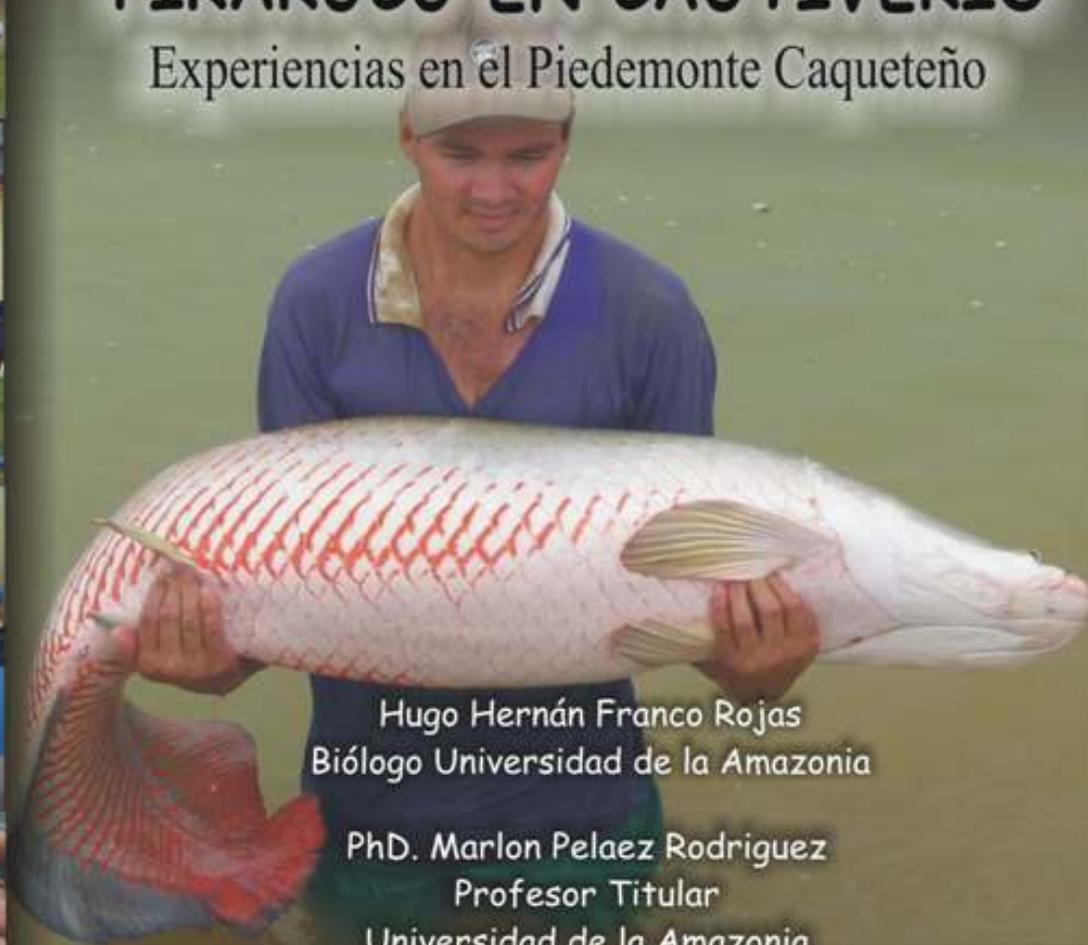




CRÍA Y PRODUCCIÓN DE PIRARUCÚ EN CAUTIVERIO

Experiencias en el Piedemonte Caqueteño



Hugo Hernán Franco Rojas
Biólogo Universidad de la Amazonia

PhD. Marlon Pelaez Rodriguez
Profesor Titular
Universidad de la Amazonia



CRÍA Y PRODUCCIÓN DE PIRARUCÚ EN CAUTIVERIO

Experiencias en el Piedemonte Caqueteño



Universidad de la Amazonia



Piscícola Pirarucú

Autores:
Hugo Hernán Franco-Rojas
Marlon Peláez-Rodríguez

CRÍA Y PRODUCCIÓN DE PIRARUCÚ EN CAUTIVERIO, Experiencias en el Piedemonte Caqueteño / Hugo Hernán Franco-Rojas & Marlon Peláez-Rodríguez; Florencia (Caquetá-Colombia): Universidad de la Amazonia, 2007. 50 p.

ISBN No. 978-958-8286-30-3

1. Pirarucú 2. Cría 3. Producción 4. Piedemonte Caqueteño

Luís Eduardo Torres García
Rector
Universidad de la Amazonia

Primera edición: Mayo de 2007
Tiraje: 500 ejemplares

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra con fines comerciales. Su utilización se puede realizar con carácter académico, siempre que se cite la fuente.

El presente libro es producto del Proyecto Bioecología del Pirarucu (*Arapaima gigas*) en cautiverio en una zona del Piedemonte Caqueteño del Grupo de Investigación en Calidad y Preservación de Ecosistemas Acuáticos (CAPREA), Avalado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de la Amazonia y Reconocido por Colciencias en categoría B.
E-mail: mapelaez1@uniamazonia.edu.co

Impresión y encuadernación:
Digital Editores
Calle 21 No. 14-87
Telefono: 4352183
Florencia - Caquetá Colombia

Impreso en Colombia / Printed in Colombia

PRÓLOGO

La Cuenca Amazónica se precia de ser el ecosistema de agua dulce más extenso del planeta y a la vez el que posee la mayor diversidad de peces. Se estima que ésta puede llegar a superar las 3.000 especies. Diversidad producto de una historia antigua de procesos geológicos y morfológicos que le han sucedido al norte de Suramérica; podemos destacar la Gondawana, período en el cual los continentes australes de esa época como Suramérica, África, Antártida, India y Australia conformaban este supercontinente meridional. Allí la fauna se mezcló y desarrollo cubriendo buena parte de las extensiones de la Gondwana. Los peces fueron uno de los elementos bióticos que mostraron estas similitudes. Por ello algunos continentes ahora lejanos entre sí, muestran ciertos grupos de peces que tiempo atrás tuvieron un ancestro común.

El otro aspecto relacionado con esta evolución es la aparición de los Andes que genera nuevos paisajes y cambios importantes en la dirección de las cuencas; el Paleoamazonas era un río que tenía un recorrido opuesto al actual, desembocando en el océano Pacífico. Solo con la elevación de los Andes, el gran río Amazonas muestra su flujo actual hacia el Atlántico.

Todos estos cambios generaron modificaciones en los peces que habitaban lo que hoy es el norte de Suramérica y en particular lo que conocemos como la gran Cuenca Amazónica. Uno de los elementos más antiguos de esta ictiofauna son las familias que hoy están representadas por el Piracurú y la Arawana.

Y es en el Pirarucú que la naturaleza ha logrado convertir a esta especie en la más grande del mundo acuático continental; es una especie con millones de años de antigüedad y por ello con múltiples adaptaciones al cambiante mundo acuático de la Amazonia, en especial a las constantes variaciones en el nivel de las aguas y los procesos reductivos que le ocurren a sus ecosistemas, en buena parte debido a las altas concentraciones de materia orgánica presente, que provienen de las vastas zonas inundadas año a año por las aguas de la región. No es gratuito que esta colosal especie deba no solo aprovechar el escaso oxígeno disuelto en sus aguas; sino que aprovecha a la vez, el de la atmósfera.

También esta especie tiene un significativo proceso evolutivo de cuidado parental, poco visto en especies de peces más recientes en la escala evolutiva. Esto nos lleva a conocer una especie emblemática, de la cual los ancestros y actuales pobladores nativos de la región, la han utilizado para su sustento. Pero la llegada de la sociedad “blanca” ha implicado una presión enorme sobre el recurso pesquero y sobre algunas especies, en particular sobre el Pirarucú.

Es por ello la urgente necesidad de fomentar acciones encaminadas a comprender mejor la ecología de la especie en condiciones naturales, a evaluar los stock pesqueros y a generar mecanismos sociales y culturales que aseguren la recuperación de las poblaciones naturales para la sostenibilidad de la actividad pesquera que hoy día está sometida la especie. Los exitosos logros del proyecto Mamiraguá en la Amazonia Central Brasileira, son inspiración para otras regiones de la cuenca, como Colombia, mostrando que si se puede conservar con un uso racional de los recursos.

Pero la Amazonia no es homogénea; algunos sectores han sido castigados por la geografía y la naturaleza al empobrecer sus suelos y sus aguas. Conocemos con cierto detalle como la productividad de las aguas amazónicas en Colombia, además de cambiar de colores, van disminuyendo a medida que nos vamos más al norte y al occidente. Y en la punta Nor-occidental está una extensa e importante región como es el piedemonte donde curiosamente se concentra la mayoría de la población actual de la Amazonia colombiana.

