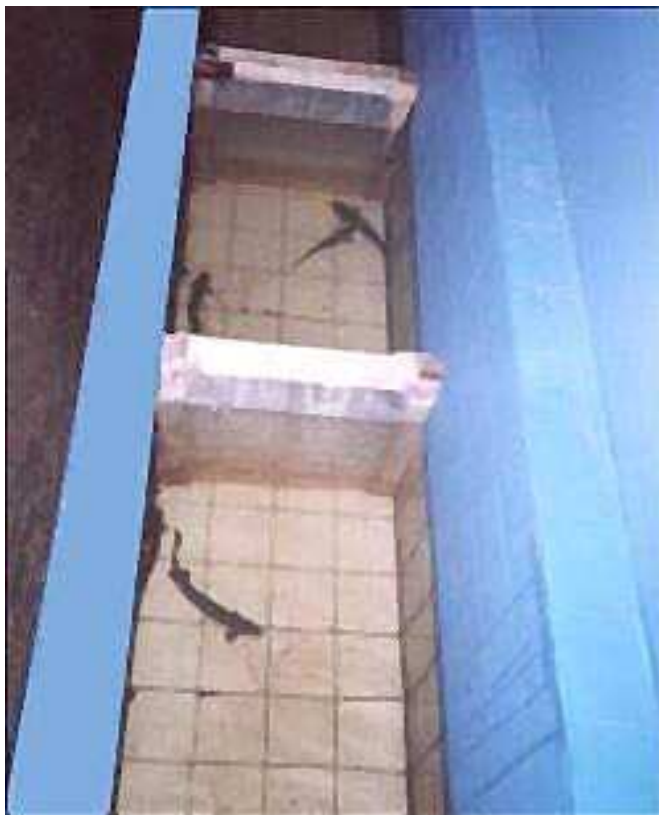
5.2 PERIODO DE ESTUDIO

La investigación se realizó en un periodo de 15 meses comprendidos entre diciembre de 2003 y marzo de 2005. Durante diciembre del 2003 y agosto del 2004 se realizaron ensayos de adaptación al cautiverio, el resto de la temporada se efectuaron capturas durante invierno, y dos ensayos preliminares para estandarizar la metodología empleada en la inducción hormonal.

5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron cuatro piletas de cemento de 3 metros de largo y 0.7 metros de ancho, adaptadas de tal manera que permitían el manejo en confinamiento de los ejemplares. Cada pileta fue subdividida en cinco secciones por medio de separadores de madera y anejo plástico de un centímetro de ojo de malla (Figura 8). Para la incubación se utilizó incubadoras tipo Funil suspendidas en tanques de 250 lt.

Figura 8. Piletas de cemento



5.3.1 Materiales, insumos y equipos Para desarrollar la fase experimental se emplearon los siguientes elementos:

- ❖ Angeo plástico de 1 cm de ojo de malla
- ❖ Marcos de madera de 0.7 m de ancho y 0.5 m de largo
- ❖ Bolsas plásticas de 10 litros de capacidad
- ❖ Recipientes plásticos de 4 litros de capacidad
- ❖ Incubadoras experimentales tipo Funil de 1.5 lt
- ❖ Cajas Petri
- ❖ Porta y cubre objetos
- ❖ Beaker 500 ml
- ❖ Probeta 50 ml
- ❖ Equipo de disección
- ❖ Phmetro Hanna plep 4
- ❖ Kit portátil HACH FF - 1^a
- ❖ Balanza electrónica Mettler rango 0.0001 – 250g
- ❖ Balanza Filizola con capacidad de 2.5 kg
- ❖ Termómetro Hach escala – 30° a 120 ° F
- ❖ Microscopio Nikon
- ❖ Estereoscopio Nikon luz alógena oculares 10x y 20x
- ❖ Estereoscopio de microfotografía marca Nikon SMZ-V Zoom. 1..10
- ❖ Microscopio de microfotografía marca Nykon AFX-DX
- ❖ Cámara digital SONY 8 MP, Zoom óptimo 8x, Zoom digital 4x
- ❖ Equipo determinador de parámetros físico - químicos marca HACH FF-1^a
- ❖ Ictiometro de madera
- ❖ Tanques circulares de 250 lt
- ❖ Jeringas tipo Insulina 1ml
- ❖ Solución Serra 150 ml
- ❖ Solución Carbamida 100 ml
- ❖ Alcohol 1000 ml
- ❖ Azul de metileno
- ❖ Gonadotropina coriónica humana HCG (10.000 UI)
- ❖ Extracto Pituitario de Carpa EPC (6.75 mg)

5.4 PLAN DE MANEJO

5.4.1 Adecuación de Instalaciones Los ejemplares fueron adaptados a estanques excavados en tierra y cemento y en piletas previamente desinfectadas con una solución de NaCl al 1.5 % y subdivididas en secciones con angeo plástico de 1 cm de ojo de malla y marco de madera. (Figuras 9, 10)

Figura 9. Estanque revestido en cemento



Figura 10. Estanque excavado



5.4.2 Captura de ejemplares Durante toda la investigación se capturaron 107 ejemplares adultos en el sector de captura conformado por el canal principal de comunicación fluvial localizado entre el puerto turístico y el lago Guamúes el cual presentaba abundante perifiton, y un sustrato compuesto por material en descomposición y fango provenientes de los nutrientes y oligoelementos que aporta el curso de agua por ser la zona un bosque húmedo tropical.

Los ejemplares fueron recolectados mediante la utilización de una línea de anzuelos con carnadas de lombriz californiana. La línea se acondicionó con lastres que impidieron que fuera arrastrada por la corriente.

La captura se realizó durante la noche teniendo en cuenta los hábitos alimentarios de la especie. Los ejemplares se llevaron a la estación piscícola en donde fueron sometidos a climatización y adaptación durante 15 días.

5.4.3 Transporte de ejemplares. Para el transporte desde el área de captura hacia la estación piscícola se utilizaron bolsas plásticas con agua y aire en proporción 2: 1. En cada bolsa se trasladaron 2 ejemplares.

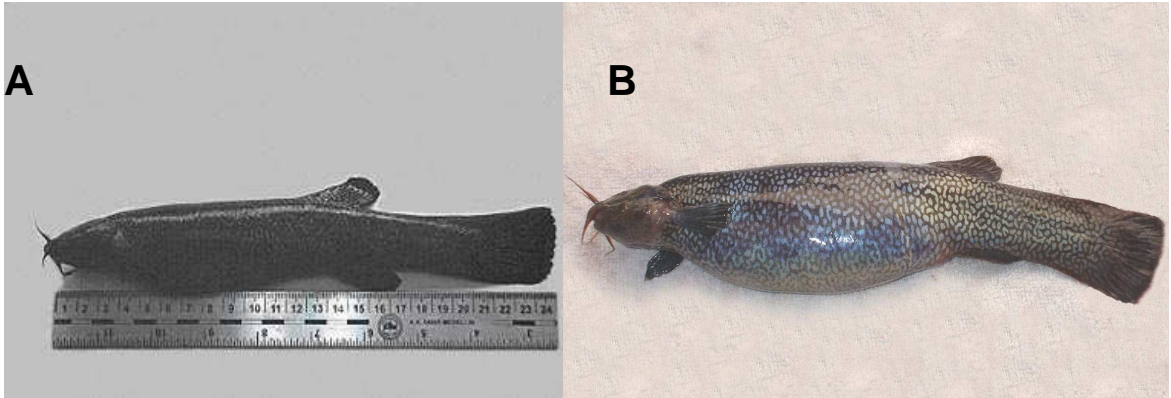
5.4.4 Alimentación Teniendo en cuenta los hábitos bentófagos de la especie, se suministró diariamente lombriz de tierra californiana en dos raciones diarias, cada una al 2 % de la biomasa, también se incorporó al sustrato moluscos del género *bivalvia* y *gasteropoda*, como también elementos vegetales (ramas hojas y semillas) El foso excavado en donde se adaptaron los ejemplares fue fertilizado con gallinaza en proporción de 1kg por m².

5.4.5 Profilaxis En el momento de recepción de los reproductores se realizó el tratamiento profiláctico, para esto se utilizó una solución de 5,0 ppm de NaCl y una solución de 20 ppm de oxitetraciclina.

5.5 CONDICIONES DE EVALUACIÓN REPRODUCTIVA

5.5.1 Selección de los ejemplares Los ejemplares capturados durante los meses de Abril y Mayo de 2005 correspondieron a 31 machos y 47 hembras, de los cuales se seleccionaron 40 peces que presentaban condiciones sanitarias aceptables y fueron fenotípicamente similares, con relación a la distribución de las manchas en forma de franjas longitudinales. (Figura 11).

Figura 11. Abultamiento abdominal de un ejemplar hembra de *E. mutisii*



Ejemplar inmaduro (A), ejemplar maduro (B).

Las hembras con mejores condiciones de madurez presentaban un abdomen abultado y blando, la papila genital rojiza y sobresaliente. Se realizó el proceso de biopsia ovárica para lo cual se utilizó una cánula de tres milímetros de diámetro, determinando la presencia de oocitos los cuales fueron analizados con solución serra (Anexo A) con la finalidad de aclarar el citoplasma y poder observar la posición del núcleo.

5.5.2 Determinación de pesos y longitudes Los 40 ejemplares seleccionados, para el experimento, estuvieron distribuidos en 20 hembras y 20 machos, fueron medidos y pesados previamente con el fin de establecer los valores de longitud y peso y así calcular las dosis hormonales.

5.5.3 Evaluación gonadal Se realizaron disecciones de 5 hembras y 5 machos capturados en el último muestreo, con el fin de establecer la estructura y desarrollo gonadal, mediante cortes histológicos de tres secciones diferentes de ovario y testículo de acuerdo con el siguiente protocolo propuesto por Velandia y Sánchez³²

- Se obtuvieron muestras de tejido gonadal con una tamaño de 5 a 7 mm.