Es allí donde se hace más prioritario buscar alternativas para un uso racional de los recursos naturales de la región, tanto en términos de recuperar las poblaciones silvestres como de dar opciones nuevas para su uso. Por esta razón, la piscicultura se ha convertido en una opción de vida y desarrollo y su actividad concentrada en especies que puedan con cierta facilidad adaptar sus ciclos de vida a las condiciones de esta actividad humana, serán las especies llamadas a incorporar en los planes acuícolas del futuro amazónico.

Es el Pirarucú una de las especies que llenan las expectativas de la piscicultura amazónica; no solo por su tamaño y su calidad de carne, sino por ser una especie eminentemente lentic, es decir su vida la pasa en los lagos y cochas de la región y soporta condiciones extremas de baja de oxígeno, facilitando así su manejo en los estanques piscícolas.

El libro “CRIA Y REPRODUCCIÓN DE PIRARUCÚ EN CUATIVERIO - Experiencias en el Piedemonte Caqueteño” es un aporte significativo de la Universidad de la Amazonia, para el desarrollo de la región. Su esfuerzo está en resolver muchos vacíos que normalmente se presentan cuando se quiere implementar una tecnología sin conocer los condicionamientos ambientales que impone la región. Esta obra llena todas las expectativas de las personas que estén ya o se puedan interesar en incentivar la actividad piscícola en el Piedemonte Amazónico, en particular en el Departamento del Caquetá.

Celebro y felicito a los autores de este libro que será un pilar para el fomento de la actividad piscícola amazonica, la cual soluciona muchos de los grandes problemas de la región, en particular el sostenimiento de los seres humanos en la Amazonia.

Leticia, Marzo de 2007

Santiago R. Duque.
Profesor Asociado, Instituto Amazónico de Investigaciones Imani
Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia

INDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO 1	12
1. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA	12
1.1 Especie estudiada	12
1.2 Morfología	12
1.3 Anatomía	14
1.3.1 Sistema respiratorio	14
1.3.2 Sistema digestivo	15
1.3.3 Sistema reproductor	16
CAPITULO 2	17
2. REPRODUCCIÓN Y ALEVINAJE	17
2.1 Madurez sexual	17
2.2 Desove	18
2.3 Alevinaje	18
CAPITULO 3	19
3. MANEJO DE REPRODUCTORES	19
3.1 Alimentación	19
3.2 Marcación	19
3.3 Comportamiento reproductivo y cuidado parental	22

CAPITULO 4	25
4. MANEJO DE ALEVINOS	25
4.1 Alimentación	26
CAPITULO 5.	27
5. CULTIVO EN ESTANQUES	27
5.1 Precría	27
5.2 Ceba o engorde	28
5.2.1 <i>Engorde con alimento concentrado</i>	28
5.2.2 <i>Engorde con alimento vivo</i>	31
5.3 Sacrificio y beneficiado	32
CAPITULO 6	34
6. ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS	34
6.1 Engorde con alimento concentrado	34
6.1.1 <i>Análisis técnico de producción (ceba)</i>	34
6.1.2 <i>Costos de producción</i>	35
6.1.3 <i>Ingresos</i>	35
6.1.4 <i>Utilidades</i>	36
6.2 Engorde con alimento vivo	37
6.2.1 <i>Análisis técnico de producción (ceba)</i>	37
6.2.2 <i>Costos de producción</i>	38

6.2.3 <i>Ingresos</i>	38
6.2.4 <i>Utilidades</i>	39
CAPITULO 7	40
7. Calidad de agua	40
7.1 pH	40
7.2 Conductividad	41
7.3 Temperatura del agua	41
7.4 Transparencia	41
7.5 Oxígeno disuelto	42
CAPITULO 8	43
8. PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES Y PROFILAXIS	43
8.1 Agentes patógenos	43
8.1.1 <i>Bacterias</i>	44
8.1.2 <i>Hongos</i>	44
8.1.3 <i>Protozoarios</i>	45
8.1.4 <i>Trematodos</i>	46
8.1.5 <i>Nematodos</i>	47
BIBLIOGRAFÍA	48

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Amazónica posee el mayor pez de escama de agua dulce del mundo, el *Arapaima gigas*, llamado Paiche en Perú y Pirarucú en Brasil y Colombia. Este pez puede alcanzar hasta 3 m de longitud total y un promedio de 200 kg de peso (Rebaza *et al.*, 1999). Su ambiente natural son los ecosistemas lénticos de esta cuenca, los cuales, generalmente, poseen abundante vegetación acuática flotante. El uso del *A. gigas* como pez ornamental o para consumo ha generado una sobre pesca de la especie colocándolo en peligro de extinción (Guerra, 2002).

El Pirarucú es un pez carnívoro que se alimenta básicamente de pequeños peces en proporción de 8 a 10% de su peso vivo, cuando joven, y de 6% cuando adulto. Puede alcanza hasta 10 kg durante el primer año de vida. Suele comer peces de los géneros *Prochilodus*, *Tetragonopterus* y *Panaques*. *A. gigas* captura su presa mediante una fuerte succión con la boca, produciendo un chasquido y brusco movimiento de la cabeza, acompañado muchas veces, de un coletazo. Las formaciones óseas de la boca, indican que el Pirarucú tritura la presa matándola antes de tragarla (Hurtado, 1997). Como la gran mayoría de peces de agua dulce, procura alimentarse en el atardecer o al amanecer; durante el día cuando el calor es intenso, se esconde en la vegetación acuática en busca de sombra, para evitar los rayos solares, manteniéndose en el fondo del agua y emergiendo algunas veces para respirar (Guerra, 2002).

El *A. gigas* es considerado un pez de clima ecuatorial, con temperatura ambiente elevada todo el año (promedio de 26 °C) y más de 2000 mm de precipitación anual. Habita en regiones de tierras bajas del Río Amazonas y sus tributarios (figura 1).

Arapaima gigas es un recurso pesquero tradicional y popular en la Cuenca Amazónica; de gran importancia económica debido a la calidad y cantidad de su carne (figura 2). Los primeros estudios sobre el cultivo de Pirarucú en cautiverio, fueron realizados en Brasil, en los estados de Pará y de Ceará (Oliveira, 1944; Fontenele, 1948). Ya la explotación intensiva como tal fue iniciada por el CPATU (Centro de Investigación Agropecuaria del Trópico Unido) y Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria), (Imbiriba y Bard 1986).



Figura 2. Vista de un Pirarucú adulto

CAPITULO I

1. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA

1.1 Especie estudiada

Arapaima gigas pertenece a la Superfamilia de los Osteoglossomorpha (figura 3), grupo de peces primitivos caracterizados por la osificación de la lengua, la cual actúa como un órgano accesorio en la trituración del alimento. La Superfamilia de los Osteoglossomorpha posee dos familias: la familia Osteoglossidae, a la cual pertenecen las Arawanas y la familia Arapaimidae. La familia Arapaimidae esta compuesta por una sola especie *Arapaima gigas*, la cual es endémica del Neotrópico Suramericano (Venturieri, 1999). Esta especie existe desde el período cretáceo (65 a 136 millones de años) y se cree que han descendido de los primitivos peces óseos.

1.2 Morfología

La cabeza del Pirarucú es pequeña con relación al cuerpo (correspondiendo aproximadamente al 10% del peso total) y achatada dorso centralmente; posee 58 placas de diferentes tamaños, cada una de estas placas tiene de 6 a 8 poros en su borde posterior, por donde sale por presión, una mucosidad blanquecina que los nativos de la selva la consideran como la leche con que se alimentan las pequeñas crías, ya que se les ve nadando, en cardumen, siempre cerca de la cabeza de un adulto (Rebaza *et. al.*, 1999).