³² VELANDIA, G y SANCHEZ, J. Hábitos alimentarios y vida reproductiva del capitán de la sanana *E. mutisii* (pises) del tramo del río Bogota en el Municipio de Suesca. Cundinamarca, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada, Bogota: Facultad de Ciencias. Programa de Biología Aplicada. 2001. P. 30.

- Fijación de la muestra con formaldehído al 4%.
- Deshidratación con concentraciones crecientes de etanol 70%, 90%, 95%, 1 baño de una hora cada uno, y 100% 2 baños de una hora cada uno.
- Impregnación en parafina, con dos baños de una hora con xilol, y dos baños con parafina 100% a 58° C.
- Obtención de cortes de 5 – 7 µm de espesor con la utilización de micrótopo rotario.
- Coloración de los cortes con hematoxilina y eosina. (H & E).
- Desparafinar los tejidos, 2 baños de xilol de 5 minutos cada uno.
- Rehidratar los tejidos con: 1 baño de isopropanol, 1 baño de etanol al 90%, 1 baño de etanol al 70%, cada uno de 5 minutos. Lavar con agua.
- Teñir los tejidos con hematoxilina por 10 minutos, y lavar con agua.
- Diferenciar con alcohol ácido al 1% en etanol, al 70% con 2 baños cada uno de 4 segundos; lavar con agua.
- Neutralizar con agua amoniacal por medio de 2 baños, cada uno de 4 segundos.
- Teñir con eosina en 1 baño de 45 segundos.
- Deshidratar los tejidos con concentraciones crecientes de alcohol con baños de 2 minutos cada uno así: etanol al 70%, etanol al 90% e isopropanol.
- Realizar 2 baños de 2 minutos de xilol.
- Realizar el montaje en laminillas.

5.5.4 Aplicación de las dosis hormonales Se evaluaron 2 hormonas comerciales, Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) en presentación de 5000 y 10000 UI y Extracto Pituitario de Carpa (EPC) en presentación de 1 g. La cantidad de hormona a aplicar se calculó teniendo en cuenta el peso de los ejemplares y las dosis propuestas, las cuales fueron fraccionadas en una inicial del 20% y una final del 80%.

Las inyecciones se aplicaron vía intramuscular inmediatamente debajo de la parte anterior de la aleta dorsal. Las dosis fueron aplicadas utilizando jeringas tipo insulina de 1 ml. (Figura 12).

Figura 12. Inducción hormonal



5.5.5 Desove El desove se realizó ejerciendo un masaje abdominal desde la región anterior hacia la papila genital. Los oocitos extraídos fueron depositados en un recipiente completamente seco, se midió su volumen y peso con la utilización de un beaker de 50 ml, una pipeta de 1 ml y balanza. (Figura 13).

5.5.6 Extracción del fluido espermático Se efectuó mediante un masaje abdominal desde la región anterioventral hacia la papila genital y se recolectó el fluido en un tubo de ensayo totalmente seco. (Figura 14).

5.5.7 Fertilización Los oocitos se mezclaron con el fluido seminal y se fertilizaron en seco con movimientos rotativos. Posteriormente se agregó agua para eliminar el exceso de fluido seminal, e hidratar los huevos. (Figura 15)

Figura 13. Desove por masaje abdominal



Figura 14. Extracción del fluido espermático



5.5.8 Incubación El periodo de incubación se inició después de la fertilización de los huevos, los cuales una vez hidratados fueron depositados en 25 incubadoras tipo Funil con capacidad de 1.5 litros, descritas por Pardo *et al*³³, suspendidas en tanques de 250 litros de capacidad a una temperatura promedio del agua de 14°C. Cada incubadora dispuso de una corriente de agua vertical ascendente que

³³ PARDO, Sandra. *et. al.* Avaliação de incubadoras experimentais para pesquisa em reprodução induzida En: AQUICULTURA. (11º 2000: Brasil). Memórias AQUICULTURA. Florianapolis-SC: Simbraq, 2000. p. 18.

permitió la distribución homogénea de los huevos y el suministro de oxígeno permanente. (Figuras 16 y 17)

Figura 15. Fertilización en seco e hidratación



Figura 16. Introducción de las ovas fertilizadas en las incubadoras



Figura 17. Incubadoras experimentales tipo Funil



5.6 EVALUACIÓN DEL FLUIDO ESPERMÁTICO El fluido seminal obtenido de cada uno de los ejemplares se sometió a estudio de las características físicas y microscópicas, volumen, color, aspecto, densidad y motilidad espermática.

5.7 PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

En el sector de captura se monitorearon parámetros físico - químicos y microbiológicos durante seis meses comprendidos entre noviembre de 2003 y abril de 2004, tiempo durante el cual se realizaron varias faenas de captura. Los parámetros monitoreados fueron temperatura, oxígeno disuelto, amonio y turbiedad mediante la utilización de un kit portátil de pruebas de titulación marca HACH FF-1^a. El pH se determinó mediante la utilización de un phmetro Hanna plep 4.

5.8 TRATAMIENTOS

Se evaluaron tres tratamientos con cinco replicas distribuidos de la siguiente forma:

T0: Control (Sin hormona)

T1: Extracto pituitario de carpa (EPC) 7 mg / Kg.

T2: Gonadotropina coriónica humana HCG 8 UI/g.

T3: Gonadotropina coriónica humana HCG 6.4 UI/g y extracto pituitario de carpa EPC 1.4 mg /Kg (Tabla 1).

Tabla 1. Dosis de iniciación y refuerzo para la inducción a la reproducción de capitán de la sabana *E. mutisii*

Tratamiento	Hormona	Intervalo (h)	% de dosis	Cantidad
0	-----		-----	-----
1	EPC	12	20% 80% *	1.4 mg / Kg 5.6 mg / Kg
2	HCG	12	20% 80% *	1.6 UI / g 6.4 UI / g
3	EPC HCG	12	20% 80% *	1.4 mg / kg 6.4 UI / g

* Dosis de refuerzo.

A los machos se les aplicó 1 UI /g. de gonadotropina coriónica humana (GCH), exceptuando a los machos del T₀, para favorecer la emisión de esperma, en el momento de inyectar la primera dosis a las hembras, para permitir un mayor tiempo de latencia. Las dosis indicadas anteriormente fueron estandarizadas durante los pre – ensayos teniendo en cuenta las investigaciones realizadas por Marcucci, Gonzáles y Rosado³⁴, Gutiérrez y Arias³⁵, Díaz y Arias³⁶ y las de Velasco y Arias³⁷.

³⁴ MARCUCCI. R, GONZALES. J y ROSADO. R. Protocolo para la reproducción inducida del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) obtenidos mediante tratamiento hormonal. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 75.

³⁵ GUTIERREZ. E, ARIAS. C. Uso del primogonil en la inducción reproductiva de *Rhamdia sebae* c.f. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 62.

³⁶ DIAZ. S, ARIAS. C, Comparación del Ovaprim y del extracto de hipófisis de carpa (EHC) en la inducción a la ovulación y desove de Barbilla *Rhamdia sebae* c.f. (Pises: Pimelodidae). En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 43.

³⁷ VELAZCO, Johana. ARIAS, José, CRUZ, Pablo Emilio. Efecto de la Inducción Hormonal con Extracto de Hipófisis de carpa (EHC) sobre algunas características seminales de *Rhamdia sebae* c.f. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 84.

5.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar (D.I.A), conformado por 3 tratamientos y 5 réplicas para cada tratamiento. El peso inicial de las hembras fue considerado como una covariable, por lo cual se efectuó un análisis de covarianza (ANCOVA) para la variable número de oocitos. Las variables tiempo de desove, porcentaje de fertilización y porcentaje de eclosión, se estudiaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y para comprobar la existencia de diferencias estadísticas significativas, se procedió a realizar una prueba de comparación múltiple de Tukey. Las variables se estimaron mediante el programa estadístico SAS versión 8.

Para la evaluación de la variable numero de oocitos obtenidos, se tuvo en cuenta el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \beta(X_i - \bar{X}) + \Sigma_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la i -ésima unidad experimental que recibe al j -ésimo tratamiento.

μ = Media común para todas las observaciones (unidades experimentales).

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

$\beta(X_i - \bar{X})$ = Efecto de la covariable (peso inicial).

Σ_{ij} = Error experimental asociado a la i -ésima unidad sometido al j -ésimo tratamiento.

Las variables tiempo de desove, porcentaje de fertilización y eclosión se evaluaron mediante el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \Sigma_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la i -ésima unidad experimental que recibe al j -ésimo tratamiento.

μ = Media común para todas las observaciones (unidades experimentales).

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

Σ_{ij} = Error experimental asociado a la i -ésima unidad sometido al j -ésimo tratamiento.

5.9.1 Formulación de hipótesis

Para esta investigación se plantearon las siguientes hipótesis:

Prueba de hipótesis para la covariable en el numero de oocitos obtenidos

Hipótesis nula $H_0: \beta = 0$ El peso inicial tiene un efecto lineal sobre la(s) respuesta(s).

Hipótesis alterna $H_1: \beta \neq 0$ El peso inicial no tiene un efecto lineal sobre la(s) respuesta(s).

Prueba de hipótesis para los tratamientos

Hipótesis nula $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ El efecto medio de los tratamientos es igual.

Hipótesis alterna $H_1 = \mu_j \neq \mu_{j'}, j \neq j'$ Existe por lo menos un tratamiento que presenta un efecto medio diferente.

5.10 VARIABLES EVALUADAS

5.10.1 Peso y longitud corporal Se determinó el peso, longitud total y longitud estándar de cada ejemplar maduro y se realizaron regresiones y correlaciones entre los valores obtenidos.

5.10.2 Tiempo de desove Es el tiempo en horas empleado por cada hembra para lograr la ovoposición desde la aplicación de la dosis resolutiva hasta la expulsión de óvulos maduros.

5.10.3 Numero de oocitos por kilogramo La cantidad de óvulos se determinó por volumétrica según procedimiento establecido por Rodríguez³⁸.

- Número total de óvulos = N° de óvulos por ml x volumen total de óvulos.