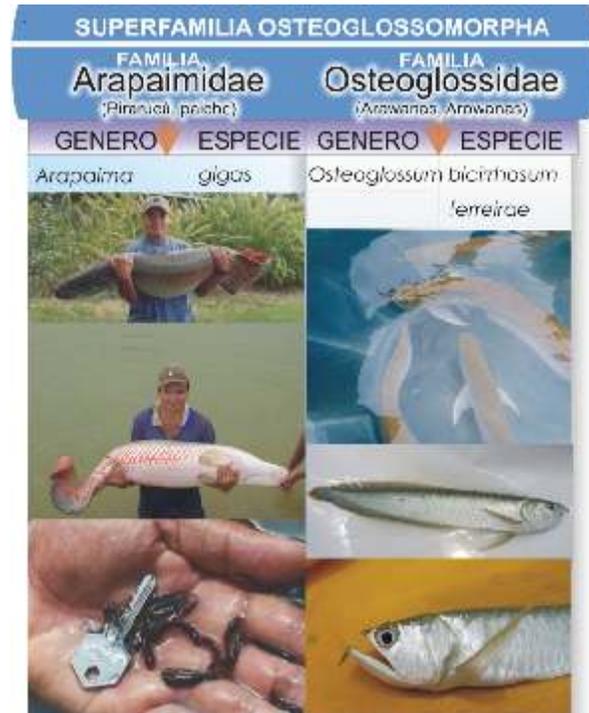


Figura 3. Representantes Suramericanos de la Superfamilia Osteoglossomorpha. Según Lunderberg & Chernoff (1992)

La boca del Pirarucú es terminal, con lengua ósea y áspera de 25 cm de longitud total y 5 cm de ancho. Tiene dientes filiformes (Campos, 2001). La cabeza es parda y el dorso negruzco. Su cuerpo es alargado con sección circular y elipsoidal, revestido de grandes y gruesas escamas cicloideas. Sus aletas son pequeñas y están orientadas hacia atrás, las aletas pectorales están separadas de las ventrales, en tanto que la dorsal y anal se encuentran cerca de la aleta caudal (Guerra, 2002). *Arapaima gigas* se caracteriza por tener la aleta anal restringida al último tercio del cuerpo. las escamas abdominales, en la mitad posterior del cuerpo, son ribeteadas de rojo oscuro; las aletas ventrales en los adultos poseen manchas negras y amarillas, dispuestas en forma de ondas, irregulares; las aletas dorsal, anal y caudal tienen manchas claras, figura 4.

El color de las crías de Pirarucú es negro cuando están en estado de larvas y postlarvas y castaño claro cuando llegan al estado de alevinos (octavo al noveno mes de edad). Cuando adultos su coloración es ceniza oscura con el borde de las escamas amarillas o color rojizo como el achiote. Durante el período de reproducción, los ejemplares machos tienen una acentuada coloración oscura en la región dorsal (Lima, 1999).



Figura 4. Morfología de un reproductor de Pirarucú

1.3 Anatomía

1.3.1 Sistema respiratorio

Anatómicamente el "Pirarucú " presenta un sistema branquial que muestra un grado relativo de atrofia que le es insuficiente para abastecer de oxígeno a su gran masa corporal. La vejiga natatoria presenta numerosas trabéculas semejando un pulmón y funciona como órgano respiratorio principal. La modificación de la vejiga consiste en que las paredes internas de este órgano han desarrollado un profuso tejido vascular que contribuye a aumentar la superficie y que sirve para el intercambio de gases entre la atmósfera y la sangre circulante por los capilares, tal como ocurre en los pulmones. La capacidad de la vejiga, es muy grande pues ocupa totalmente la parte dorsal de la cavidad abdominal, comunicándose con la parte posterior de la garganta, saliendo frente a la glotis (Hurtado, 1997; figura 5).



Figura 5. Vistas de los órganos respiratorios

Un Pirarucú adulto puede permanecer sumergido en el agua máximo 40 minutos; esto lo hace cuando es perseguido, pero normalmente sale a la superficie a tomar aire a intervalos de 10 a 15 minutos. Los Pirarucús jóvenes realizan esta actividad con más frecuencia: los alevinos de 2,5 cm, salen a la superficie cada 2 a 3 segundos; los de 5 cm, cada 6 a 8 segundos y los de 8 a 10 cm, aproximadamente cada minuto (Guerra, 2002).

1.3.2 Sistema digestivo

La boca es superior, grande y oblicua, provista de muchos dientes relativamente pequeños, más o menos iguales entre sí. La lengua está bien desarrollada y tiene la notoria particularidad de poseer un hueso interno achatado y ligeramente arqueado llamado hioides, cuya longitud oscila entre 10 y 20 centímetros; está recubierta por una infinidad de pequeños conos esmaltados, muy resistentes. La boca posee dos placas óseas laterales que funcionan como verdaderos dientes, los cuales detienen a la presa, matándola antes de la deglución. El tubo digestivo es corto, como en todos los peces carnívoros (Rebaza *et al.*, 1999; figura 6).

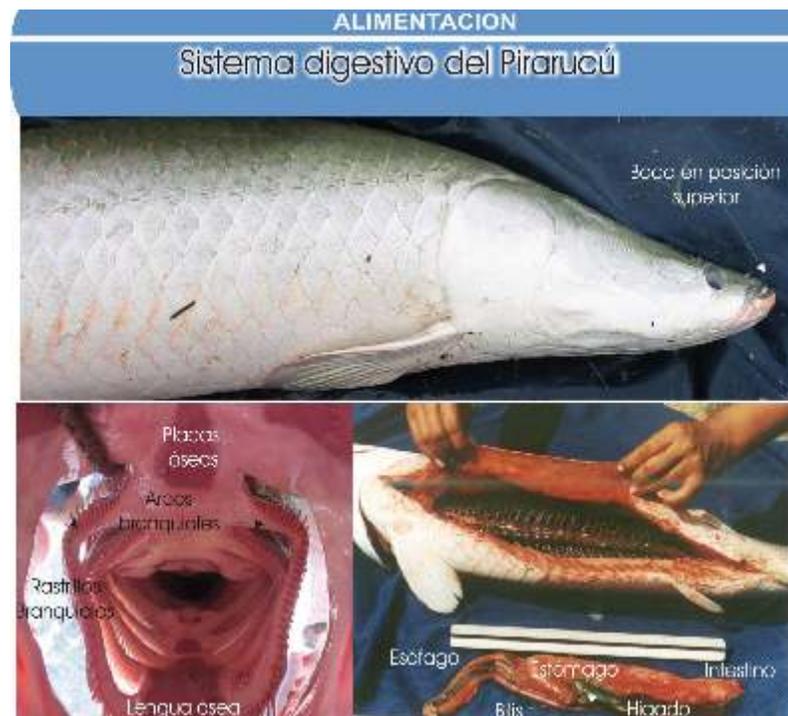


Figura 6. Vistas del Sistema Digestivo

1.3.3 Sistema reproductor

Tanto machos como hembras del Pirarucú presentan una sola gónada desarrollada en el lado izquierdo (figura 7). Durante el período de reproducción, el testículo es alargado y casi cilíndrico, adherido fuertemente al peritoneo, en toda su longitud mediante un ligamento. La parte media del testículo es más ancha y gruesa. La parte cefálica es más angosta y termina en una punta redondeada, mientras que la parte caudal es más gruesa. Un Pirarucú macho de 1,86 m de longitud presenta, aproximadamente, un testículo de 260 mm de longitud.



Figura 7: Aparato reproductor del Pirarucú (hembra izquierda, macho derecha)

Según Fontenele (1948), la constitución anatómica del ovario es foliar, parecida a las hojas de un libro, soldadas por los bordes y fijos los óvulos al estroma. El ovario se localiza en los dos tercios de la cavidad abdominal, en la parte media del lado izquierdo. El peso del ovario en hembras, con promedio de dos metros de longitud, varía de 495 a 1300 g. En el estado de celo las hembras tienen el ovario color verde intenso. El número promedio de óvulos de una hembra de Pirarucú de 1,90 m de longitud y 62 kg de peso es de 180.000, de los cuales solo el 25% presentan maduración total y están en condiciones de ser liberados para su fecundación.

2. REPRODUCCIÓN Y ALEVINAJE.

El *Arapaima gigas* no presenta características sexuales externas para distinguir el macho de la hembra. Su fertilización es de tipo externa. El Pirarucú se reproduce cuando tiene aproximadamente 1,60 m; los reproductores pierden el interés por comer, la cabeza se vuelve negra, al igual que el dorso y la aleta dorsal. Los flancos de las aletas, vientre y región caudal toman coloración rojiza semejante al color del achiote. El dorso negro es para camuflar las larvas y alevinos que son oscuros; cuando las crías no necesitan de esta protección tornan su dorso a un color castaño (Campos, 2001).

2.1 Madurez sexual

Las hembras maduras presentan el ovario de un color verde oscuro, con puntuaciones amarillentas, en este estadio es posible observar tres tipos de óvulos:

- Óvulos inmaduros, de un color amarillento y blanco, con diámetro de 1mm (las hembras inmaduras presentan el ovario con puntuaciones blanco-amarillentas).
- Óvulos en proceso de maduración, de un color plomo oscuro (los óvulos presentan diámetro mayor de 1mm).
- Óvulos maduros, de un color verde oscuro (los óvulos maduros, se presentan acompañados de una vesícula llena de un líquido transparente, que les permite desprenderse fácilmente del tejido ovárico).