5.10.4 Porcentaje de fertilización Se realizó el conteo de ovas vivas, las cuales se caracterizan por el cierre del blastoporo, según procedimiento realizado por Clavijo³⁹.

5.10.5 Porcentaje de eclosión Se determinó mediante el conteo del número de larvas producidas en cada unidad experimental.

5.10.6 Volumen del fluido espermático Se estableció por volumetría cuantificando directamente el volumen de fluido obtenido en un tubo graduado según procedimiento establecido por Rodríguez⁴⁰.

5.10.7 Motilidad espermática Se cuantificó el tiempo en segundos que dura el movimiento de los espermatozoides para lo cual se utilizó solución fertilizante carbamida, según procedimiento establecido por Rodríguez⁴¹.

5.10.8 Densidad espermática Se estableció la relación de peso del fluido y el volumen de semen producido de cada ejemplar, según procedimiento efectuado por Ortega y Villota⁴².

³⁸ RODRÍGUEZ, Marta. Op Cit. 45. p.

³⁹ CLAVIJO, John. Desarrollo embrionario de *Rhamdia sebae*. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. 18. p.

⁴⁰ RODRÍGUEZ, Marta. Op Cit. P. 43.

⁴¹ Ibíd. P 44

⁴² ORTEGA, Jairo y VILLOTA, Carlos. Efecto de la buserelina en la calidad del semen de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo condiciones de cautiverio. Pasto, 1994. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. 43 p.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 EVALUACIÓN GONADAL

6.1.1 Ovarios Los ovarios de 5 hembras evaluadas presentaron forma tubular con coloración verde oliva en los tercios anterior y medio, y amarilla en la región posterior; en la mayoría de los casos ocupaban cerca del 70% de la cavidad corporal evidenciando un estado de madurez avanzado, lo cual esta de acuerdo con lo descrito por Rodríguez, Calderón⁴³ y Amaya⁴⁴ . (Figura 18).

Figura 18. Ovarios de *E. mutisii*.



6.1.2 Análisis histomorfológico de ovarios. Los cortes histológicos realizados mediante la técnica de tinción con eosina y hematoxilina en la región anterior, media y posterior del ovario de un ejemplar maduro sexualmente, muestran oocitos en diferentes estadios del ciclo oogenésico, evidenciando un desarrollo

⁴³ RODRIGUEZ, Ruby y CALDERON Jesús. Estudio de algunos parámetros anatómo- fisiológicos para la determinación del potencial piscícola del capitán de la sabana (*E. mutisii*) del lago Guamúes. Pasto. 1983. 55 Pág. Tesis de Zootecnia. Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de Producción Animal.

⁴⁴AMAYA. R, Op Cit. P. 45.

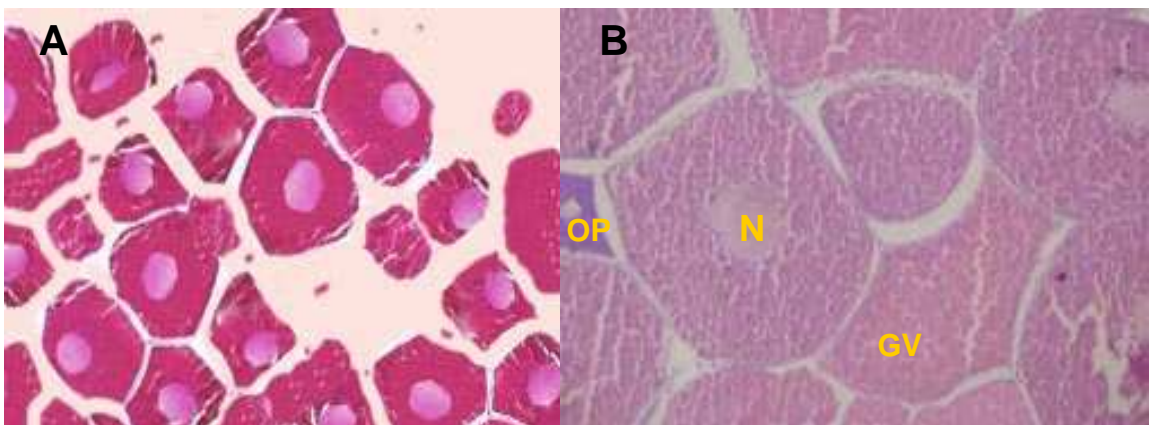
gonadal de tipo asincrónico lo cual esta de acuerdo con lo reportado por Cala y Sarmiento⁴⁵, Marcucci, González y rosado⁴⁶ y Velandia y Sánchez⁴⁷.

Figura 19. Sección anterior del ovario. (40x)



El corte transversal de la región anterior del ovario muestra la presencia de oocitos en estado I y II, en donde el núcleo es grande y no hay presencia de gránulos de vitelo. Núcleo (N). (Figura 19).

Figura 20. Sección media del ovario. (40x)



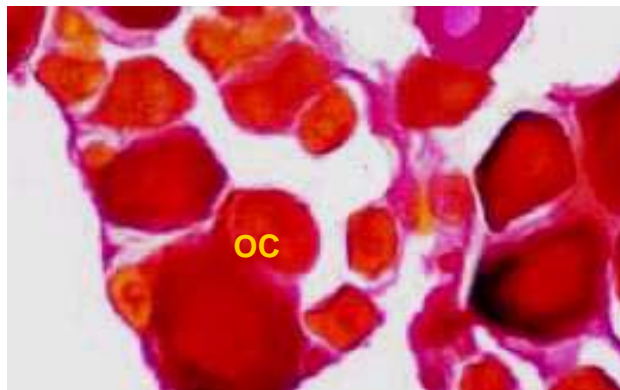
⁴⁵ CALA Y SARMIENTO, Op Cit. P. 23.

⁴⁶ MARCUCCI, GONZÁLEZ Y ROSADO, Op Cit. P. 18.

⁴⁷ VELANDIA y SANCHEZ, Op Cit. P. 36.

En la microfotografía A se distinguen oocitos en estado III en donde citoplasma se ha tornado eosinofílico y agrupa algunas vacuolas. Algunos núcleos migraron hacia la periferia. En la microfotografía B se observan oocitos en estado IV en donde el citoplasma esta lleno de gránulos de vitelo y las vacuolas se hacen presentes. Núcleo (N), Ooplasma (OP), gránulos de vitelo (GV). (Figura 20).

Figura 21. Sección posterior del ovario. (100x)



En la microfotografía se aprecian oocitos en estado de atresia o estado V, contornos celulares irregulares y algunos oocitos colapsados (OC). (Figura 21).

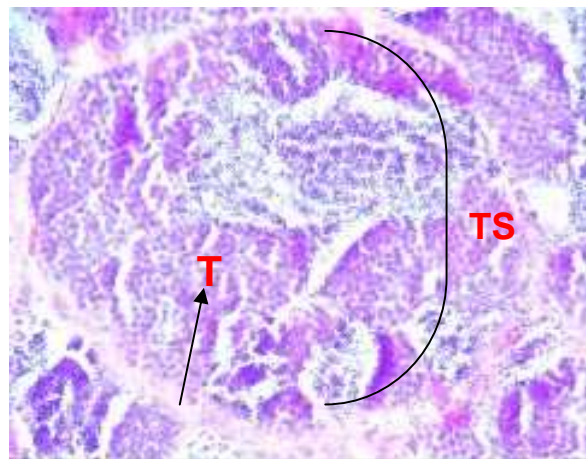
6.1.3 Testículos Los testículos se presentaron como un solo cuerpo bilobulado de color blanco marfil con abundantes vasos sanguíneos y en la mayoría de los casos ocupaban el 60% de la cavidad corporal. (Figura 22).

Figura 22. Testículos de *E. mutisii*



6.1.4 Análisis histomorfológico de testículos Los cortes histológicos realizados en diferentes secciones del testículo de un ejemplar maduro sexualmente, muestran diferentes etapas de espermatogénesis lo cual está de acuerdo con lo reportado por Velandia y Sánchez⁴⁸, y lo expuesto por Marcucci, Gonzáles y Rosado⁴⁹.

Figura 23. Sección posterior del testículo. (40x)



En el corte transversal se observa una capa eosinofílica simple continua de células fibrosas denominada túnica albugínea (T) rodeando el túbulo seminífero (TS) de forma definida pero delgada característica también reportada por Velandia y Sánchez⁵⁰ para un testículo maduro. (Figura 23).

6.2 EVALUACIÓN DEL FLUIDO ESPERMÁTICO

6.2.1 Características físicas

6.2.1.1 Color El fluido seminal obtenido por masaje abdominal presentó un color blanco lechoso de consistencia espesa, lo cual está de acuerdo a las características descritas por Marcucci, Gonzáles y Rosado⁵¹ para *E. mutisii* y por

⁴⁸ *Ibid.* P. 37.

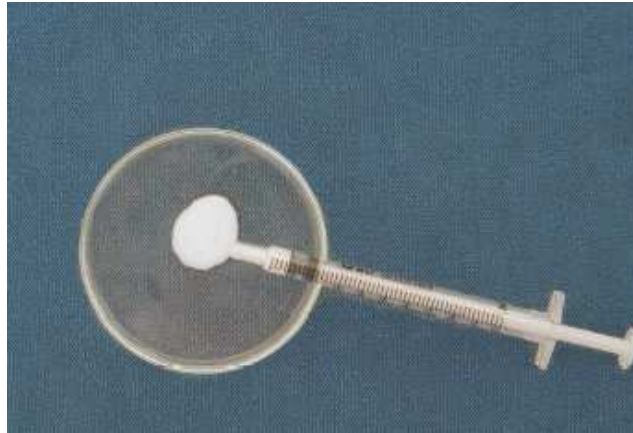
⁴⁹ MARCUCCI, GONZALES Y ROSADO, *Op Cit.* P. 19.

⁵⁰ VELANDIA, *Op Cit.* P. 39.

⁵¹ MARCUCCI, GONZALES Y ROSADO, *Op Cit.* P. 22.

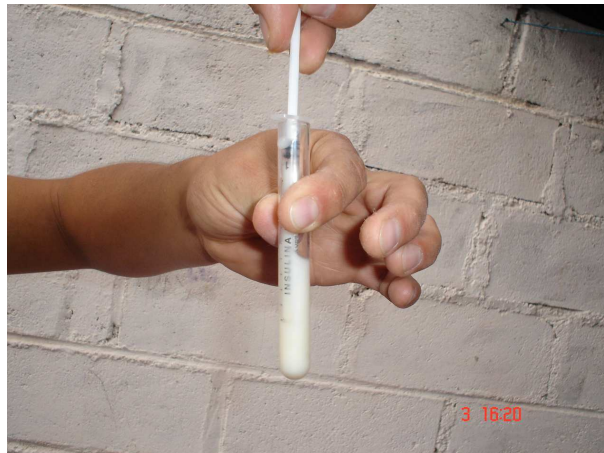
González et al⁵² para las especies nicuro *Pimelodus grosskopfii* y yaque *Pimelodus blochii*. (Figura 24).

Figura 24. Aspecto físico del fluido espermático



6.2.1.2 Volumen El volumen promedio de fluido seminal obtenido de 20 ejemplares fue de 3.12 ± 0.03 ml (36.6 ml por kg de peso vivo). González et al⁵³ reporta volúmenes de 0.021 ml y 0.11 ml, obtenidos con las mismas técnicas en las especies nicuro *Pimelodus grosskopfii* y yaque *Pimelodus blochii* respectivamente. (Figura 25). (Anexo E).

Figura 25. Volumen del fluido espermático obtenido



6.2.2 Características microscópicas

⁵² GONZALES, Olga Esperanza. Crió preservación de Bagres Nativos. Bogota 1997, p. 63. Trabajo de Grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

⁵³ *Ibíd.* P. 65.

6.2.2.1 Motilidad espermática La motilidad espermática se encontró en un promedio de 71.9 ± 11.1 s, considerándose valores altos lo cual es benéfico desde el punto de vista de la viabilidad del fluido. Estos valores son similares a las registradas para *E. mutisii* por Macucci, Gonzáles y Rosado⁵⁴ en promedio de 71.6 ± 7.4 s. La motilidad espermática obtenida es mayor a la reportada por Obando, Patiño y Riascos⁵⁵ para trucha arco iris *Oncorhynchus mikiss*, de 38 s. en promedio e inferior a la reportada por Contreras⁵⁶ para bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* de 150 sg en promedio. (Anexo A).

6.3 DETERMINACION DE PESOS Y LONGITUDES

El peso promedio de las hembras evaluadas fue de 152.75 ± 30.05 g, con un coeficiente de variación de 19.67%. La longitud estándar promedio fue de $21.75 \text{ cm} \pm 0.94 \text{ cm}$; la longitud total promedio fue de $24.91 \pm 0.91 \text{ cm}$. El peso promedio de los machos evaluados fue de 148.1 ± 28.64 g, con un coeficiente de variación de 19.33%, una longitud estándar promedio de $21.86 \pm 1.35 \text{ cm}$ y una longitud total promedio de $24.43 \pm 0.95 \text{ cm}$. (Tabla 2). (Anexo B y C)

Tabla 2. Registro de promedios de peso, longitud estándar y longitud total de los ejemplares evaluados.

Peso (g)		Longitud estándar (cm)		Longitud Total (cm)	
♀	♂	♀	♂	♀	♂
152.75	148.1	21.75	21.86	24.91	24.43

Al realizar la prueba de ANOVA no se encontraron diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que los tratamientos fueron homogéneos con respecto al peso de las hembras. (Anexo D). Al realizar la prueba de correlación múltiple se encontró una relación del 84.6% entre el peso y la longitud estándar y del 79.13% entre el peso y la longitud total. (Anexo E). Al efectuar el análisis de regresión se encontró que el peso de las hembras depende de la longitud total en un 81.72%, y con respecto a la longitud estándar en un 71.58%, el resto se debe a otros

⁵⁴ MARCUCCI, GONZALES Y ROSADO, Op Cit. P. 25.

⁵⁵ OBANDO, Patricia. PATIÑO, Fernando y RIASCOS, Luís. Caracterización y Evaluación de dos diluyentes en la crío preservación de semen de trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). Pasto. 2004, 23. p. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

⁵⁶ CONTRERAS, Julián. Proyecto Estación Piscícola San Silvestre. Barrancabermeja. Colombia: INDERENA. 1989. P. 21.

factores como el grado de madurez sexual de los ejemplares, y la ocurrencia de posibles desoves previos a la captura. (Figuras 26 y 27).

Figura 26. Modelo de regresión entre las variables peso y longitud total.

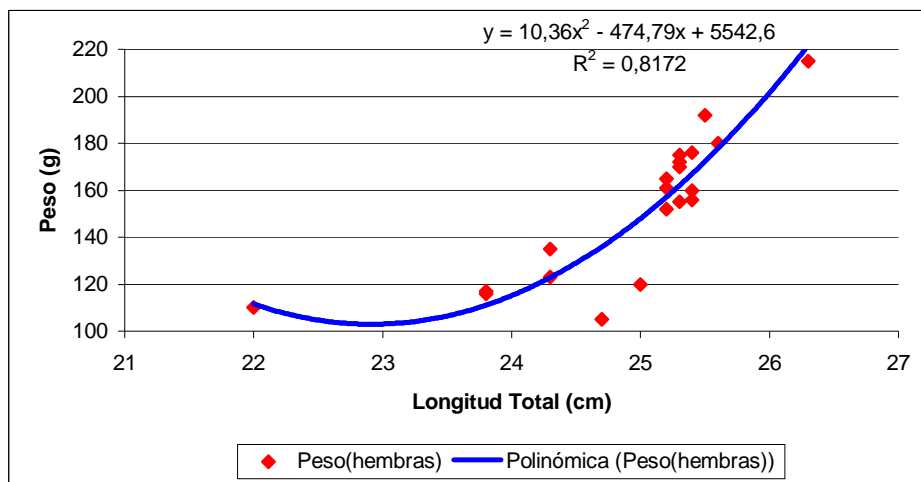
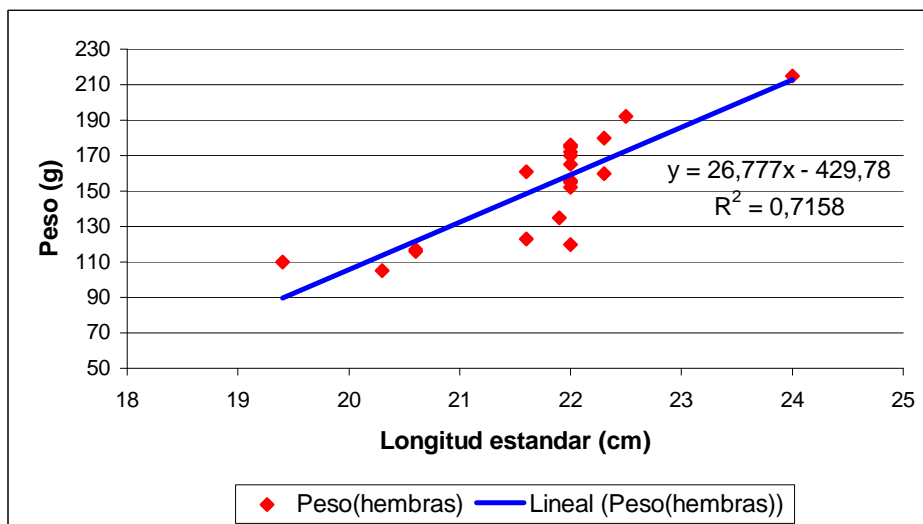


Figura 27. Modelo de regresión entre las variables peso y longitud estándar.



Los valores encontrados con respecto a la dependencia entre las variables longitud y peso son similares a las reportadas por Velandia y Sanchez⁵⁷, para

⁵⁷ VELANDIA, G y SANCHEZ J. Hábitos alimentarios y vida reproductiva del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (pises) del tramo del río Bogota en el municipio de Suesca. Cundinamarca,

ejemplares capturados e un tramo del río Bogotá, quienes registran valores de 79.03% de dependencia para las mismas variables.

6.4 VARIABLES EVALUADAS EN TRATAMIENTOS

El tratamiento T_0 correspondiente a ejemplares maduros no inducidos hormonalmente, no presentó desove natural, lo cual es similar a lo reportado por Marcucci, González y Rosado⁵⁸. Esa condición se debe posiblemente al bloqueo del proceso de maduración gonadal producido por el estado de cautiverio. Las hormonas y las dosis utilizadas en los tratamientos T_1 , T_2 , T_3 fueron efectivas por cuanto se obtuvo desove, fertilización y eclosión (Anexo F), igualmente las pruebas estadísticas detectaron diferencias significativas para algunas variables.

6.4.1 Tiempo de desove En el tratamiento T_1 se obtuvo un promedio de 15 horas, para el T_2 se obtuvo un promedio de 17 horas y para el T_3 un promedio de 15.6 horas. (Tabla 3). La prueba de ANOVA reportó diferencias significativas para el tratamiento T_2 . (Anexo G). Los resultados obtenidos para el T_2 son diferentes a los reportados por Marcucci, Gonzales y Rosado⁵⁹, para la misma especie a 16° C, lo cual sugiere que la temperatura y la cantidad de hormona influyen en el tiempo de desove empleado por los ejemplares. (Tabla 4).

Tabla 3. Valores descriptivos para el tiempo de desove.

	T1	T2	T3
Tiempo de desove (Horas)	15	17	15.6
Desviación estándar	0.0	1.0	0.89
Coefficiente de variación.	0.0	5.88	5.73

Tabla 4. Tiempo de desove de *E. mutisii* y otras especies ícticas.

	Tiempo de

Colombia. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá: Facultad de Ciencias. Programa de Biología Aplicada. 2001. 30. p.

⁵⁸ MARCUCCI, GONZALES Y ROSADO, Op Cit. P. 26.

⁵⁹ *Ibíd.* P. 32.