En los machos, se pueden observar tres estadios de madurez sexual:

- Machos inmaduros, se caracterizan por presentar el testículo de un color rosado claro.
- Machos maduros, presentan el testículo de un color rosado marrón y desprenden fácilmente un líquido lechoso ante una leve presión.
- Machos en desove, se caracterizan por presentar el testículo de un color rojo vinoso (Campos, 2001).

2.2 Desove

Por las características de las gónadas, el Pirarucú presenta un desove fraccionado (solo madura un pequeño grupo de óvulos), no se conoce el número de desoves por año. En lo referente a las áreas de desove, la mayoría de nidos se han encontrado a una profundidad de 1,5m, en sustratos mayormente arcilloso-arenoso-fangoso (Campos, 2001).

2.3 Alevinos

El comportamiento de los alevinos, al igual que las post-larvas, es de agregación o formación de cardumen compacto al nadar, con agilidad en el desplazamiento, esto sugiere un comportamiento de autoprotección ya que desde que emergen nadan alrededor de la cabeza del progenitor. Los alevinos presentan una coloración oscura (negro brillante) que va cambiando, a medida que crecen, a un café claro (figura 8). La fase entre alevino y juvenil constituye una de las etapas críticas en la producción de alevinos de Pirarucú, siendo la supervivencia en esta etapa igual o inferior al 10%. Se ha observado que la elevada mortalidad se debe primordialmente a deficiencias en la disponibilidad y/o calidad de alimento natural y a la depredación por aves y otros peces (Franco, 2003).



Figura 8. Alevinos de Pirarucú

3. MANEJO DE REPRODUCTORES

Para lograr reproducciones de Pirarucú en cautiverio (estanques con área entre 2000m² a 10000m²), se debe ofrecer a los reproductores, de 5 años en adelante, condiciones de espacio mínimas (200m² por reproductor) y una nutrición adecuada.

3.1 Alimentación

El Pirarucú acepta con facilidad el alimento concentrado, pero esto aumenta los costos de producción. La alimentación de los reproductores en la Estación Piscícola Uniamazonia-Pirarucú se fundamenta en la provisión permanente de peces forrajeros vivos, especialmente Gupys (*Poecilia* sp.), Sardinias (*Astyanax* sp.) y alevinos de Cíclidos y Cachama blanca (*Piaractus brachipomus*). De esta forma se disminuyen los costos para la nutrición de los reproductores de *A. gigas*. El estanque de los Pirarucús se debe acondicionar para la producción de peces forrajeros, agregando abundante abono orgánico y peces presa para garantizar suficiente alimento para los reproductores. La tabla 1, indica el protocolo recomendado para la producción de Pirarucú, alimentado con peces forrajeros.

3.2 Marcación de los reproductores

El proceso de marcación y registro de reproductores de Pirarucú se debe hacer para facilitar el seguimiento de los parentales y poder identificar cada individuo, logrando así establecer su desarrollo y reproducción. La información de los muestreos posteriores permite monitorear a los reproductores obteniendo análisis detallados y de esta forma optimizar la producción.

Tabla 1. Protocolo de manejo de estanques para producción de Pirarucú, alimentado con peces forrajeros.

ACCIÓN	TIEMPO (SEmana)	OBJETIVO
Limpieza y secado del estanque	1 ^a	Se seca el fondo del estanque y se procede a retirar la maleza de las riberas y exceso de lodo del piso del estanque, dándole mayor firmeza.
Encalado (20g/m ²)	2 ^a	Desinfectar el estanque y subir el pH
Llenado y fertilización (30g de gallinaza/m ²)	3 ^a	Aumentar la productividad del estanque
Siembra de peces presa (2,5 peces/m ²)	4 ^a	Proliferar la producción de los peces forrajeros para garantizar abundante alimento en el momento de la siembra de los reproductores de <i>A. gigas</i> .
Siembra de los reproductores de Pirarucú.	8 ^a	Producción de alevinos de <i>A. gigas</i> .

En la figura 9, se indica el proceso de marcación y registro de reproductores de Pirarucú. Se utilizan Chips Avid System, los cuales se insertan en la región dorsal en la décima escama (contando desde la región cefálica hacia la caudal) en la margen derecha.



Figura 9. Proceso de marcación y registro de reproductores de Pirarucú.

En la tabla 2 se muestran los registros del código Chip Avid System, el largo total y peso de los reproductores de *Arapaima gigas* con los que cuenta la estación Piscícola Uniamazonia-Pirarucú.

Tabla 2. Registros código chip, largo total (LT) y peso (W) de los reproductores de Pirarucú de la estación Piscícola Uniamazonia-Pirarucú.

* Microchips AVID SYSTEM		m	kg
Nº	COD-CHIP*	LT	W
1	034-854-823	1,64	42
2	034-834-891	1,62	30
3	034-637-618	1,65	32
4	034-825-275	1,36	23
5	034-850-603	1,52	28
6	034-783-564	1,40	23
7	034-822-113	1,66	32
8	034-621-125	1,37	22
9	034-858-780	1,56	28
10	034-638-586	1,68	39
11	034-859-037	1,73	45
12	034-637-606	1,51	25
13	034-798-289	1,40	26
14	034-828-292	1,54	27
15	034-782-360	1,50	28
16	034-768-870	1,30	19
17	035-292-379	1,47	29

3.3 Comportamiento reproductivo y cuidado parental

El comportamiento reproductivo inicia con la demarcación del territorio por parte de los machos, la cual dura entre dos a tres días. Los machos realizan grandes saltos golpeando fuertemente el agua con su cola demarcando de esta forma su espacio y cortejando a las hembras hasta que se establece la pareja, nadando muy cerca entre sí. Los reproductores cambian su coloración a un tono más oscuro siendo más notorio en el macho. En este lapso de tiempo se lleva a cabo el cortejo de apareamiento y la construcción del nido.

En la figura 10 se puede observar la forma en que los machos demarcan su territorio, golpeando fuertemente el agua con su cola.



Figura 10. Macho de Pirarucú demarcando su territorio. Tomado de Guerra (2002)

Los nidos tienen diámetros cercanos a 47 cm y una profundidad entre 15 y 20 cm. Se logra establecer la ubicación de estos pues el macho totalmente negro sale a respirar cada 20 minutos aproximadamente en el mismo lugar y se observa a la hembra nadando lentamente cerca de este lugar alejando cualquier otro pez que se acerque a su territorio.

La fecundación del *Arapaima gigas* es externa, o sea, el macho vierte su semen sobre los óvulos depositados por la hembra en el nido. El macho permanece cerca del nido agitando continuamente sus aletas para asegurar la oxigenación de los huevos.

Tres días después de que se establece la pareja y demarcan su territorio en el estanque, se observa al macho en movimiento muy cerca del nido. Posiblemente es el momento en que eclosionan las larvas (se toma como tiempo de eclosión desde el momento en que se observa que se establece el nido hasta el momento en que lo abandonan). Seis días después de abandonar el nido se observa por primera vez el burbujeo o emersión de los alevinos de Pirarucú. A partir de ese momento se facilita la observación y seguimiento de cuidado parental notándose un mayor desplazamiento del reproductor con sus crías emergiendo cada minuto aproximadamente y en ocasiones cada diez segundos; prefiriendo permanecer muy cerca de la superficie del agua en horas de bajo brillo solar (6:00 a 9:00 am y 4:30 a 6:00 pm).

Las crías son guiadas todo el tiempo por el parental, el cual nada muy despacio a la misma velocidad de su prole. Las crías permanecen cerca de la cabeza de su progenitor todo el tiempo, alejándose solo unos pocos centímetros en el momento que salen a respirar. Lo anterior se da la primera semana a partir del momento en que los alevinos de *A. gigas* desarrollan la respiración aérea. En la segunda semana las crías ya más desarrolladas, nadan mas rápido, alejándose hasta dos metros del progenitor pero adoptando siempre un comportamiento gregario que se extiende hasta avanzadas etapas juveniles. A la tercer semana se disminuye la dependencia de las crías hacia el parental, alejándose del reproductor por unos pocos minutos (el cuidado parental se puede prolongar por varios meses si no existe presión de pesca). En este tiempo se observa a estos alevinos cazar pequeños peces, principalmente Guppys (*Poecillia reticulata*).

En la tabla 3 se muestran el total de reproducciones de Pirarucú y el período en el cual se han presentado en la Estación Piscícola Uniamazonia-Pirarucú.

Tabla 3. Histórico de *A. gigas* en la Estación Piscícola Uniamazonia-Pirarucú.

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
2001			1			1
2002	1	1				2
2003	1	1	1		1	4
2004			1	1		2

4. MANEJO DE ALEVINOS

En la figura 11 se observa el estanque donde son mantenidos los reproductores de Pirarucú en la Estación Piscícola Uniamazonia-Pirarucú.