Autor	Especie	Hormonas	T (°C)	Cantidad	desove (horas)
Marcucci, et al. ⁶⁰	<i>E. mutisii</i>	EPC	16	5.5 mg/kg	18
Lucchini ⁶¹	<i>Rhamdia sapo</i>	HCG	25	1.5 UI/g	10
Valencia ⁶²	<i>Ageneiosus caucanus</i>	EPC	24	6 mg/kg	13
Contreras et al. ⁶³	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	EPC	28	1 mg/kg	8
Benavides y Ortega	<i>E. mutisii</i>	HCG	14	8 UI/g	17

6.4.2 Numero de Oocitos. El número de oocitos producidos en promedio para los tratamientos T₁, T₂ y T₃, fueron 84500 ± 9684, 83200 ± 7083 y 80700 ± 8620 respectivamente; y con un coeficiente de variación promedio de 9.7%. (Tabla 5). La prueba de ANCOVA demostró que el peso de los ejemplares influye en el número de oocitos producidos, lo cual se explica porque durante la etapa de maduración sexual de los peces las gónadas incrementan su tamaño y de igual forma aumentan de peso. La prueba de Tukey no encontró diferencias significativas entre los tratamientos. (Anexo H).

Tabla 5. Valores descriptivos para el número de oocitos.

	T1	T2	T3
No. oocitos	84520	83280	80700
Desviación estándar	9648.8	7083.5	8620.6
Coeficiente de variación.	11.4	8.5	10.6

Los valores obtenidos del No. de oocitos son superiores a los registrados en especies como *Rhamdia quelem* y *Pseudoplatystoma fasciatum*. (Tabla 6).

⁶⁰ Ibíd. P. 28.

⁶¹ LUCHINI, Laura. Manual para el cultivo del bagre suramericano (*Rhamdia sapo*). Santiago, Chile: FAO, 1990. 60 P.

⁶² VALENCIA, Oscar. Algunos aspectos técnicos reproductivos y ontogénicos de "la doncella (*Ageneiosus caucanus*, Steindachner 1880)", de la cuenca del río magdalena. En: Ciencia Rural. Brasile. Vol. 30. No. 1. 2000. P. 38.

⁶³ CONTRERAS, Op Cit. P. 10

Tabla 6. Comparación del número de oocitos en *E. mutisii* y otras especies ícticas.

Autor	Especie	Hormonas	T (°C)	Cantidad	Nº de oocitos por kg
Marcucci, et al. ⁶⁴	<i>E. mutisii</i>	EPC	16	5.5mg/kg	435.000
Carvalho ⁶⁵	<i>Rhamdia quelem</i>	EPC	24.5	5.0 mg/kg	526.520
Contreras et al ⁶⁶	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	EPC	28	1 mg/kg	92.130
Benavides y Ortega	<i>E. mutisii</i>	EPC, HCG	14	7mg/kg, 8 UI/g	542.280

6.4.3 Porcentaje de Fertilización. La transformación con raíz cuadrada de los porcentajes de fertilización permitió analizar estadísticamente los datos porcentuales, obteniendo en los tratamientos T₁, T₂ y T₃ los promedios de 15 ± 2.55, 14.2 ± 3.63 y 14.8 ± 3.96 respectivamente; el coeficiente de variación fue de 10.9%. (Tabla 7). El análisis de varianza no estableció diferencias significativas entre los tratamientos. (Anexo I). Estos valores son inferiores a los estudiados para la misma especie por Marcucci, González y Rosado⁶⁷, lo cual se debe posiblemente a una deficiente calidad del fluido espermático, contaminación con agua u orina o a la activación temprana del mismo, a los efectos de la fluctuación de la temperatura y una alta turbidez en el agua. (Tabla 8).

Tabla 7. Valores descriptivos para el Porcentaje de Fertilización

	T1	T2	T3
--	----	----	----

⁶⁴ *Ibíd.* P. 28.

⁶⁵ CARVALHO. Levy, GOLOMBIESKI, Jacqueline, CHIPPARI, Adriana y BALDISSEROTO, Bernardo. *Biología do jundia Rhamdia quelem* (Teleósteos, Pimelodidae) *En: Ciencia Rural*. Brasil. Vol. 30 1998; P. 45.

⁶⁶ CONTRERAS, *Op Cit.* P. 10

⁶⁷ MARCUCCI, GONZALES Y ROSADO, *Op Cit.* P. 35.

Porcentaje Fertilización (%)	15	14.2	14.8
Desviación estándar	0.33	0.48	0.50
Coefficiente de variación.	8.59	12.9	13.2

Tabla 8. Comparación del porcentaje de fertilización en *E. mutisii* y otras especies ícticas

Autor	Especie	Hormonas	T (°C)	Dosis	% de fertilización
Marcucci, et al. ⁶⁸	<i>E. mutisii</i>	EPC	16	5.5 mg/kg	22
Sierra ⁶⁹	<i>Leiarius marmoratus</i>	EPC	28	5.5 mg/kg	25
Ortega y Rodríguez ⁷⁰	<i>Rhamdia quelen</i>	EPC ,HCG	24.5	2.0UI/g, 4.0 mg/kg	32.5
Benavides y Ortega	<i>E. mutisii</i>	EPC, HCG	14	7mg/kg, 8 UI/g	14.6

6.4.4 Porcentaje de eclosión La transformación con raíz cuadrada del porcentaje de eclosión permitió analizar estadísticamente los datos porcentuales, obteniendo en los tratamientos T₁, T₂ y T₃ los promedios de 2.3 ± 0.84 , 1.5 ± 1.0 y 1.1 ± 0.55 respectivamente; el coeficiente de variación fue de 29.42%. (Tabla 9). El análisis de varianza no estableció diferencias significativas entre los tratamientos. (Anexo J).

Tabla 9. Valores descriptivos para el porcentaje de eclosión

⁶⁸ MARCUCCI, GONZALES, ROSADO Op cit. P. 36.

⁶⁹ SIERRA, Rosana. Algunos aspecto reproductivos y ontogénicos del silúrido Yaque (*Leiarius Marmoratus*) En: Ciencia rural. Brasil. Vol. 30, UFRPE. 2000; P. 46.

⁷⁰ORTEGA, Lucy, RRODRIGUEZ, Carlos. Op Cit. P. 105.

	T1	T2	T3
Porcentaje Eclosión (%)	2.3	1.17	5.12
Desviación estándar	0.3	0.4	0.2
Coefficiente de variación.	20.4	34.2	24.2

Los valores obtenidos para el porcentaje de eclosión son menores a los establecidos para especies como *Rhamdia quelen*, *Pseudoplatystoma fasciatum* y *Leiarius marmoratus*. (Tabla 10) Las posibles causas para esto pueden ser una constante fluctuación de la temperatura así como también el efecto de la contaminación causada por descomposición de las ovas no fertilizadas..

Tabla 10. Comparación del porcentaje de eclosión en *E. mutisii* y otras especies ícticas

Autor	Especie	Hormonas	T (°C)	Cantidad	% de eclosión
Marcucci, et al. ⁷¹	<i>E. mutisii</i>	EPC	16	5.5 mg/kg	8
Sierra ⁷²	<i>Leiarius marmoratus</i>	EPC	28	5.5 mg/kg	90
Ortega y Rodríguez ⁷³	<i>Rhamdia quelen</i>	EPC ,HCG	24.5	2.0 UI/g , 4.0 mg/kg	12
Benavides y Ortega	<i>E. mutisii</i>	EPC	14	7mg/kg	2.3

6.5 DESCRIPCIÓN DE LAS OVAS

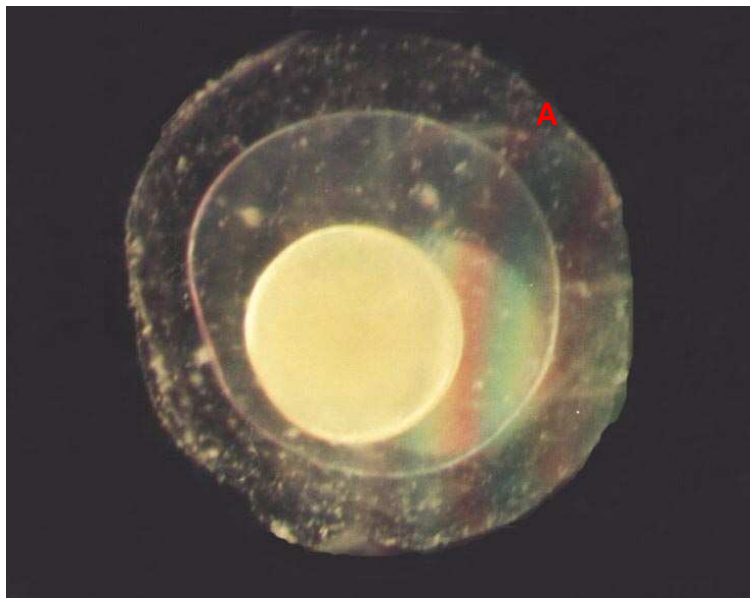
⁷¹ MARCUCCI, GONZALES, ROSADO. Op Cit. P.38.

⁷² SIERRA, Rosana. Op Cit. P. 48.

⁷³ ORTEGA, Lucy, RRODRIGUEZ, Carlos. Op Cit. P. 105.

El diámetro promedio de los oocitos obtenidos fue de 1 mm, y se incrementó de 3 a 4 mm con la hidratación completa, siendo estos valores iguales a los definidos por Marcucci, Gonzáles Y Rosado⁷⁴ en capitán de la sabana; y a los reportados por Carvalho et al,⁷⁵ de 1.0 a 1.3 mm para oocitos de *Rhamdia quelen*. Como característica particular las ovas hidratadas de *E. mutisii* poseen una capa gelatinosa envolvente similar en sus características a la presente en especies de silúridos como *Rhamdia sapo* y *rhamdia quelen* por Godhino, et. al.⁷⁶ y Clavijo⁷⁷ respectivamente lo que indica que los oocitos requieren de este mecanismo de protección contra las bacterias y los fuertes movimientos en el agua. (Figura 28)

Figura 28. Capa gelatinosa envolvente (A).