Se deben separar las crías de *A. gigas* del parental, una vez alcanzan 4-5 cm de longitud total (12-15 días de haber eclosionado), figura 12 y 13. Se retiran la totalidad de los alevinos con el fin de determinar su número y se toman datos como peso y talla del 5% de la población; una vez se registran estos datos, se mantienen en piletas de concreto de 3 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 0,60 metros de profundidad a una densidad de 1 alevino cada 2 litros (se recomienda instalar un termostato para mantener una temperatura estable de 27°C en el agua), figura 14. Se deben mantener en las piletas hasta que los alevinos alcancen una talla de 15 cm (45 días aproximadamente; figura 15).

Figura 11. Torre de observación (izquierda), captura reproductores (arriba derecha), reproductor de *A. gigas* con sus crías (abajo derecha)



Figura 12. Separación de alevinos de su parentales



Figura 13. Tamaño alevinos recién cosechados



Figura 14. Alevinos mantenidos en laboratorio



Figura 15. Alevino de Pirarucú de 40 días

Rebaza *et al.*, 1999, reporta el retiro de los alevinos de Pirarucú entre 2 y 5 cm con pesos promedio entre 0,06 y 0,80 g y entre 12 y 20 días respectivamente. Padilla (2003) recomienda retirar los alevinos del estanque cuando tienen 15 días de edad, con una longitud y peso promedio de 5 cm y 0,8 g respectivamente. Los alevinos son localizados visualmente en el momento en que ascienden a la superficie a respirar y la captura se realiza con una red de mano.

4.1 Alimentación

Los alevinos se deben alimentar hasta la saciedad inicialmente con una dieta de zooplancton y *Artemia salina*, la cual progresivamente se va sustituyendo con alimento concentrado en polvo a 45% de proteína, lo cual facilita su manejo. La adaptación de alimento vivo a concentrado se debe realizar antes de que los alevinos tengan 8 cm de largo, debido a que en esta etapa aceptan con facilidad este tipo de alimento (Franco, 2005).

Pereira-Filho (2002) establece el porcentaje mínimo de proteína para Pirarucú, hasta de un kilo, en 50% y de un kilo en adelante de 40-45% de proteína. Se recomienda que el origen de la proteína sea harina de pescado.

5. CULTIVO EN ESTANQUES

Los estanques para el cultivo de Pirarucú deben tener las condiciones mínimas utilizadas normalmente para un estanque de piscicultura como son: un sistema de evacuación total del agua, un desnivel de mínimo 5%, diques compactos, terreno arcilloso para evitar la filtración del agua, entre otras (figura 16). Debido a las características del Pirarucú, es posible desarrollar su cultivo en represas naturales o seminaturales, lagunas y estanques piscícolas con poco recambio de agua, ya que como se menciona anteriormente, el Pirarucú por poseer respiración aérea no requiere de altas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua.

5.1 Precría

Cuando los alevinos tienen 15 cm, se da inicio a la precría. La precría se debe desarrollar en un estanque pequeño (máximo 400 m²) para facilitar su manejo, el cual debe estar cubierto por una malla antipájaros, ya que por su tamaño son vulnerables a los depredadores, principalmente aves. La densidad de siembra recomendada es de 2,5 peces/m² con pesos promedio de 40 g/pez; se deben alimentar hasta la saciedad (concentrado al 45% de proteína o con peces pequeños vivos o en trozos dos veces al día durante 20 días) hasta que alcancen un peso promedio de 150 gramos y una longitud de 25 cm; momento en el se da inicio a la etapa se ceba o engorde.



Figura 16 Modelo de estanques para desarrollar el cultivo de *A. gigas*

5.2 Ceba o engorde

Existen dos metodologías para el engorde de Pirarucú en estanques; con alimento concentrado al 40-45% de proteína y con alimento vivo utilizando peces forrajeros (figura 17). En esta etapa se recomienda utilizar estanques con áreas superiores a los 500m², ya que presentan una mayor estabilidad térmica y biológica.

5.2.1 Engorde con alimento concentrado al 40-45% de proteína

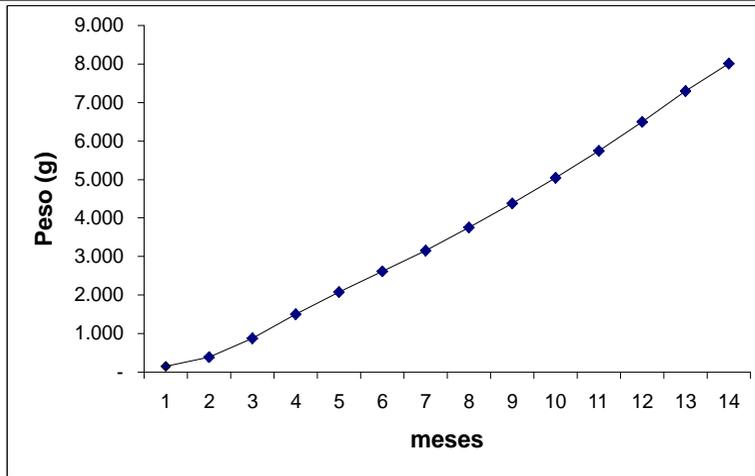
Este cultivo se desarrolla utilizando densidades de siembra de 1 pez/4,3 m², suministrando alimento concentrado al 40-45% de proteína, obteniendo en 14 meses, peces con un peso promedio de 8 Kg y una conversión alimenticia (C.A.) de 1:1,6, Tabla 4 y figura 18. Los datos anteriores indican el rápido crecimiento y desarrollo del Pirarucú comparado con otros peces como la Tilapia y la Cachama que en el mismo tiempo alcanzan solo 1,5 Kg (Pereira-Filho 2002).



Figura 17: Tipos de alimento utilizados para el cultivo de Pirarucú en estanques

Tabla 4: Análisis técnico de ceba de Pirarucú con concentrado

Densidad de Siembra	1 Pez/4,3m ²
Tiempo	14 meses
Peso inicial	150 g
Peso final (vivo)	8000 g
Consumo día/pez	29,9 g
Ganancia/día	18,7 g
Consumo total/pez	12560 r
C.A	1 : 1,6



Para calcular la cantidad de alimento diario que se debe suministrar a los peces se recomienda utilizar los datos de la tabla 5. Es necesario realizar un muestreo mensual para determinar el peso promedio de los peces y acondicionar la tabla de alimentación a los datos reales del productor. La tabla 5 indica que al iniciar el tercer mes de cultivo, la tasa alimenticia se reduce al 3,8% de la biomasa, para entonces el cálculo de la cantidad de alimento se hará con el peso promedio esperado, que en este caso es de 880 gramos por pez.

Figura 18. Crecimiento de juveniles de Pirarucú en un periodo de 14 meses

A continuación se describe el cálculo de la biomasa, la ración diaria y las raciones día para el tercer mes de cultivo.

1. Biomasa: $500 \text{ alevinos} \times 880 \text{ g} = 440.000 \text{ g} = \mathbf{440 \text{ kg}}$
2. Ración diaria: Como la cantidad diaria recomendada de alimento concentrado a partir del tercer mes es del 3,8% de la biomasa, entonces se halla el 3,8% de 880 Kg así:

 $440 \text{ Kg} \times 3,8\% = \mathbf{16,72 \text{ Kg de alimento al día}}$
3. Raciones/día: Dividimos los 16,72 Kg entre las 2 comidas a suministrar diariamente;
 $16,72 \text{ Kg} / 2 = \mathbf{8,36 \text{ Kg/ración}}$

Tabla 5. Cálculo de la alimentación durante la etapa de engorde

Mes	Peso (g)	Alimentación (%)	Multiplicar Biomasa por
1	150	8,6	0,086
2	390	6,6	0,066
3	880	3,8	0,038
4	1500	2	0,02
5	2070	1,4	0,014
6	2620	1,1	0,011
7	3150	1	0,01
8	3750	0,9	0,009
9	4350	0,8	0,008
10	5000	0,75	0,0075
11	5750	0,7	0,007
12	6500	0,65	0,0065
13	7300	0,55	0,0055
14	8000	0,5	0,005

En esta modalidad de cultivo es necesario que el estanque tenga un recambio de agua constante. Recomendase un recambio mínimo diario del 5-10% para que se remuevan los residuos nitrogenados (amonio y nitrito principalmente) y fósforo. Estos residuos son resultantes de la excreción de los organismos acuáticos y de la descomposición de los residuos del alimento y actúan como abono, favoreciendo la producción de fitoplancton, cuyo exceso es perjudicial para los animales cultivados.

Con esta metodología es posible producir cerca de 15 toneladas de carne de Pirarucú por hectárea.

5.2.2 Engorde con alimento vivo

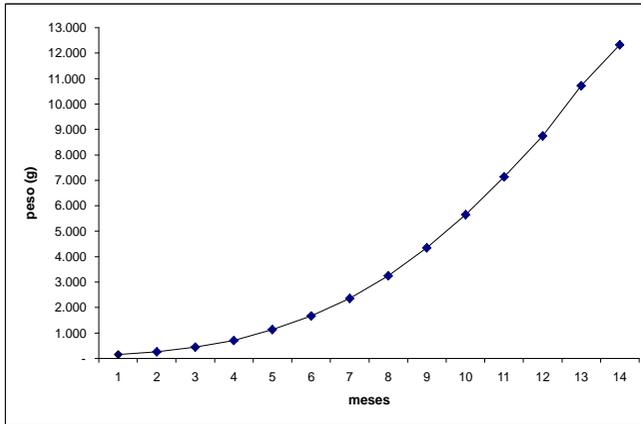
El estanque donde se desarrolla este tipo de cultivo se debe adecuar para la producción de peces forrajeros utilizando abundantes fertilizantes orgánicos, sembrando los peces presa a una densidad de 2,5 peces/m². Cuando la población presa muestra signos de abundancia, se deben sembrar los alevinos de Pirarucú. El estanque se debe abonar cada 15 días con fertilizantes orgánicos (gallinaza, vacaza, porquinaza o humus) durante el período del cultivo en una cantidad de 50 gr/m², garantizando así la disponibilidad de alimento natural para los peces forrajeros favoreciendo su proliferación, ya que se desarrolla una red alimentaria donde el Pirarucú es el último eslabón en este ecosistema. Este tipo de cultivo es conocido como *acuicultura orgánica*.

Esta técnica de cultivo se desarrolla utilizando densidades de siembra de 1 pez/15 m², obteniendo en 14 meses peces con un peso promedio de 12 Kg (conversión alimenticia de 1:4), tabla 6, figura 19.

Tabla 6: Cuadro resumen de análisis técnico de ceba de Pirarucú con peces forrajeros

Densidad de Siembra	1 Pez/15 m ²
Cultivo	14 meses
Peso inicial	150 g
Peso final (vivo)	12300 g
consumo día/pez	117 g
Ganancia/día	29,3 g
Consumo total/pez	49200 g
C.A.	1:4

Adaptación de: Rojas & Argumedo, 2000



El éxito en esta modalidad de cultivo es el suministro de abono quincenalmente al estanque de cultivo, de esta forma se garantiza la producción natural dentro del estanque favoreciendo la proliferación de los peces forrajeros, alimento de los Pirarucú. El recambio de agua diario no debe superar el 5% .De este modo es posible producir cerca de 8 toneladas de carne de Pirarucú por hectárea cada 14 meses. La producción de carne es menor comparado con la ceba de Pirarucú con concentrado, pero la inversión y rentabilidad es mayor en el método con alimento vivo, debido a que el alimento concentrado es muy costoso.

Figura 19. Crecimiento de juveniles de Pirarucú en un periodo de 14 meses

5.3 Sacrificio y beneficiado

El tamaño comercial de Pirarucú producido en estanques piscícolas es de mínimo 1 metro y 10 kg de peso y el ideal de 1,5 metros y 25 kg de peso (talla mínima establecida para los peces capturados en el medio natural por el INDERENA en el acuerdo 0075 del 28 de diciembre de 1989).

A partir del peso mínimo comercial se puede iniciar la comercialización de la carne de Pirarucú. El proceso de sacrificio es el siguiente:

- Se cuelgan de la cabeza para que la sangre se concentre en la región caudal.
- Se le corta la cola para que mueran desangrados, evitando además la presencia de sangre en la carne.
- Se procede a descamar el pez, este proceso se puede realizar a través de una sierra eléctrica, machete o pinzas.
- Luego se hace una gran incisión en la región ventral retirando la totalidad de las viseras.
- Se procede a cortarlo en rodajas con una sierra eléctrica.

- f. Posteriormente se congela entero durante 24 horas (esta carne en rodajas es la presentación comercial y puede conservarse hasta por 3 meses a 30°C.), figura 20.

La cabeza del Pirarucú se puede comercializar como hueso de pescado y las escamas tienen demanda para el mercado artesanal, lo que hace que el Pirarucú sea aprovechable casi en su totalidad.



Figura 20: (a) se cuelga, (b) se desangra, (c) se descama (d) se eviscera, (e) se corta en rodajas, (f) se congela y almacena o comercializa.

CAPITULO 6

6. ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

6.1 Engorde de Pirarucú con alimento concentrado al 45% de Proteína Bruta (PB)

6.1.1 Análisis técnico de producción (ceba)

En la tabla 8 se resume el análisis técnico de producción de carne de Pirarucú en un área con espejo de agua 2150 m², donde es posible cebar en la modalidad de nutrición con alimento concentrado, al 45% de PB, 500 Pirarucús, los cuales al cabo de 14 meses (tiempo de cultivo estimado) producirán individuos con un peso aproximado de 8 kilogramos cada uno.

Tabla 8 resumen análisis técnico de cultivo de Pirarucú alimentado con concentrado

Especie	<i>Arapaima gigas</i>
Área de los estanques	2150 m ²
Numero de peces sembrados	500
Densidad de Siembra	1 Pez/4,3m ²
Tiempo de cultivo	14 meses
Consumo día/pez	29,9 g
Consumo total/Pez	12560 g
Peso inicial	150 g
Peso final (vivo)	8,000 g
Ganancia/día	18,7 g
Conversión alimenticia	1,6 : 1
Peces muertos	5
Tasa de Mortalidad	1%
Total peces cebados	495

6.1.2 Costos de producción

En la tabla 9 están indicados los costos de producción del cultivo.

Tabla 9 Costos de producción para el cultivo de Pirarucú alimentado con concentrado

COSTOS DE PRODUCCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	PARTICIPACION (%)
Semilla (Juvenil de 20 cm)	500	20.000	10.000.000	37
Alimento 45% (Kg)	6.280	2.000	12.560.000	46
Encalado (Kg)	110	240	26.400	0
Abono organico (Kg)	500	300	150.000	1
Mano de obra (Jornal)	125	20.000	2.500.000	9
Transporte de produccion (Tonelada)	4	50.000	180.000	1
Transporte de insumos (Tonelada)	8,0	50.000	400.000	1
Asesoría técnica (Visitas)	14,0	45.000	630.000	2
Mantenimiento de estanques (Jornal)	14	20.000	280.000	1
Varios	1	500.000	500.000	2
TOTAL			27.226.400	100

Como se puede observar en la tabla 9 los costos mas representativos en el cultivo son los costos del concentrado (46%) y el de los alevinos (37%).

6.1.3 Ingresos

En la tabla 10 estan indicados los ingresos anuales del cultivo.

Tabla 10: Ingresos por concepto de venta de carne y hueso de Pirarucú

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Venta de Carne (Kg)	3.200	12.000	38.400.000
Venta de hueso y cabeza (Kg)	390	3.000	1.170.000
TOTAL INGRESOS ANUALES			39.570.000

6.1.4 Utilidades

En la tabla 11 están indicados las utilidades del cultivo.

Tabla 11. Utilidades e ingresos esperados en el cultivo de *A. gigas* alimentado con concentrado

Costosa de produccion	27.226.400
Ingresos	39.570.000
Utilidad	12.343.600
GANANCIA PROMEDIO MENSUAL	881.686

El cultivo de Pirarucú manejado en estanques se convierte en una opción económica y lucrativa bastante interesante para los productores piscícolas. En la tabla 12 esta indicado el comportamiento de la tasa interna de retorno (TIR) a 5 años, la cual es del 42,50%, lo que hace atractiva esta actividad, ya que para producciones agrícolas rentables la TIR mínima establecida esta alrededor del 19%.

Tabla 12 Tasa interna de retorno (TIR) = 42,50%

DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversion infraestructura (estanques)	-4.300.000					
Beneficiadero	-4.000.000					
Adquisicion de equipo de pesca	-1.800.000					
Ventas		39.570.000	39.570.000	39.570.000	39.570.000	39.570.000
Maquinaria y equipo	-14.000.000					
Gastosa d eoperacion		-27.226.400	-27.226.400	-27.226.400	-27.226.400	-27.226.400
Utilidad neta			12.343.600	12.343.600	12.343.600	12.343.600
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-24.100.000	12.343.600	12.343.600	12.343.600	12.343.600	12.343.600

6.2 Engorde de pirarucú con alimento vivo

6.2.1 Análisis técnico de producción (ceba)

En la tabla 13 se resume el análisis técnico de producción de carne de Pirarucú en un área en espejo de agua de 7.500 m² utilizando como alimento peces forrajeros donde es posible cebar 500 Pirarucús, los cuales al cabo de 14 meses (tiempo de cultivo estimado) producirán individuos con un peso aproximado de 12,3 kilogramos cada uno.