6.6 TIEMPO DE INCUBACIÓN

⁷⁴ MARCUCCI, GONZALES Y ROSADO, Op Cit. P. 40.

⁷⁵ CARVALHO. Levy, GOLOMBIESKI, Jacqueline, CHIPPARI, Adriana y BALDISSEROTO, Op Cit. P. 47.

⁷⁶ GODHINO, et. al. Desarrollo embrionario y larval de *Rhamdia Hilarii*. Sao Paulo: GUNTHER, 1978. 328 p.

⁷⁷ CLAVIJO, J. Desarrollo embrionario de *Rhamdia sebae*. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 44.

El proceso de eclosión ocurrió a los 896 grados/hora (64 horas a un promedio de 14°C). Marccuci, Gonzáles y Rosado⁷⁸, reportan eclosiones entre 1400 y 1500 grados - hora, para la misma especie; esta diferencia podría deberse a cambios en la temperatura. Las larvas recién eclosionadas midieron entre 2.0 y 2.5 mm de longitud total, al ser observadas al estereoscopio se apreció la forma semiesférica y apariencia granulosa del saco vitelino, el cual posee una coloración verdosa translúcida, nado errático y marcada fotofobia. Marccuci, Gonzáles y Rosado⁷⁹ reportan las mismas longitudes totales para larvas de *E. mutisii*. En comparación, las larvas recién eclosionadas de *Rhamdia sebae*, miden de 2.8 a 3.0 mm, Clavijo⁸⁰. (Figura 29 y 30).

Figura 29. Embriones durante la hora 60 de incubación

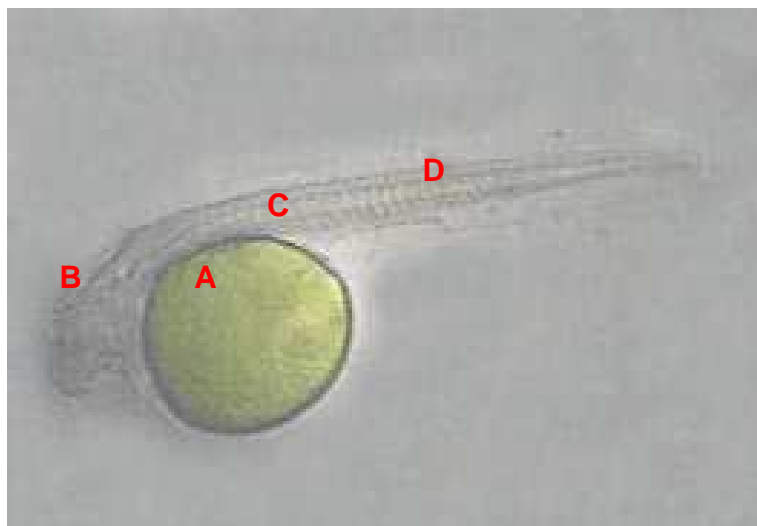


⁷⁸ MARCUCCI, GONZALES Y ROSADO, Op Cit. P. 42.

⁷⁹ *Ibíd.* P. 44

⁸⁰ CLAVIJO. J, Op Cit P.47.

Figura 30. Larva recién eclosionada



A. Saco vitelino

B. Vesícula óptica

C. Somitos

D. Notocordio

7. ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DEL SECTOR DE CAPTURA

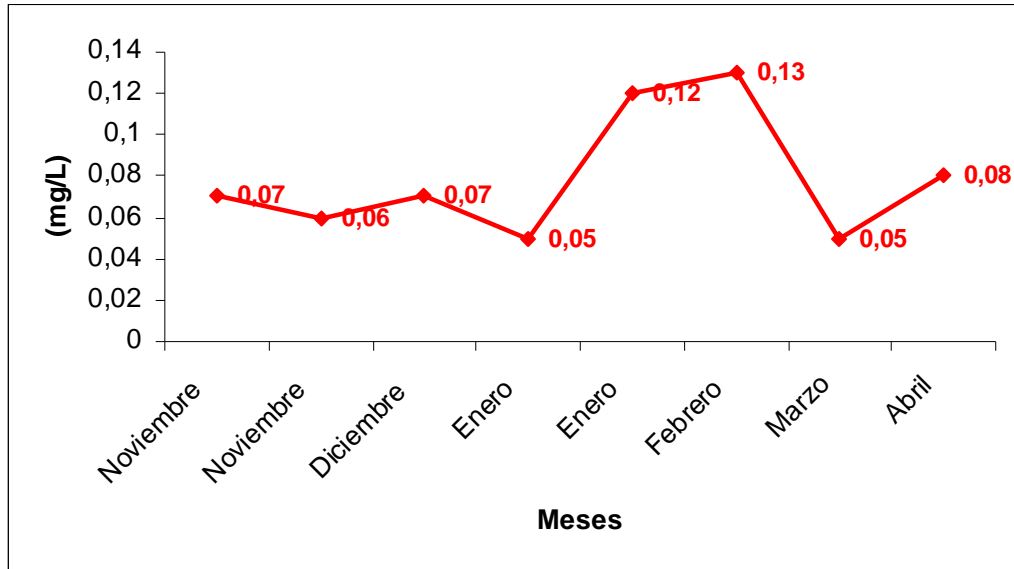
7.1 Amonio En el sector de captura se obtuvieron valores de 0.078 ± 0.03 mg/l (Anexo K) (figura 31). Esta condición supone la presencia de aguas residuales con contenidos de materiales orgánicos. García, Mora y Rodríguez⁸¹ certifican valores de 0.136 ± 0.011 mg/l de amonio en el mismo sector durante el periodo noviembre - abril de 2001, lo cual sugiere que los valores obtenidos se encuentran dentro de la normalidad de valores reportados para lagos oligotróficos, entre 0.06 y 0.3 mg/l. Roldan⁸² y Velandia et al⁸³ establecieron valores entre 0.84 ± 0.12 mg/l de amonio en el sector de Suesca (Cundinamarca) durante la captura de ejemplares de *E. mutisii*, lo que demuestra que la especie tolera estos niveles de amonio.

⁸¹ GARCIA, Roberto. MORA, Amanda y Rodríguez, Hugo. Evaluación de parámetros físico químicos como indicadores del grado de eutrofización del lago Guamúes. Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. Pasto 2001, 71. p. Trabajo de grado (Ingeniero En Producción Acuicola). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.

⁸² ROLDAN. Op Cit. P. 119.

⁸³ VELANDIA. Op Cit. P. 50.

Figura 31. Curva de amonio determinado en el sector de captura Nov- Abr 2004 – 2005

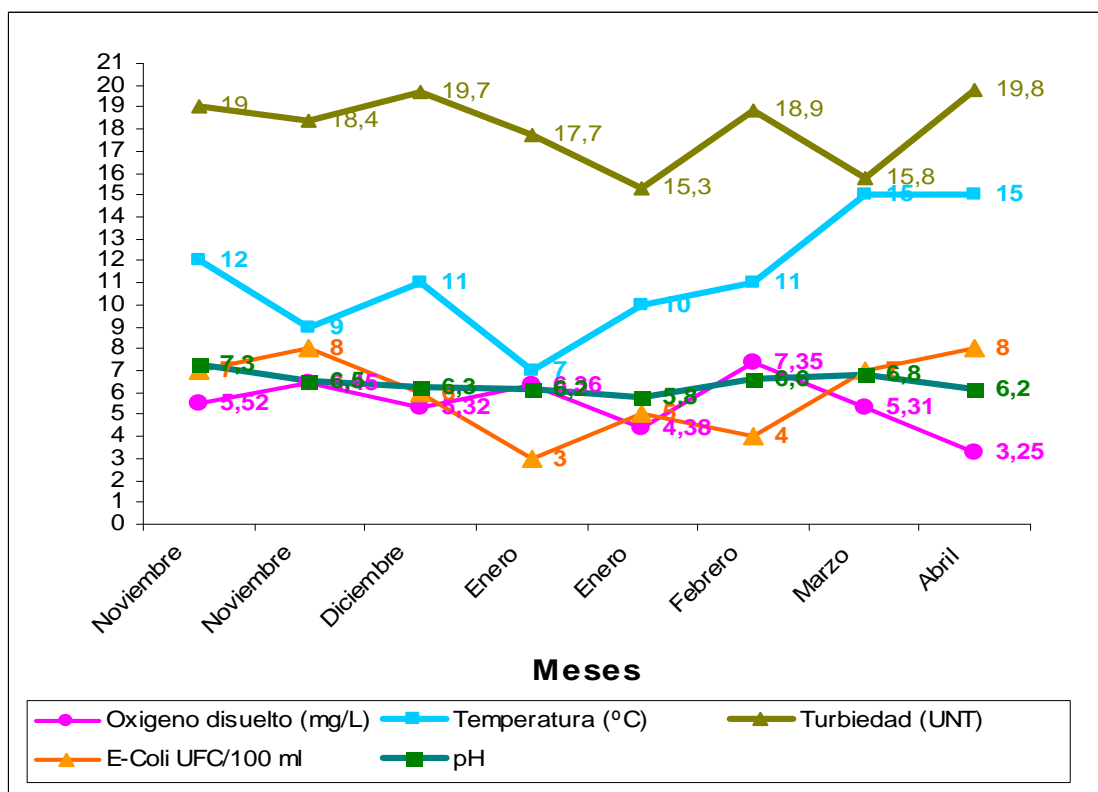


7.2 Oxígeno disuelto En el sector de captura se obtuvo un valor promedio de 5.49 ± 1.27 mg/l. (Anexo M) (figura 32). Durante el periodo de estudio se encontraron valores mínimos de 4.38 mg/l y máximos de 7.35 mg/l. Estas variaciones se deben a la hidrodinámica del sector de captura influenciada por el oleaje y el paso de embarcaciones a motor, lo cual produce intercambio de agua y su oxigenación. García, Mora y Rodríguez⁸⁴ determinaron valores de 6.55 ± 0.34 mg/l, en el mismo sector para el periodo noviembre – abril 2001. Pineda⁸⁵ reporta que el hábitat de la especie en épocas de verano registra un promedio de 3.3 p.p.m y 3.9 p.p.m y afirma que el capitán es una especie euhipóxica por su resistencia a tolerar bajas concentraciones de oxígeno disuelto propias del hábitat lenticó en el que vive.