Tabla 13. Análisis técnico de cultivo de Pirarucú alimentado con peces forrajeros

Especie	<i>Arapaima gigas</i>
Área de los estanques	7500 m ²
Numero de peces sembrados	500
Densidad de Siembra	1 Pez/15m ²
Tiempo de cultivo	14 meses
Consumo día/pez	115,7 g
Consumo total/Pez	48600 g
Peso inicial	150 g
Peso final (vivo)	12300 g
Ganancia/día	28,9 g
Conversión alimenticia	4 : 1
Peces muertos	5
Tasa de Mortalidad	1%
Total peces cebados	495

6.2.2 Costos de producción

En la tabla 14 están indicados los costos de producción del cultivo.

Tabla 14 Costos de producción para el cultivo de Pirarucú con participación

COSTOS DE PRODUCCION	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	participación (%)
Semilla (Juvenil de 20 cm)	500	20.000	10.000.000	33
Alimento 45% (Kg)	40.000	250	10.000.000	33
Encalado (Kg)	1.800	240	432.000	1
Abono organico (Kg)	9.000	300	2.700.000	9
Mano de obra (Jornal)	250	20.000	5.000.000	16
Transporte de produccion (Tonelada)	6	50.000	300.000	1
Transporte de insumos (Tonelada)	11,0	50.000	550.000	2
Asesoria tecnica (Visitas)	14,0	45.000	630.000	2
Mantenimiento de estanques (Jornal)	14	20.000	280.000	1
Varios	1	500.000	500.000	2
TOTAL			30.392.000	100

Como se puede observar en la tabla 14 los costos mas representativos son los costos de los alevinos de Pirarucú con 33% y el costo de los abonos orgánicos con 33 % de las inversiones de participación.

6.2.3 Ingresos

En la tabla 15 están indicados los ingresos anuales del cultivo.

Tabla 15. Ingresos por concepto de venta de carne y hueso de Pirarucú

CONCEPTO	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Venta de Carne (Kg)	4.920	12.000	59.040.000
Venta de hueso y cabeza (Kg)	520	3.000	1.560.000
TOTAL INGRESOS ANUALES			60.600.000

6.2.4 Utilidades

En la tabla 16 están indicados las utilidades del cultivo.

Tabla 16 Utilidades e ingresos esperados en el cultivo de *A. gigas* alimentado con peces forrajeros

Costosa de produccion	30.392.000
Ingresos	60.600.000
Utilidad	30.208.000
GANANCIA PROMEDIO MENSUAL	2.157.714

En esta modalidad de cultivo con peces forrajeros la TIR es un poco mayor que la obtenida en la modalidad de cultivo con concentrado debido a que los costos de producción disminuyeron pues la producción de peces forrajeros requiere de menor inversión, además en esta modalidad los peces por tener más espacio presentan mayor desarrollo aumentando la producción de carne y mejorando la TIR que en este caso es de 44,29%, tabla 17.

Tabla 17 Tasa interna de retorno (TIR) = 44,29%

DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversion infraestructura (estanques)	-16.500.000					
Beneficiadero	-4.000.000					
Adquisicion de equipo de pesca	-1.800.000					
Ventas		30.300.000	60.600.000	60.600.000	60.600.000	60.600.000
Maquinaria y equipo	-14.000.000					
Gastosa d ooperacion		-30.392.000	-30.392.000	-30.392.000	-30.392.000	-30.392.000
Utilidad neta			30.208.000	30.208.000	30.208.000	30.208.000
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-36.300.000	-92.000	30.208.000	30.208.000	30.208.000	30.208.000

7. CALIDAD DE AGUA

Para conocer y tener un control de las condiciones físicas y químicas del estanque y del laboratorio donde se mantienen los reproductores y alevinos de Pirarucú se deben registrar datos diarios de: pH (unidades), conductividad (US/cm^1), temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), transparencia (cm) y oxígeno disuelto (mg/L^{-1} y porcentaje de saturación).

7.1 pH

El pH indica el grado de acidez o basicidad del agua. La medición del pH se hace colorimétricamente, mediante un potenciómetro (pH metro). Se mide en una escala de 1 a 14 (figura 21).



Figura 21. Escala de valores de pH

El pH del agua de los estanques es fuertemente influenciado por la concentración del dióxido de carbono, el cual actúa como sustancia ácida. El fitoplancton y las plantas acuáticas fijan el dióxido de carbono durante el proceso de la fotosíntesis (día) disminuyendo su concentración en el agua y lo liberan durante el proceso de respiración (noche), por esta razón se producen variaciones de pH a través del curso diario, observándose mayores valores durante el día y menores durante la noche. Por lo anterior es recomendable hacer mediciones en las primeras horas de la mañana y al final de la tarde a fin de conocer el comportamiento de este parámetro en el estanque. El pH recomendado para el manejo del Pirarucú debe estar entre 6,5 y 8,0 unidades.

7.2 Conductividad

La conductividad corresponde a la concentración de los iones disueltos en el agua y depende de la composición química del terreno adyacente al estanque. La conductividad se mide con un conductivímetro. Según Argumedo (2005) los Osteoglosidos se deben mantener en conductividades que oscilen entre 26,0 a 64,0 μScm^{-1} . Cavero (2003), cita conductividades de 35,0 a 45,0 μScm^{-1} para estanques de Pirarucú.

7.3 Temperatura del agua (°C)

La temperatura del agua juega un papel muy importante en la biología de los organismos acuáticos, principalmente en los peces, influyendo en su desarrollo por ser organismos poiquilotermos. La temperatura condiciona 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 de los peces. Además la temperatura del agua es un factor muy importante a analizar en los estanques de piscicultura ya que influye indirectamente en la respiración, al condicionar la concentración de oxígeno disuelto en el agua y el ritmo respiratorio de los peces (Argumedo, 2005). La temperatura recomendada para el manejo del Pirarucú debe estar entre 26 y 28°C.

7.4 Transparencia

La transparencia mide la penetración de la luz en los ecosistemas acuáticos, lo cual es un indicio de la productividad del sistema. La transparencia se registra mediante el "Disco Secchi", el cual consiste en un disco metálico de aproximadamente 20 cm de diámetro, pintado generalmente, de negro y blanco alternado en cuatro secciones, que lleva una cuerda calibrada sujeta al centro de una cara, que permite medir a qué profundidad desaparece el disco al ser introducido en el agua, siendo este dato el registrado como medida de la transparencia. Las mejores producciones de peces se obtienen cuando la transparencia varía de 30 a 60 cm.

7.5 Oxígeno disuelto

Entre los gases disueltos en el agua, el oxígeno es el más importante, debido a que es necesario para la respiración de los peces y demás organismos aerobios. El oxígeno disuelto del agua proviene principalmente del intercambio gaseoso con la atmósfera y por el aporte de la fotosíntesis. El contenido de oxígeno disuelto en el agua de los estanques es el factor más crítico para el control de la calidad de agua en piscicultura.

Los Osteoglosidos, conforman un grupo de peces adaptados a ecosistemas acuáticos pobres en oxígeno, lo cual ha generado adaptaciones excepcionales como la del Pirarucú, en el cual la vejiga natatoria está transformada en un órgano de respiración, quizás más funcional e importante que las branquias, las cuales están poco desarrolladas. Sin embargo, es importante mantener el oxígeno disuelto del agua de los estanques, en niveles aceptables para los peces forrajeros utilizados en la alimentación del Pirarucú.

8. PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES Y PROFILAXIS

Los organismos acuáticos como cualquier grupo de animales están sujetos a un amplio espectro de enfermedades y agentes infecciosos (bacterias, hongos, protozoarios, trematodos y nemátodos). Las enfermedades influyen negativamente en el crecimiento y desarrollo de los peces y también causan mortalidad. Los daños causados por estas enfermedades van a influir directamente en la reducción del valor comercial de los peces.

Los métodos de control de las enfermedades de los peces son parecidos a los utilizados en otros animales; pero con algunas diferencias y modificaciones ya que el tratamiento es administrado en la comida o directamente en el agua (Possel , 1995).

8.1 Agentes patógenos

La identificación de agentes patógenos requiere de un procesamiento adecuado, como fijación y observación del material de parásitos encontrados, por lo tanto es necesario utilizar los métodos adecuados para cada uno de los grupos de agentes patógenos. A continuación se indican los principales agentes patogenos detectados en acuicultura y sus respectivos controles:

- Bacterias
- Hongos
- Protozoos
- Trematodos
- Nemátodos

8.1.1 Bacterias

Las enfermedades bacterianas son responsables de grandes mortalidades de peces. Las bacterias que parasitan los peces pueden variar desde patógenas hasta hospederos inofensivos (Possel, 1995).

Los peces de aguas tropicales suelen ser afectados por las siguientes Bacterias:

- *Pseudomonas*
- Enterobacterias
- *Aeromonas*
- *Vibrios*
- *Streptococcus*
- *Clostridium*

Tratamiento

El tratamiento para la eliminación de bacterias se da con antibióticos específicos para cada género de bacteria o con antibióticos de amplio espectro. Estos son administrados por períodos de 3 a 5 días. Los antibióticos se administran en el agua o en el alimento (Ajiaco, 2003).

A continuación se describen algunos tratamientos utilizados para el control de Bacterias:

- Cloranfenicol (2g / 100 L) dos gramos de cloranfenicol cada 100 litros de agua.
- Tetraciclina (3g / 100 L) Tres gramos de tetraciclina cada 100 litros de agua.
- Enrofloxacin al 10% (1mL / 100 L) Un mililitro de enrofloxacin al 10% cada 100 litros de agua.
- Permanganato de Potasio:
Solución madre: 10g / L de agua (10 g de permanganato de potasio cada litro de agua)
Dosis: 15 a 20 mL / 100 L (15 a 20 mL de solución madre cada 100L de agua)

8.1.2 Hongos

Las enfermedades fúngicas más importantes de los peces son en gran número micosis tegumentarias, las cuales son infecciones micóticas de la piel y de las branquias (Ajiaco, 2003). Entre los géneros mas comunes de hongos que atacan a los peces tenemos:

- ? *Saprolegnia* : Este genero produce colonias parecidas al algodón sobre la piel. Sus septas no son visibles.
- ? *Brachiomyces* : Genero oportunista de agua dulce. Se localiza en las agallas.

Tratamiento

Los tratamientos se deben prolongar durante 3 días y los mas usados son:

- ? Cloruro de Sodio (NaCl). Dosis: 5g / L
- ? Acriflavina
Solución madre 10g / L de agua. Dosis: 5mL / 10 L X 3 días
- ? Nistatina. Dosis: Frotar directamente en la parte afectada.

8.1.3 Protozoarios

Los protozoarios más comunes que parasitan a las especies dulceacuicolas son:

- ? *Ichthyophthirius multifiliis* (Punto Blanco o Ich)
- ? *Oodinium* (Enfermedad del Terciopelo)
- ? *Costia* (Ulcera de la pie)
- ? *Chilodonella* (Aletas plegadas)
- ? *Trichodina* (Tricodina)

Tratamiento

Los tratamientos se deben prolongar durante 3-5 días y los mas usados son:

- ? *Ichthyophthirius multifiliis*
Cloruro de Sodio 5g / L

Verde malaquita 3,7g + Azul de metileno 3,7g / Litro de agua. Dosis: 1 gota / 5 L
Mantener la temperatura, durante 3 a 5 días, a 33° C

? *Oodinium* sp.
Mantener la temperatura, durante 3 a 5 días, a 33° C

? *Costia* sp
Acriflavina 5mL / 10 L

? *Chilodonella* sp.
FMC: 3,7 Azul de metileno + 3,7 Verde malaquita + 1L de Formol (40%). Dosis: 1mL / 100L

? *Trichodina* sp.
Acriflavina 5mL / 10L

8.1.4 Trematodos

Los trematodos monogéneos son metazoarios que se encuentran en la piel y branquias de los peces. Estas especies causan pérdidas importantes en la acuicultura (Streble & Krauter, 1987).

Las familias mas comunes de Trematodos son:

? *Familia Gyrodactylidae*
Gyrodactylus sp.

? *Familia Dactylogyridae*
Anacanthorus sp.
Ancyrocephelinae sp.
Dawestrema sp.

Tratamiento

- ? Órganofosforados
(Neguvon, Masoten) 25 mg / 100 L

- ? Formol al 40%
2 mL / 10 L X 10 min (Baño de inmersión)

8.1.5 Nematodos

Existen numerosos parásitos que se encuentran en el intestino de los peces, estos ocasionan pérdida de peso, disminuyendo su inmunidad (Streble & Krauter, 1987). El Nematodo mas común que parasita peces es *Procamallanus* sp.

Tratamiento

- ? Levamisol 150 mg / 100 L

- ? Avendazol 100 mg / 100 L

BIBLIOGRAFÍA

- AJIACO, R. & RAMIREZ, H. 2003. Peces ornamentales, manejo y prevención de enfermedades. INPA, CORPOAMAZONIA, PRONATTA. Ed Produmedios. Colombia.
- ARGUMEDO, E. 2005. ARAWANAS Manual para la cría comercial en cautiverio; Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). 105p. Florencia- Colombia.
- CAMPOS, L. 2001. Historia Biológica del Paiche *Arapaima gigas* y bases para su cultivo en la Amazonía. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) Programa de Biodiversidad. Iquitos, Perú.
- CAVERO, B., PEREIRA-FILHO, M., ROUBACH, R., ITUASSÚ, D.I, GANDRA, A., & CRESCÊNCIO, R. 2003. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de Pirarucú em ambiente confinado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)/Universidade Federal do Amazonas, Manaus-Brasil.
- FONTENELE, O. 1948. Contribuição o conhecimento da Biología do Pirarucu "*Arapaima gigas*" (Cuvier) em Cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). Ministério da Viação e Obras Públicas. Publicação No.165, serie 1-C. 35p. Brasil.
- FRANCO R. L. C. 2003. Ecología y seguimiento-manejo de post-larvas, alevinos y juveniles de *Arapaima gigas* (CUVIER, 1817) (PISCES: ARAPAMIDAE) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado, Programa de Biología. Universidad de la Amazonia Florencia-Colombia.

- FRANCO, R. H. H. 2005. Contribución al conocimiento de la reproducción del Pirarucú *Arapaima gigas* (CUVIER, 1887) (PISCES: Arapamidae) en cautiverio. Trabajo de grado, Programa de Biología. Universidad de la Amazonia Florencia-Colombia.
- GUERRA, H. 2002. Manual de producción y manejo de alevinos de Paiche; INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA. IIAP 20 años. Editorial Pueblo Libre, 98p. Lima, Perú.
- HURTADO, A. 1997. Aspectos del *Arapaima gigas* en el sistema de várzea en el Municipio de Puerto Nariño, Amazonas. Trabajo de grado, Departamento de Biología. Universidad del Valle, 84p. Santiago de Cali - Colombia .
- IMBIRIBA, E. P. & BARD, J. 1986. Piscicultura do Pirarucu, *Arapaima gigas*. circular técnica . No 52. EMBRAPA Y CPATW. 103p. Belém-Brasil.
- LIMA, H. Q. 1999. Artisanal fisheries of Pirarucu at the Mamirauá Ecological Station. Diversity, development and conservation of Amazonias Whitewater Floodplains, Brasil. 23p.
- OLIVEIRA, C. 1944. Piscicultura amazónica. A Voz do Mar. Rio de Janeiro, Brasil (188): 104-6.
- PADILLA, P., ISMIÑO, R., ALCANTARA, F. & TELLO, S. 2003. Producción y Manejo de Alevinos de Paiche en Ambientes Controlados (Iquitos-Perú 2002) In ALCANTARA, F. & MONTREUIL, V. (2003). Memorias, Seminario Taller Internacional de Manejo de Paiche o Pirarucú. Iquitos, Perú, 21 al 24 de Abril de 2003. 166p.

- PEREIRA-FILHO, M. 2002. Engorda do Pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. INPA .Manaus Brasil .
- POSSEL, P. 1995. Enfermedades y su problemática, Bluefields Indian & Caribbean University. Facultad de Ciencias del Mar, Escuela de Biología Marina.
- REBAZA, M., ALCANTARA, F. & VALDIVIESO, M. 1999. Manual de piscicultura del Paiche. Instituto de Investigaciones Peruanas, 1999. IIAP - FAO. 72p.
- RODRIGEZ, H., DAZA, V. & CARRILLO, M. 2001. Fundamentos de acuicultura continental. Segunda Edición. INPA. Bogotá-Colombia.
- ROJAS, H. & ARGUMEDO, E. 2000. Manual de Piscicultura con especies nativas. Asociación de Acuicultores del Caquetá. 151p. Florencia, Colombia.
- STREBLE H. & KRAUTER D. 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua. Ed. OMEGA. Barcelona-España.
- VENTURIERI, R. 1999. Pirarucu, espécie ameaçada pode ser salva através do cultivo. Revista Panorama da Aqüicultura, Brasil. 9(3):3-21.