⁸⁴ GARCIA, R. MORA, A y RODRIGUEZ, H. Op Cit. P. 74.

⁸⁵ PINEDA, N y FLORES, A. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt 1805) a diferentes temperaturas de aclimatación. Bogotá, 1983, P. 23. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Biología.

Figura 32. Curva de parámetros físicos, químicos y microbiológicos determinados en el sector de captura en el periodo Nov- Abr 2004 – 2005



7.3 pH El promedio de pH para el sector de captura fue de 5.21 ± 0.72 , (Anexo M) considerándose bajo, teniendo en cuenta la clasificación de Roldan⁸⁶ de 6.5 a 7.5 para lagos oligotróficos. (Figura 32) Esta condición es causada por el efecto de la descomposición de la materia orgánica presente en los distintos afluentes. Velandia et al⁸⁷, registraron valores promedio de pH de 6.8 a 7.2, determinados en el sector de Suesca (Cundinamarca) durante la captura de ejemplares de *E. mutisii*.

7.4 Temperatura El promedio de temperatura registrada en el sector de captura fue de 11.2 ± 2.76 ° C. (Anexo M),(Figura 32). García, Mora y Rodríguez⁸⁸

⁸⁶ ROLDAN. Op Cit. P. 124.

⁸⁷ VELANDIA. Op Cit. P 52.

⁸⁸GARCIA R. MORA, A y RODRIGUEZ, H. Op Cit. P. 76

determinaron un promedio de 15.99 ± 0.6 ° C en el mismo sector durante el periodo nov - marzo de 2001. Esta diferencia es explicable teniendo en cuenta que la temperatura es un parámetro que fluctúa dependiendo del estado del tiempo, la época del año y los fenómenos climáticos. Los promedios de temperatura medidos en el sector de captura están dentro del rango de valores registrados para lagos oligotróficos de alta montaña, que normalmente están entre 11.5 y 45.5 ° C de acuerdo a lo establecido por Roldan⁸⁹.

7.5 Coliformes fecales Los valores promedio para este parámetro fueron de 6.0 ± 1.85 Unidades Formadoras de Colonias. (Anexo M), (Figura 32). Velandia⁹⁰ obtuvo valores promedio de 5.27 UFC durante las capturas de *E. mutisii* realizadas en el tramo del río Bogota en el municipio de Suesca (Cundinamarca) lo cual indica que no existe una relación directa entre los niveles de coliformes fecales y el hábitat natural de la especie.

⁸⁹ ROLDAN. Op Cit. P. 127.

⁹⁰ VELANDIA. Op Cit. P 55.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

La utilización de Extracto pituitario de carpa (EPC) en dosis 7 mg/kg como también de Gonadotropina Coriónica Humana (HCG), aplicada en dosis 8 UI/g y la utilización simultánea de EPC y HCG en dos dosis de 1.4 mg/kg y 6.4 UI/g respectivamente con 12 horas de diferencia entre aplicaciones, estimulan la ovoposición en cautiverio de hembras sexualmente maduras de *E. mutisii*.

La inducción de machos de *E. mutisii* con una dosis única de 1UI/g de gonadotropina coriónica humana HCG, incrementa la expulsión de fluido seminal bajo condiciones de cautiverio.

El capitán de la sabana *E. mutisii* inducido hormonalmente con EPC, HCG y EPC + HCG, con una temperatura promedio de 14^o C, desova en un periodo de entre 15 a 17 horas después de la segunda dosis; y la eclosión ocurre de 800 a 900 grados - hora.

La aplicación de 7mg/kg de EPC registró los mejores efectos con relación al tiempo de desove, sin embargo el tipo de hormona no influyo en el número de oocitos ni en el porcentaje de fertilización y de eclosión. De igual forma el peso de las hembras influyó en el número de oocitos producidos.

El peso promedio de las hembras de capitán *E. mutisii* evaluadas fue de 152.75 g, con una longitud estándar de 21.75 cm y una longitud total de 24.91 cm

El promedio del tiempo de incubación de las ovas de capitán *E. mutisii* a una temperatura de 14^o C fue de 800 a 900 grados – hora.

El capitán de la sabana *E. mutisii* es una especie con maduración ovárica de tipo asincrónico debido a que las gónadas de los ejemplares maduros poseen folículos en diferentes estadios de desarrollo.

Los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados en el sector de captura de los ejemplares de *E. mutisii* demuestran que los parámetros se encuentran dentro de las concentraciones normales, según lo establecido para lagos oligotróficos de alta montaña de la zona tropical.

8.2 RECOMENDACIONES

Realizar ensayos de reproducción inducida con factores liberadores de hipotálamo tipo GnRH en diferentes dosis, comparándolas con HCG y EPC en busca de perfeccionar los resultados logrados en esta investigación.

Mejorar la metodología de incubación de los huevos, estandarizando las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas del agua.

Implementar estudios relacionados con la alimentación y la adaptación en condiciones controladas, lo cual incrementará la sobrevivencia de los ejemplares destinados a reproducción y mantenimiento en confinamiento.

Evaluar técnicas y sistemas tendientes a explotar las condiciones del capitán *E. mutisii* en condiciones de cautiverio.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, C, ANGEL, F. Reproducción inducida e incubación del bagre pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) (Linnaeus, 1766) y barbudo (*Pimelodus grosskopfii*) (Steindachner, 1880) bajo condiciones del Valle del Cauca. Palmira, 1999, 123 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

AMAYA, R. Contribución al Estudio biológico del Capitán de la Sabana *Eremophilus mutisii* Humbolt 1805, en el Lago de la Tota. Bogota. 1995. 46 p. Trabajo de grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología.

AMAYA, R y ANZOLA, E. Generalidades sobre el cultivo de la trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*). Bucaramanga: INDERENA. 1988.

BALINSKY, B. Introducción a la Embriología. Barcelona: Omega, S.A., 1978. P 63.

BARNABE, G. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Zaragoza, España: Acribia, 1996. P 519.

BOHÓRQUEZ. Caracterización cromosómica y aspectos biológicos del capitán enano (*Trychomycterus bogotense*), Bogota, 2000. 418 p. Tesis de grado. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Biología.

CALA, P y SARMIENTO, N. Cambios Histomorfologicos en el ovario del pez capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*) durante el ciclo reproductivo anual en la laguna de Muña, sistema Río Bogota. En: Acta Biol. Bogota. 1982. P 150.

CARVALHO. L, GOLOMBIESKI, J, CHIPPARI, A y BALDISSEROTO, B. Biología do jundia *Rhamdia quelen* (Teleósteos, Pimelodidae) En: Ciencia Rural. Brasil .Vol. 30 1998; P 60.

CHAPARRO, N. Reproducción artificial y manipulación genética en peces. Colombia: Mejoras. 1994. P 207.

CLAVIJO, J. Desarrollo embrionario de *Rhamdia sebae*. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 44.

COLL, J. Acuicultura Marina Animal. Madrid: Ediciones Mundi prensa, 1991. P 670.

CONTRERAS, J. Proyecto estación piscícola san silvestre. Barrancabermeja. Colombia: INDERENA. 1989. P. 35.

DAHL, G. Los peces del norte de Colombia. Bogotá: Comité editorial Alfredo Acero, Jorge Hernández, Plutarco Cala. 1971. P.372.

DIAZ. S, ARIAS. C, Comparación del Ovaprim y del extracto de hipófisis de carpa (EHC) en la inducción a la ovulación y desove de Barbilla *Rhamdia sebae* c.f. (Pises: Pimelodidae). En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 118.

Eremophilus mutisii, FISHBASE. / Alemania. (Citado el 8 Feb. 2004). 1 p. Disponible en Internet :
<http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm?ID=10409&genusname=Eremophilus&speciesname=mutisii>

GARCIA, R. MORA, A y RODRIGUEZ, H. Evaluación de Parámetros físico-químicos como indicadores del grado de eutrofización del lago Guamúes, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. Pasto 2001, 108 p. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

GODHINO, *et. al.* Desarrollo embrionario y larval de *Rhamdia Hilarii*. Sao Paulo: GUNTHER, 1978. P. 759.

GONZALES, O. Crío preservación de Bagres Nativos. Bogota 1997, 81 p. Trabajo de Grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

GUTIERREZ, E, ARIAS, C. Uso del primogonil en la inducción reproductiva de *Rhamdia sebae* c.f. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 124.

HARVEY, B y HOAR, W. Teoría y Práctica de la Reproducción Inducida. Ottawa, Canadá.1979. P. 48.

DANIEL, H. Sinopsis de Biología. Medellín. Colombia. Bedout. 1965. P. 351.

HERNANDEZ, J y SOTTO, G. Desarrollo de un policultivo de Trucha Arco iris (*O. mykiss*) y capitán de la sabana (*E. mutisii*) a diferentes densidades de siembra utilizando un concentrado comercial. Pasto, 1993. 95 p. Tesis de Acuicultura. Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de Acuicultura.

JUNCA, V. Fecundidad en el tigrillo *Pimelodus pictus*. En: Boletín científico INPA. Bogota. Vol. 7; 2002; P. 48.

LÓPEZ, J. RUBIO, E. Vulnerabilidad de especies ícticas nativas con relación a especies ícticas introducidas en la cuenca alta del río Cauca. En: Revista científica de la facultad de ciencias pecuarias. Pasto. Volumen 4. Número 7. 2001. P. 35.

LUCHINI, L. Manual para el cultivo del bagre suramericano (*Rhamdia sapo*). Santiago, Chile: FAO, 1990. P.60.

MARCUCCI, R, GONZALES, J y ROSADO, R. Descripción general del desarrollo embrionario y primeros estadios larvales del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) obtenidos mediante tratamiento hormonal. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 44.

----- . Protocolo para la reproducción inducida del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) obtenidos mediante tratamiento hormonal.

En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 139.

OBANDO, A. PATIÑO, L y RIASCOS, L. Caracterización y Evaluación de dos diluyentes en la crío preservación de semen de trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). Pasto. 2004, 37 p. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

OROZCO, N y RIVERA, R. Efecto de la gonadotropina coriónica HCG (primogonyl) en la reproducción inducida de trucha arco iris (*salmo gairdneri*). Pasto, Colombia. 1983. 36 p. Tesis de zootecnia. Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de Zootecnia.

ORTEGA, J y VILLOTA, C. Efecto de la buserelina en la calidad del semen de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo condiciones de cautiverio. Pasto, 1994, 92 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.

PARDO, S. *et. al.* Avaliação de incubadoras experimentais para pesquisa em reprodução induzida En: AQUICULTURA. (11º 2000: Brasil). Memorias AQUICULTURA. Florianapolis-SC: Simbraq, 2000. P.202.

PINEDA, N y FLORES, A. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) a diferentes temperaturas de aclimatación. Bogotá, 1993, .35 p. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Biología.

RODRÍGUEZ, M. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. México DF: A.G.T Editor. 1992. P. 79.

RODRIGUEZ, H y ANZOLA, E. Calidad del agua en acuicultura continental. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), 1995. P. 278.

RODRIGUEZ H. y CARRILLO M. Fundamentos de Acuicultura continental. INPA. Bogotá. 2001. P. 237.

RODRIGUEZ, R y CALDERON J. Estudio de algunos parámetros anatómo-fisiológicos para la determinación del potencial piscícola del capitán de la sabana (*E. mutisii*) del lago Guamúes. Pasto. 1983. 55 p. Tesis de acuicultura. Universidad de Nariño. Ciencias Pecuarias. Departamento de Acuicultura.

RODRIGUEZ, C y ORTEGA, A. Evaluación comparativa del efecto del extracto pituitario de carpa (EPC) y gonadotropina coriónica humana (HCG) en la reproducción inducida del bagre del Patía (*rhamdia quelen*) en condiciones de cautiverio. Pasto 2004, 121 p. Trabajo de Grado (Ingeniero en Producción acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

ROLDAN, G. Manual de Limnología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, 2004. P. 217.

SIERRA, R. Algunos aspectos reproductivos y ontogénicos del silúrido Yaque (*Leiarius marmoratus*) En: Ciencia Rural. Brasil. Vol. 30, UFRPE. 2000; P. 70.

TORO, C. Proyecto cultivo experimental del capitán de la Sabana. Manuscrito CAR. Bogota. 1989. P. 24.

VALENCIA, O. Algunos aspectos técnicos reproductivos y ontogenicos de “la doncella (*Ageneiosus caucanus*, Steindachner 1880)”, de la cuenca del río magdalena. En: Ciencia Rural. Brasile. Vol. 30. No. 1. 2000. P. 60.

VELAZCO, J. ARIAS, J, CRUZ, P. Efecto de la Inducción Hormonal con Extracto de Hipófisis de carpa (EHC) sobre algunas características seminales de *Rhamdia sebae* c.f. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10º 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura. Villavicencio. 2004. P. 116.

VELENDIA, G y SANCHEZ J. Hábitos alimentarios y vida reproductiva del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (*pises*) del tramo del río Bogota en el municipio de Suesca. Cundinamarca, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada, Bogota: Facultad de Ciencias. Programa de Biología Aplicada. 2001. P. 45.

ZANUY, S y CARRILLO, M. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura. En: CAICYT. Madrid España. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta editores. 1987; P. 98.

ANEXOS

Anexo A. Características físicas y microscópicas del fluido espermático obtenido de ejemplares de *E. mutisii* inducidos con 1 UI/g de GCH.

No. Ejemplar	Condición	Peso ejemplar (g)	Vol. Fluido (ml)	Peso Fluido (g)	Densidad Fluido (g/ml)	Motilidad Espermática (sg)
21	1	110	1	3	3	70
22	1	140	4.5	13	2.8	58
23	1	113	3.5	9	2.5	83
24	1	137	3.5	10	2.8	69
25	1	135	0	0	0	0
26	2	170	2.5	7.5	3	60
27	2	207	0	0	0	0
28	2	185	2	4	2	73
29	2	205	2	5.5	2.7	81
30	2	150	4.5	13.2	2.9	78
31	2	122	5	14.5	2.9	83
32	2	138	5	15	3	91
33	2	175	5	14	2.8	60
34	2	125	0.5	1.5	3	58
35	2	160	3	8.6	2.8	63
36	2	120	4	12	3	61
37	2	134	0.8	2.8	3.5	68
38	2	125	4	11	2.7	73
39	2	165	3.5	11.7	3.4	98
40	2	146	2	5.8	2.9	70

Condición: (1) No inducido
(2) Inducido

Anexo B. Registro de pesos y longitudes de las hembras de *E. mutisii* inducidas hormonalmente.

No. Ejemplar	Peso (g)	Longitud estándar (cm)	Longitud total (cm)
1	105	20.3	24.7
2	116	20.6	23.8
3	117	20.6	23.8
4	161	21.6	25.2
5	175	22	25.3
6	135	21.9	24.3
7	155	22	25.3
8	123	21.6	24.3
9	110	19.4	22
10	156	22	25.4
11	180	22.3	25.6
12	152	22	25.2
13	215	24	26.3
14	170	22	25.3
15	160	22.3	25.4
16	120	22	25
17	165	22	25.2
18	192	22.5	25.5
19	172	22	25.3
20	176	22	25.4

Anexo C. Registro de pesos y longitudes de los machos de *E. mutisii*

No. Ejemplar	Peso (g)	Longitud estándar (cm)	Longitud total (cm)
21	110	20.3	24.7
22	140	20.7	24.8
23	115	20.6	25.6
24	137	22	24.4
25	135	22	24.4
26	170	22.3	25.7
27	207	24	25.5
28	185	24.5	25.6
29	205	24	25.5
30	150	22	24.5
31	122	20.6	22.3
32	138	22	24.3
33	175	22.3	24
34	125	20.7	22.8
35	160	22	24.3
36	120	22	24.5
37	134	22	24.1
38	125	23	24
39	165	21.2	22.8
40	146	23.5	24.8

Anexo D. Análisis de varianza para el peso de las hembras.

FUENTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F- Ratio	P- Value
Tratamiento	3	6362.95	2120.98	3.14	Ns 0.543
Error	16	10794.80	674.68		

(Ns) No significativo

Anexo E. Análisis de correlación múltiple para peso, longitud estándar y longitud total de las hembras

	Longitud Estándar	Longitud Total
Peso	0.85 (85%)	0.79 (79%)

Anexo F. Tiempo de desove, número de oocitos obtenidos, porcentaje de fertilización y porcentaje de eclosión en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Hormonas	Tiempo de desove (Horas)	Oocitos obtenidos (unidades)	% de Fertilización	√	% de Eclosión	√
T0R1		----	----	---		---	
T0R2		----	----	---		---	
T0R3	-----	----	----	---		---	
T0R4		----	----	---		---	
T0R5		----	----	---		---	
T1R1		15	95700	18	4.24	2	1.41
T1R2	EPC	15	73100	12	3.46	1	1
T1R3		15	86800	15	3.87	3	1.73
T1R4		15	91000	13	3.60	2.5	1.58
T1R5		15	76000	17	4.12	3	1.73
T2R1		18	86000	18	4.24	1	1
T2R2	HCG	16	87300	18	4.24	1	1
T2R3		18	73500	13	3.60	2	1.41
T2R4		17	91000	12	3.46	3	1.73
T2R5		16	78600	10	3.16	0.5	0.71
T3R1		17	91500	13	3.60	1	1
T3R2	EPC +HCG	15	71600	12	3.46	0.5	0.71
T3R3		16	82500	18	4.24	1	1
T3R4		15	85600	20	4.47	2	1.41
T3R5		15	72300	11	3.32	1	1

Anexo G. Análisis de varianza para el tiempo de desove

FUENTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F- Ratio	P- Value
Tratamiento	2	10.53	5.27	8.78	** 0.0045
Error	12	7.20	0.60		

(**) Altamente significativo. (P<0.01)

Método: Tukey HSD 95.0 %

Tratamiento	Media	Grupos Homogéneos
1	15.0	X
2	15.6	X
3	17.0	X

Anexo H. Análisis de covarianza para el número de Oocitos

FUENTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F- Ratio	P- Value
Tratamiento	2	3522.84	1761.42	4.56	* 0.0362
Covariable	1	2683.21	2683.21	6.94	* 0.0232
Error	11	4250.79	386.436		

(*) Significativo. (P<0.05)

Anexo I. Análisis de varianza para el porcentaje de fertilización

FUENTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F- Ratio	P- Value
Tratamiento	2	0.03	0.02	0.09	Ns 0.91
Error	12	2.40	0.20		

(Ns) No significativo

Anexo J. Análisis de varianza para el porcentaje de eclosión

FUENTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F- Ratio	P- Value
Tratamiento	2	0.57	0.28	2.71	Ns 0.11
Error	12	1.26	0.11		

(Ns) No significativo

Anexo K. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua tomadas en el sector de captura durante el periodo nov 2004– Abr 2005

Parámetros	Nov	Nov	Dic	Ene	Ene	Feb	Mar	Abr
Amonio(mg/L)	0.07	0.06	0.07	0.05	0.12	0.13	0.05	0.08
Oxigeno disuelto (mg/L)	5.52	6.45	5.32	6.36	4.38	7.35	5.31	3.25
Temperatura (° c)	12	9	11	7	10	11	15	15
Turbiedad(UNT)	19.0	18.4	19.7	17.7	15.3	18.9	15.8	19.8
E-Coli UFC/ 100 ml	7	8	6	3	5	4	7	8
pH	7.3	6.5	6.3	6.2	5.8	6.6	6.8	6.2

Fuente: Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño