



EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ACUÍCOLA DEL PIRARUCÚ  
(*Arapaima gigas* CUVIER, 1887) A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA  
EN EL CENTRO EXPERIMENTAL AMAZÓNICO (CEA) MOCOA,  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO  
WILMER RENE SANGUINO ORTIZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA INGENIERIA EN PRODUCCIÓN ACUICOLA  
PASTO - COLOMBIA  
2005

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ACUÍCOLA DEL PIRARUCÚ  
(*Arapaima gigas* CUVIER, 1887) A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA  
EN EL CENTRO EXPERIMENTAL AMAZÓNICO (C.E.A) MOCOA,  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO  
WILMER RENE SANGUINO ORTIZ

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

Presidente:  
JORGE NELSON LOPEZ MACIAS  
M.V.Z. Esp, M.Sc., Ph.D. (C)

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA INGENIERIA EN PRODUCCIÓN ACUICOLA  
PASTO - COLOMBIA  
2005

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1 del Acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, e manado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

JORGE NELSON LOPEZ M.V.Z. Esp., M. Sc P. h. D. (C)  
PRESIDENTE DE TESIS

---

MARCO ANTONIO IMUES. Zoot., Esp.  
JURADO

---

ARMANDO ARROYO OSORIO. Zoot., Esp.  
JURADO

San Juan de Pasto, 18 de mayo de 2005.

DEDICO A:

Dios por darme la vida y la fortaleza para cumplir las metas que me he propuesto.

A mis padres Aída y Luís por quererme tanto, por apoyarme en todos mis proyectos y por enseñarme a ser cada día una mejor persona. A mi hermano William por estar siempre ahí, ser mi amigo y compartir su vida conmigo. A Wilmer por enseñarme a no rendirme ante los obstáculos y por darme tantas alegrías. A mis profesores por el conocimiento que adquirí de su parte, a mis amigos de la U por todos los momentos vividos y los logros que alcanzamos juntos a lo largo de estos cinco años. Y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que esto sea una realidad.

RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO

DEDICO A:

Dios por darme la vida y la fortaleza para cumplir las metas que me he propuesto.

A mi Madre Omaira y mi Padre Pedro por el cariño y apoyo que me han dado, por su comprensión, por sus enseñanzas y porque a pesar de los momentos difíciles siempre han creído en mí. A mis abuelos que estando en vida, me quisieron mucho y me enseñaron valores que hoy son fundamentales en mi vida. A mis hermanos Johana, Marlies, Luz y Pacho por darme la oportunidad de compartir sus vidas conmigo. A Ruthy por la fortaleza que me da, por dejarme ser parte de su vida y regalarme tantos momentos felices. A la señora Aída y al señor Luís por su amistad y apoyo. A mis compañeros y profesores de la U que creyeron en mí y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que esto sea una realidad.

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresa sus agradecimientos a:

JORGE NELSON LOPEZ MACIAS	M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D.(C)
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA	Zoot., Esp
ARMANDO ARROYO OSORIO	Zoot., Esp
LEONEL CEBALLOS RUIZ	Director Regional Putumayo CORPOAMAZONIA
ERIEN GENARO GIRON BEDOYA	Técnico CEA CORPOAMAZONIA
CARLOS SOLARTE PORTILLA	Zootecnista, MSc, PhD.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Secretario de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
GLORIA SANDRA ESPINOSA	Ingeniera en Producción Acuícola Tecnóloga Química
PILAR NARVAEZ	Zootecnista

El Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER quien suministró los permisos para la captura de los alevinos de pirarucú en el río Amazonas.

La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia CORPOAMAZONIA y todo el personal del Centro Experimental Amazónico que con su voluntad nos apoyó para el desarrollo de esta investigación.

Al señor LINO MUNIESA QUINTERO propietario de la Finca La Lejanía Villagarzón – Putumayo quien suministró el pez forraje durante la investigación.

A Oscar y Piedad Mejía por su valiosa amistad y a todas las personas que en una u otra forma contribuyeron al desarrollo exitoso de este estudio.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	27
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	28
3. OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4. MARCO TEÓRICO	30
4.1 BIOLOGÍA DEL PIRARUCÚ ( <i>Arapaima gigas</i> , Cuvier 1887)	30
4.1.1 Ubicación Taxonómica	30
4.1.2 Distribución geográfica	31
4.1.3 Hábitat	31
4.1.4 Características Morfológicas	32
4.1.5 Anatomía	34
4.1.6 Crecimiento	36
4.1.7 Alimentación	36
4.1.8 Reproducción	37
4.1.9 Predadores y parásitos	40
4.1.10 Especie en peligro de extinción	40

4.1.11	Importancia	44
4.2	DENSIDAD DE SIEMBRA	45
4.3	PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	48
4.4	NUTRICIÓN	49
4.4.1	Proteína	49
4.4.2	Evaluación del desempeño productivo	50
4.4.2.1	Criterios de evaluación	50
4.4.2.2	Tasa de crecimiento simple	51
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	52
5.1	LOCALIZACIÓN	52
5.2	INSTALACIONES Y EQUIPOS	52
5.3	ANIMALES	53
5.4	PERÍODO DE ESTUDIO	54
5.5	FASE DE ACOSTUMBRAMIENTO	54
5.6	PLAN DE MANEJO	55
5.6.1	Estanques	55
5.6.2	Alimentación	55
5.6.3	Pesaje y medición	55
5.6.4	Profilaxis	56
5.6.5	Análisis bromatológico	57
5.6.6	Control de la calidad del agua	57
5.7	TRATAMIENTOS	57
5.8	DISEÑO EXPERIMENTAL	59
5.9	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	60

5.10	VARIABLES EVALUADAS	60
5.10.1	Incremento de peso diario	61
5.10.2	Incremento de longitud diaria	61
5.10.3	Tasa de conversión alimenticia aparente	61
5.10.4	Porcentaje de mortalidad	62
5.10.5	Tasa de crecimiento simple	62
5.10.6	Relación eficiencia proteica	62
5.10.7	Análisis parcial de costos	63
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
6.1	VARIABLES EVALUADAS	64
6.1.1	Consumo aparente de alimento y tasa de alimentación	64
6.1.2	Incremento de peso diario	65
6.1.3	Producción total	71
6.1.4	Incremento de talla	73
6.1.5	Conversión alimenticia aparente	76
6.1.6	Tasa de crecimiento simple	78
6.1.7	Relación de eficiencia proteica	80
6.1.8	Mortalidad	81
6.1.9	CALIDAD DE AGUA	82
6.1.9.1	Temperatura	83
6.1.9.2	Potencial de hidrogenación	84
6.1.9.3	Oxígeno disuelto	84
6.1.9.4	Amonio	85
6.1.9.5	Alcalinidad y dureza	85

6.1.10	Análisis parcial de costos	86
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
7.1	CONCLUSIONES	91
7.2	RECOMENDACIONES	92
8.	BIBLIOGRAFÍA	94

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Dimensiones de los estanques y área de las divisiones de cada tratamiento	53
Tabla 2. Plano de campo para la distribución de los tratamientos	60
Tabla 3. Consumo promedio de alimento en g y tasa de alimentación en porcentaje mensual para los tres tratamientos	64
Tabla 4. Resultados promedio de las variables incremento de peso e incremento de longitud diario	65
Tabla 5. Peso inicial y final de los tres tratamientos	67
Tabla 6. Incremento de peso diario para los diferentes tratamientos	68
Tabla 7. Comparación de resultados de producción reportados por otras investigaciones	69
Tabla 8. Densidad de siembra y producción por hectárea/año	71
Tabla 9. Longitud total inicial y final promedio del pirarucú durante el período experimental	73
Tabla 10. Incremento de longitud total diario y mensual	73
Tabla 11. Resultados promedio de las variables Conversión alimenticia aparente, Tasa de crecimiento simple y Relación eficiencia de proteica	76
Tabla 12. Conversión alimenticia aparente para los 3 tratamientos	76
Tabla 13. Tasa de crecimiento simple	78
Tabla 14. Relación eficiencia proteica	80
Tabla 15. Promedio de los parámetros físico químicos entre tratamientos durante los 12 meses de estudio	83

Tabla 16. Rendimiento en canal de tres especies comerciales comparadas con pirarucú ( <i>A. gigas</i> ).	87
Tabla 17. Costos parciales de producción por tratamiento de pirarucú ( <i>Arapaima gigas</i> ) alimentado con pescado fresco	88
Tabla 18. Costos e ingresos de producción durante el período experimental	88
Tabla 19. Discriminación porcentual de los costos de producción para cada tratamiento durante los 12 meses de cultivo	90

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Pirarucú	30
Figura 2. Pirarucú de 200 kg de peso capturado por pescadores de la comunidad Manco Cápac en Perú	32
Figura 3. Escamas de un ejemplar de pirarucú de 3,0 kg	33
Figura 4. Cabeza de Arapaima gigas	33
Figura 5. Placas excretoras	34
Figura 6. Boca del pirarucú	36
Figura 7. Alevino de pirarucú	36
Figura 8. Ciclo de desove anual de pirarucú en el medio natural	39
Figura 9. Porcentaje de desembarque de pirarucú en Iquitos – Perú entre los años 1980 – 1992	41
Figura 10. Movilización pesquera en el departamento del Putumayo 1994 – 2001 en el municipio de Puerto Leguizamo	42
Figura 11. Ejemplar de Pirarucú de 200 kg y 2,6 m capturado, y fileteado por la empresa comunal Yacu Taita en Perú	43
Figura 12. Ejemplar de pirarucú arponeado por pescadores ilegales	44
Figura 13. Artesanías confeccionadas con escamas de pirarucú	45
Figura 14. Estación Piscícola del Centro Experimental Amazónico	52
Figura 15. Pesaje de los ejemplares el día de la siembra	53
Figura 16. Estanque donde se efectuó la fase de adaptación de los alevinos de pirarucú	54
Figura 17. Pesaje y suministro de alimento	55

Figura 18. Pesaje y medición de los ejemplares	56
Figura 19. Labores de profilaxis	57
Figura 20. Estanque del tratamiento 1	58
Figura 21. Estanque del tratamiento 2	58
Figura 22. Estanque del tratamiento 3	59
Figura 23. Talla del Pirarucú al inicio y al final de la investigación en el tratamiento 1	66
Figura 24. Talla del Pirarucú al inicio y al final de la investigación en el tratamiento 2	66
Figura 25. Talla del Pirarucú al inicio y al final de la investigación en el tratamiento 3	66
Figura 26. Comportamiento del incremento de peso día, durante los 12 meses de cultivo	70
Figura 27. Incremento promedio de peso diario para los 3 tratamientos	71
Figura 28. Comportamiento de la producción por hectárea / año	72
Figura 29. Producción por hectárea/ año de los tres tratamientos	72
Figura 30. Incremento de longitud total en cm/día, durante los 12 meses de cultivo	74
Figura 31. Incremento promedio día de longitud total en centímetros	75
Figura 32. Conversión alimenticia aparente, durante los 12 meses de evaluación	77
Figura 33. Conversión alimenticia aparente promedio durante el período experimental	78
Figura 34. Tasa de crecimiento simple para los 3 tratamientos durante los 12 meses de cultivo	79
Figura 35. Tasa de crecimiento simple promedio para los 3 tratamientos	79
Figura 36. Relación de eficiencia proteica para los 3 tratamientos durante el período experimental	81

Figura 37. Promedio de relación eficiencia proteica durante el período experimental	81
Figura 38. Renovación de escamas perdidas por la manipulación	82
Figura 39. Curva de temperatura	84
Figura 40. Curva de ph	84
Figura 41. Curva de Oxigeno disuelto	85
Figura 42. Curva de Amonio	85
Figura 43. Curva de Dureza total	86
Figura 44. Curva de alcalinidad	86
Figura 45. Eviscerado de pirarucú	87
Figura 46. Relación beneficio costo para los 3 tratamientos	89

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza para alimento consumido	98
Anexo B. Análisis de varianza para peso promedio de la siembra	99
Anexo C. Análisis de varianza para incremento de peso diario	100
Anexo D. Prueba de Tukey para incremento de peso diario	101
Anexo E. Análisis de varianza para incremento de peso mensual	102
Anexo F. Prueba de Tukey para incremento de peso mensual	103
Anexo G. Análisis de varianza para Incremento diario de longitud total	104
Anexo H. Prueba de Tukey para incremento diario de longitud total	105
Anexo I. Análisis de varianza para incremento mensual de longitud total	106
Anexo J. Prueba de Tukey para incremento mensual de longitud total	107
Anexo K. Análisis de varianza para Conversión alimenticia	108
Anexo L. Análisis de varianza para Relación eficiencia proteica	109
Anexo M. Prueba de Tukey para Relación eficiencia proteica	110
Anexo N. Análisis bromatológico de juveniles de tilapia roja <i>Oreochromis sp</i>	111
Anexo O. Análisis bromatológico músculo pirarucú <i>Arapaima gigas</i>	112
Anexo P. Curva de regresión entre el peso y la longitud total para el tratamiento 1.	113
Anexo Q. Promedio de los parámetros físico químicos para cada tratamiento durante los 12 meses de estudio.	114

Anexo R. Análisis de varianza para los parámetros físico químicos	115
Anexo S. Registros de peso para el tratamiento 1.	116
Anexo T. Registros de longitud para el tratamiento 1.	117
Anexo U. Registro de peso del tratamiento 2.	118
Anexo V. Registro de longitud para el tratamiento 2.	119
Anexo W. Registros de peso del tratamiento 3.	120
Anexo X. Registros de longitud del tratamiento 3.	121
Anexo Y. Registro de rendimiento en canal de 3 especies comerciales y pirarucú.	122

## GLOSARIO

**BIOMASA:** Masa de organismos en cualquier nivel trófico, área o volumen de un ecosistema. La biomasa se mide en cantidad de materia por unidad de superficie o de volumen.

**EMERSIÓN:** Frecuencia con la que el pirarucú *Arapaima gigas* debe salir a la superficie cada 10-20 minutos para tomar oxígeno atmosférico. Los expertos locales aprovechan esta particularidad para estimar su abundancia en los lagos.

**DENSIDAD DE SIEMBRA:** Término manejado en acuicultura que relaciona el número de peces con la superficie o volumen de un reservorio; esta sujeta a los requerimientos de la especie a cultivar y las características físico – químicas del agua.

**ESPECIE NATIVA:** Especie propia que habita en un lugar, región o país, también denominada autóctona.

**PEZ FORRAJERO:** Pez que se alimenta de eslabones inferiores de la cadena trófica y sirve de alimento para eslabones superiores de la cadena trófica como otros peces.

**PIEDEMONTES AMAZÓNICOS:** Ecorregión ubicada al norte de la cordillera de los Andes entre los 1.500 y 300 m.s.n.m.; cubre áreas de bosques de montaña, alta montaña, páramos. Conformada por valles interandinos con suelos aluviales, aguas muy blandas, pendientes moderadas a fuertes y laderas inter-fluviales, encontrándose distintos tipos de paisaje desde bosques nativos, sabanas a valles y laderas. Además de poseer una altísima diversidad biológica, es centro por excelencia de la diversidad cultural y del manejo ambiental a partir de patrones culturales.

**PIRARUCU:** Pez de escama más grande de agua dulce, que alcanza los 3 m de longitud y 200 kg de peso

**PISCÍVORO:** Animal que se alimenta de peces.

**RENDIMIENTO EN CANAL:** Es el producto realmente comercial del pez es decir el peso del animal menos el peso de las branquias y las vísceras.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres densidades de siembra en el crecimiento de alevinos de pirarucú (*Arapaima gigas*), levantados en estanques excavados del Centro Experimental Amazónico (CEA), el cuál se encuentra ubicado en la vereda San Carlos a 8,0 km de la ciudad de Mocoa vía Villagarzón departamento del Putumayo al sur - occidente de Colombia, coordenadas: 1° 12' de latitud norte y 76°36' de longitud al oeste, a 530 m.s.n.m, temperatura promedio de 24°C, un brillo solar de 822 horas / año y una humedad relativa del 80%.

Se estudiaron 116 animales capturados del medio natural en el puerto de Leticia departamento del Amazonas, previa autorización del INCODER - Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - Subdirección de pesca y acuicultura y financiado por CORPOAMAZONIA durante un período de 12 meses. El peso promedio de los ejemplares fue de 172,9 g, longitud total de 30,4 cm, de tres meses de edad y se utilizó un Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA) conformado por tres tratamientos y cuatro replicas de de la siguiente forma:

T1 (1 animal/4m<sup>2</sup>) : 40 animales en 160 m<sup>2</sup>

T2 (1 animal/8m<sup>2</sup>) : 44 animales en 352 m<sup>2</sup>

T3 (1 animal/12m<sup>2</sup>) : 32 animales en 384 m<sup>2</sup>

Se evaluaron las variables ganancia de peso, incremento de longitud, conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica, tasa de crecimiento simple, porcentaje de mortalidad y se calculó la relación beneficio costo para determinar la viabilidad de los tratamientos.

La variable ganancia diaria de peso presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos según análisis de varianza ( $p \leq 0,01$ ) y registró el mejor resultado en el tratamiento T3 con 15,19 g/día con relación a los tratamientos T1 y T2 con 13,72 y 11,47 g/día respectivamente. De acuerdo con la prueba de Tukey al 95% de confianza.

El tratamiento T1 presenta una producción proyectada de 12.890,63 kilos/Ha/año, en comparación con los tratamientos 2 y 3 con producciones de 5.337,81 y 4.692,13 kilos/Ha.

El incremento de longitud, según el análisis de varianza ( $p \leq 0,01$ ), reportó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos y de acuerdo a la prueba de Tukey el T3 registró el mejor resultado con 0,16 cm día en comparación con el tratamiento T1 y T2 con 0,14 cm/día cada uno. Los resultados de conversión alimenticia, (T1, 3,55; T2, 3,51; T3, 3,42) no fueron estadísticamente significativos según el análisis de varianza, por lo tanto la densidad de siembra no afectó esta variable. La tasa de crecimiento simple, fue en promedio de 32,14 para el T1, 35,69 para el T2 y 39,50 para el T3.

La Relación Eficiencia Proteica (REP), para los alevinos de Pirarucú, alimentados con pescado picado con un porcentaje de proteína bruta de 15,03 % en base húmeda, presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos según análisis de varianza ( $p \leq 0,01$ ) y de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% de confianza, el T3 registro el mejor resultado con 2,91 en comparación al T1 y el T2 con 2,21 y 2,11 respectivamente.

La mortalidad fue de 0%, para los tres tratamientos durante todo el período experimental, debido a la gran rusticidad y tolerancia del Pirarucú a las diversas practicas culturales de manejo y censo, lo cuál demuestra el potencial acuícola de esta especie íctica para cultivarlo en condiciones de cautiverio. El crecimiento del pirarucú según el análisis de regresión en los tres tratamientos es de tipo potencial, igualmente la regresión entre las variables peso y longitud es interdependiente y representa adecuadamente dicha dependencia mostrando un  $R^2$  de 0,99. La relación beneficio costo del T1 fué 1,32, el T2 1,24 y el T3 1,21. Lo que significa que los tres tratamientos económicamente son viables. Pero el mejor tratamiento desde el punto de vista económico fué el T1, debido a las mayores biomosas calculadas.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the effect of three stocking densities in the growth of pirarucú (*Arapaima gigas*), lifted in dug ponds of the Amazon Experimental Center (CEA). The fish station is in the San Carlos county to 8,0 km of the city of Mocoa road to Villagarzón department of the Putumayo, located to the south – occident of Colombia, coordinated: North latitude 1° 12' , West longitude 76°36', to 530 meters above sea level, average temperature of 24°C, a solar shine of 822 hours /year and a relative humidity of 80%.

One hundred sixteen fish were studied, captured in the port of Leticia, department of the Amazonas, previous authorization of the INCODER - Colombian Institute of Rural Development - fishing and aquaculture bureau. The research was financed by CORPOAMAZONIA. The average weight of each fish was of 172,97 g, a total length of 30,45 cm, and three months old. The statistical design absolutely at random, conformed by three treatments and four you reply in the following way.

T1 (1 Fish /4m<sup>2</sup>): 40 animals in 160 m<sup>2</sup>

T2 (1 Fish /8m<sup>2</sup>): 44 animals in 352 m<sup>2</sup>

T3 (1 Fish /12m<sup>2</sup>): 32 animals in 384 m<sup>2</sup>

The variables evaluated were weight increase, length increase, feed conversion, Ratio of efficiency protein (REP), Rate of specific growth, feed conversion, percentage of mortality and the cost – benefit relationship in each treatment.

The variable increment of weight reported highly significant statistical differences among the treatments according to analysis of variance ( $p \leq 0,01$ ) and Tukey test at 95%. The T3 registered the best result with 15,19 g/day in relation to the treatment 1 and 2 with 13,72 and 11,47 g/day respectively. However the treatment 1 with a calculated production of 12.890,63 kg/Ha/year, presents higher biomass, while the treatments 2 and 3 obtained 5.337,81 and 4.692,13 kg/Ha respectively.

The length increase, presents highly significant statistical differences among the treatments according to analysis of variance ( $p \leq 0,01$ ) and Tukey test at 95%. The T3 registered the best result with 0,16 cm/day in relation to the treatment 1 and 2 with 0,14 cm/day each one. The feed conversion was not different between treatments the results for the T1 were of 3,55, for the T2 3,51 and for the T3 3,42. The rate of simple growth was of 32,14 for the T1, 35,69 for the T2 and 39,50 for the T3.

The relationship of protein efficiency (REP) for the pirarucú (*A. gigas*) juveniles, fed with fish muscle with a percentage of total protein of 15,03% on humid base presents highly significant statistical differences among the treatments according to variance analysis ( $p \leq 0,01$ ) and Tukey test to 95%. The T3 reports the best result with 2,91 in relation to the treatment T1 and the T2 with 2,21 and 2,11 respectively.

There was no mortality in any treatment which demonstrates the fish culture potential of this specie due to high resistance to different cultural practices and the stress caused during the census. The cost – benefit relationship demonstrates that all treatments were feasible from the economic standpoint of view (T1, 1,32; T2, 1,24; T3, 1,21). But the best treatment from the economic point of view was the T1, due to a highest biomass production. The growing of pirarucú (*A. gigas*) according to regression analysis was in a potential mode. Furthermore the analysis showed that, regression between the variables length and weight was interdependent and the association among these was excellent ( $R^2 > 0,99$ )

## INTRODUCCIÓN

El incremento creciente de la población mundial ha afectado negativamente la cadena de seguridad alimentaria debido a que las actividades del sector primario que anteriormente abastecían de alimento a la población cada vez son más insuficientes y los costos de producción mayores, lo que representa una disponibilidad de alimentos limitada. A este respecto el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Argentina (CRICYT) asegura que: “La tasa de crecimiento poblacional es superior en los países subdesarrollados, debido a que estos constituyen el 79% del crecimiento mundial, lo que ha incidido negativamente en las condiciones de salud de la población”<sup>1</sup>.

Igualmente, la producción de alimentos a partir de la agricultura es insuficiente para abastecer la demanda de alimentos. Por lo tanto, la acuicultura es un subsector agrícola que produce gran cantidad de proteína por hectárea de un alto valor biológico y a bajo costo. Además, interviene en la conservación y propagación de los recursos hidrobiológicos afectados por el deterioro ambiental y la sobrepesca y se convierte en una importante fuente de empleo y divisas de muchos países y comunidades.

La Unión Europea<sup>2</sup>, señala que Colombia es el país más biodiverso del mundo por unidad de área, de tal manera que constituye el 10% de la biodiversidad mundial. Sin embargo, la abundancia por especie es escasa, lo cual explica por que muchos recursos hidrobiológicos son vulnerables a la continua contaminación física, química y bacteriológica del agua, la deforestación excesiva, la minería, la extracción de los lechos de los ríos de materiales para construcción, la pesca ilícita con dinamita y la incapacidad logística de las distintas corporaciones

---

<sup>1</sup> Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas CRICYT. Población mundial [online]. (Argentina), (citado el 3 de Mayo de 2003). Disponible en internet: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/PoblacMund.htm>

<sup>2</sup> UNIÓN EUROPEA. Política Exterior y de Seguridad Común [online]. (Brúcelas), 2003 (citado el 16 de mayo de 2003). Disponible en internet: [http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/enero\\_de\\_es/200010/p106010.htm](http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/enero_de_es/200010/p106010.htm)

regionales para hacer cumplir la reglamentación sobre tallas mínimas. Las anteriores condiciones atentan contra los nichos de alimentación, reproducción y protección de las especies nativas en los distintos cuerpos de agua lénticos y lóticos. Además la difícil situación socio económica que enfrenta Colombia requiere urgentemente la promoción de fuentes proteicas alternativas, como solución al conflicto alimenticio y de empleo mediante el accionar de las nuevas profesiones

como la Ingeniería en Producción Acuícola que pretende la evaluación de paquetes tecnológicos acuícolas novedosos como el cultivo de especies nativas, que constituye un ejemplo factible de producción sustentable y ecológicamente sana.

Colombia ha desarrollado la acuicultura, basada fundamentalmente en el cultivo de especies icticas exóticas foráneas y transplantadas y/o introducidas, con graves riesgos para la ecología y conservación de nuestros recursos ícticos diversos pero poco abundantes, lo que justifica ampliamente el fomento del estudio y propagación de las especies nativas.

Por lo anteriormente expuesto, el propósito de la presente investigación es evaluar el efecto de distintas densidades de siembra en el crecimiento de alevinos de pirarucú (*A. gigas*), alimentados con peces muertos troceados, tendiente a estandarizar en los próximos años un paquete tecnológico de manejo y cultivo en condiciones de cautiverio para promoverlo y difundirlo en la cuenca Orinoco - Amazonas, de tal manera que esta especie íctica se constituya en una alternativa real de la cadena alimenticia no solo de la acuicultura agrícola extensiva, sino también generadora de divisas en acuicultura intensiva y superintensiva. Además la importancia del pirarucú es mayor, si se tiene en cuenta que puede convertirse en una posibilidad de sustitución de cultivos ilícitos en la cuenca amazónica, disminuyendo así las labores de destrucción irracional de los recursos y el ambiente, situación que está contribuyendo a la desertificación acelerada de esta región, considerada el pulmón ecológico del planeta.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El pirarucú (*Arapaima gigas*) es una especie nativa de la Cuenca Amazónica considerado el pez de escama de agua dulce más grande del mundo. Según Rebaza<sup>3</sup>, existen ejemplares que sobrepasan los 200 kg de peso y alcanzan hasta 3,0 m de longitud total y en condiciones de cautiverio pueden crecer en promedio 10 kg/año, con producciones calculadas de 8.000 kg/Ha/año. Sin embargo las poblaciones se han venido diezmando por la sobreexplotación y la pesca ilegal.

En Colombia no se han desarrollado investigaciones, sobre manejo en cautiverio y densidades de siembra en los cultivos de especies nativas, especialmente del pirarucú (*A. gigas*), que permita implementar políticas serias, científicas y sustentables sobre repoblación de los cuerpos naturales amazónicos y al mismo tiempo estimular el estudio de este importante recurso íctico nativo sin tener que enfrentar el deterioro de los hábitats acuáticos por la siembra de especies ícticas exóticas transplantadas y/o introducidas en el frágil y estratégico ecosistema amazónico.

---

<sup>3</sup> REBAZA, Mariano. Manual de Piscicultura del Paiche. Venezuela: Manatí Gráfico. 1999. p. 2, 3.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los estudios que se han realizado sobre pirarucú (*Arapaima gigas*) en el mundo son escasos. Por tanto, es importante investigar esta especie íctica nativa principalmente en lo referente a su potencial acuícola. En consecuencia, este proyecto plantea el siguiente problema:

¿Cuál es la densidad de siembra adecuada del pirarucú (*A. gigas*) cultivado en estanques excavados del Centro Experimental Amazónico (CEA) Mocoa, departamento del Putumayo, que genere las mejores conversiones alimenticias, incrementos de peso, tasas de sobrevivencia y producciones por hectárea?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de tres densidades de siembra en el crecimiento de alevinos de pirarucú (*A. gigas*), levantados en estanques excavados del Centro Experimental Amazónico (CEA), Putumayo, Colombia.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los incrementos de peso y talla en los distintos tratamientos durante el período experimental.
- Calcular la conversión alimenticia en los diferentes tratamientos.
- Establecer la relación de eficiencia proteica (REP).
- Analizar la tasa de crecimiento simple (TCS).
- Determinar la tasa de mortalidad.
- Realizar el análisis beneficio costo para determinar el mejor tratamiento desde el punto de vista económico.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1. BIOLOGÍA DEL PIRARUCÚ (*Arapaima gigas*, Cuvier 1887).

**4.1.1 Ubicación Taxonómica.** Los peces representan cerca de la mitad de todos los vertebrados que existen. El 58% son marinos, 41% de aguas continentales y 1% migra de agua dulce a agua salada. De las 30.000 especies de peces que existen en la tierra el orden Osteoglossiformes constituye seis de las 409 familias, 26 de los 3.867 géneros y 206 de todas las especies. El pirarucú es un pez de escamas, de agua dulce perteneciente a la familia de los Osteoglossidae y al súper orden Osteoglossomorpha, grupo de peces primitivos que con la excepción de la familia Hiodontidae son tropicales (Figura 1). Los Osteoglossomorpha comprenden seis familias existentes y 206 especies. Ellos han existido desde el período cretáceo (Hace 65 a 136 millones de años) y se cree que han descendido de los primitivos peces óseos<sup>4</sup>.

**Figura 1. Pirarucú**



Amazon fishing

---

<sup>4</sup> CAMPOS, Luis. Historia Biológica del Paiche o Pirarucú *Arapaima gigas* (Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonia. Iquitos Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – Programa de Biodiversidad. 2001. p. 2.

La clasificación taxonómica del pirarucú según Bard e Imbiriba<sup>5</sup> es:

Phylum: Chordata

Orden: Osteoglossiformes

Suborden: Osteoglossoidei

Superfamilia: Osteoglossoidae

Familia: Osteoglossidae

Genero: Arapaima

Nombre científico: *Arapaima gigas* Cuvier, 1887

Nombre vernacular: Pirarucú (Colombia y Brasil), paiche (Perú), arapaima (Guyana).

Venturieri sostiene que: "La palabra pirarucú tiene origen indígena y esta formada por la unión de los vocablos pira: pez y urucú: rojo, por la coloración rojiza de las escamas posteriores del cuerpo"<sup>6</sup>.

**4.1.2 Distribución geográfica.** De acuerdo con Hurtado<sup>7</sup>, el Pirarucú es considerado un pez ecuatorial que vive a temperaturas de agua de 24 - 26 °C, todo el año y más de 2.000 mm de precipitación anual y está confinado a la cuenca amazónica, el oeste del Orinoco, los sistemas de Rupunumi y Essequibo de las Guyanas. En el Perú se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañon, Pastaza y Ucayali, con abundancia en la reserva Nacional Pacaya Samiría.

**4.1.3 Hábitat.** Según Imbiriba<sup>8</sup>, el pirarucú habita en ríos caudalosos de la selva y las lagunas de tercer orden de tipo eutrófico, cuya productividad biológica se encuentra en aumento debido al aporte orgánico que acarrean las aguas.

De acuerdo con Junk<sup>9</sup>, el río Amazonas y sus afluentes están sujetos a grandes oscilaciones del nivel del agua en torno a 5 - 15 m por año, inundando extensas áreas, la variación del nivel del río altera los ambientes dependiendo de la conexión entre este y el lago, los lagos pequeños pueden secarse en verano, algunos actúan en ciertas épocas como canales naturales conteniendo agua corriente o estancada. Estas

---

<sup>5</sup> BARD, J. & IMBIRIBA, E.P. Piscicultura do Pirarucú, *Arapaima gigas*. Brasil: E.C. 1986. p. 3.

<sup>6</sup> VENTURIERI, Rossana y BERNARDINO, Geraldo. Potencialidade e criação do pirarucú. Brasil: p.4.

<sup>7</sup> HURTADO A. Aspectos biológico - pesqueros del pirarucú *Arapaima gigas* en el sistema de varzea en el municipio de Puerto Nariño. Amazonas 1973. p. 9. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales.

<sup>8</sup> IMBIRIBA, E.P. et al. 1993. Bioecología e manejo sustentado de pirarucú na bacia amazônica, Belém, EMBRAPA-CPATU. p. 27.

<sup>9</sup> JUNK, W.J. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. En: The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Brasil: 1986. p. 450.

modificaciones seguramente influyen el comportamiento y la distribución del pirarucú.

Rebaza comenta que: “Esta especie no tiene exigencias en lo referente a la química y la intensidad de sedimentación de agua, pero prefiere orillas densas de hierbas que se extienden al agua sin estar arraigadas en el suelo como por ejemplo las gramíneas (*Echinochloa polystachia* y *Paspalum repens*)”<sup>10</sup>.

**4.1.4 Características Morfológicas.** Según Campos<sup>11</sup>, el pirarucú es el pez de escama mas grande de agua dulce, llega a tener hasta 3,0 m de longitud total y un promedio de 200 kg de peso total. A pesar de su gran peso, el pirarucú logra pasar obstáculos y toma impulso sacando su cuerpo fuera del agua, al ser capturado trata de salir de redes a toda velocidad, causando a sus capttores accidentes de alto riesgo (Figura 2).

**Figura 2. Pirarucú de 200 kg de peso capturado por pescadores de la comunidad Manco Cápac en Perú.**



Wust & Balaguer.

Rebaza<sup>12</sup> describe al pirarucú con un cuerpo alargado, circular y elipsoidal en sección, revestido de grandes y gruesas escamas cicloideas (Figura 3). El color del Pirarucú es castaño claro a partir del octavo a noveno mes de edad, con color pardo negruzco en

---

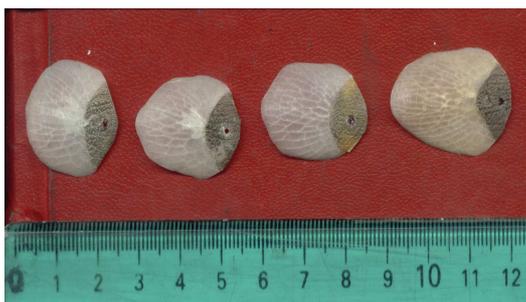
<sup>10</sup> REBAZA, Op. cit., p. 6.

<sup>11</sup> CAMPOS, Op. cit., p. 2.

<sup>12</sup> REBAZA, Op. cit., p. 4.

la cabeza y el dorso, las escamas abdominales en la mitad posterior del cuerpo están ribeteadas de rojo oscuro; las aletas ventrales en los adultos poseen manchas negras y amarillas, dispuestas en forma de ondas irregulares; la aleta dorsal, anal y caudal poseen manchas claras.

**Figura 3. Escamas de un ejemplar de pirarucú de 3 kg.**



Según Romero, citado por Bastos:

La cabeza del pirarucú es achatada, con un espacio interorbital plano y formado por numerosas placas óseas, distribuidas en toda la superficie de la cabeza y en los bordes de la boca (Figura 4). El Pirarucú posee 58 placas excretoras de diferente tamaño, consisten en una pequeña plancha de forma elíptica, resistente a la presión y de consistencia semejante a la escama, con 6 a 8 poros situados en su borde posterior que al presionarlos expulsan un líquido viscoso considerado por los indígenas como “la leche” con la cuál se alimentan los alevinos, pero consideraciones de orden anatomo – fisiológico, hacen pensar que es una secreción relacionada con los procesos de inmunidad pasiva (Figura 5)<sup>13</sup>.

**Figura 4. Cabeza de Arapaima gigas.**



<sup>13</sup> BASTOS, Ana María. Conhecimento atual sobre o Pirarucú. *Arapaima gigas* (Cuvier, 1871). En: Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. 1995. p.1-6

**Figura 5. Placas excretoras.**



La boca es superior, grande y oblicua, con prognatismo de la mandíbula inferior. Su lengua es ósea, en la boca pueden ser observadas dos placas óseas laterales y una palatina que funciona como verdaderos dientes y con ella comprime la presa, matándola antes de deglutirla (Figura 6). La aleta dorsal nace a partir del tercio posterior y continúa hasta el pedúnculo caudal; la anal es casi simétrica a la dorsal pero se origina hacia la parte posterior, la aleta caudal es pequeña casi simétrica y redondeada; las aletas pectorales son de tamaño mediano con doce radios bifurcados desde la base, las ventrales son pequeñas y se aproximan al ano<sup>14</sup>.

#### **4.1.5 Anatomía.** Sant´ana citado por Santos y Moura, describe que:

El cráneo de Arapaima gigas presenta en toda la superficie fisuras o fosas glandulares distribuidas simétricamente y esta compuesto por una serie de estructuras óseas fusionadas denominadas: neurocráneo y esplecnocraneo con los huesos que conforman la serie orbital, serie mandibular, serie suspensoria, serie hioide, serie opercular, serie branquial y cintura pectoral. El neurocraneo esta compuesto por los huesos: nasales, frontales, parietales, pteróticos, vomer, paraesfenoide, supra-occipital, epióticos, esfenóticos y basioccipital, La serie orbital conformada por los huesos: lacrimal e infla-orbital 2, 3, 4 y 5. La serie mandibular compuesta por los huesos: premaxilar, maxilar y mandibular, la serie suspensoria compuesta por los huesos palatino, ectopterigoide, endopterigoide, cuadrado, metapterigoide e hiomandibular. La serie hioide compuesta por los huesos: epi-hial, cerato-hial, hipo-ial, radios branquiostegas y urohial. La serie opercular compuesta por los huesos:

---

<sup>14</sup> Ibid., p.7-11.

opercular e Inter.-opercular, la serie branquial compuesta por los huesos: basibranquiales, hipobranquiales, ceratobranquiales, epibranquiales e infrafaringobranquiales 2 y 3 y una cintura pectoral compuesta por los huesos: cleitro, coraoides, escápula, radios, pos-cleitro, supra-cleitro post-temporal y supratemporal. También se destaca la presencia de placas dentarias distribuidas irregularmente por los rebordes alveolares, alcanzando la comisura da boca<sup>15</sup>.

- **Aparato respiratorio.** El Pirarucú presenta un sistema branquial con grado de atrofia. Las branquias están formadas por cinco pares de arcos branquiales, los dos primeros tienen dos series de largos apéndices tubiformes en el borde externo en vez de láminas. En el quinto par de arcos solo se perciben pequeñas branquiespinas. La constitución de las branquias las hace insuficientes para el abastecimiento de oxígeno en proporción al peso lo cual lleva al perfeccionamiento de la vejiga hidrostática como órgano respiratorio complementario. En consecuencia, la vejiga hidrostática ocupa totalmente la parte dorsal de la cavidad abdominal y se comunica con la parte posterior de la faringe. La vejiga hidrostática se caracteriza porque las paredes internas de este órgano han desarrollado un abundante tejido vascular, que contribuye a aumentar la superficie que sirve para el intercambio de gases entre el aire y la sangre circulante por los capilares, tal como ocurre en los pulmones. El pirarucú sale por lo tanto a la superficie cada quince minutos, cuando es perseguido puede permanecer hasta 40 minutos bajo el agua<sup>16</sup>.
- **Aparato digestivo.** La boca es superior, grande y oblicua, provista de muchos dientes relativamente pequeños y más o menos iguales entre sí. Contiene 20 pequeños dientes cónicos en el premaxilar, 32 en el maxilar y de 35 - 36 en la mandíbula. Todos los dientes están cubiertos por labios gruesos que dejan libre solamente la punta (Figura 6). En el vómer, palatinos, pterigoides, esfenoides, hioides y lengua se encuentran una amplia línea diente-cilios cónicos a manera de escofinas. Membranas branquiotegas separadas, el opérculo presenta una ancha y gruesa membrana en el borde. El tubo digestivo es corto como en todos los peces carnívoros<sup>17</sup>.

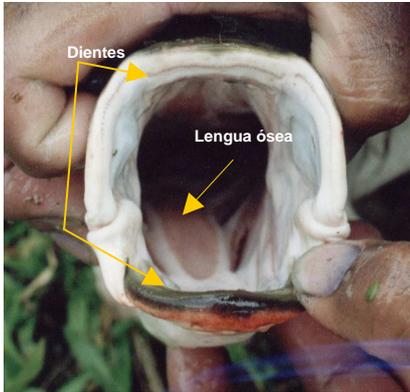
---

<sup>15</sup> SANTOS, André y de MOURA, Cristiano. Estudo anatômico do crânio de *Arapaima gigas* (Cuvier) (Actinopterygii, Osteoglossidae) [online]. (Brasil), 2003 (citado el 20 de agosto de 2004). Disponible en internet: <http://www.propp.ufu.br/revistaeletronica/E/ESTUDO%20ANA.PDF>.

<sup>16</sup> REBAZA, Op. cit., p. 4 - 5.

<sup>17</sup> Ibid., p. 5

**Figura 6. Boca del pirarucú.**



**4.1.6 Crecimiento.** Los alevinos de Pirarucú son cuidados intensamente por su madre para evitar el ataque de predadores. Cuando los alevinos alcanzan la longitud de 0,75 m el aumento de peso es bajo en relación con el crecimiento longitudinal, a partir de este momento el incremento de peso y longitud es relativamente paralelo hasta que alcanzan 1,50 m; posteriormente el crecimiento en longitud decrece produciendo un mayor crecimiento transversal y aumento considerable de peso<sup>18</sup>.

**4.1.7 Alimentación.** Rebaza<sup>19</sup>, afirma que en condiciones de cautiverio se ha determinado que es un animal de consumo oportunista además de consumir en un nivel medio de la columna de agua. Los alevinos aceptan el balanceado siempre y cuando el pellet le llegue cerca de la boca y se les haya realizado un acostumbamiento previo (trozos de peces adheridos al concentrado); en esta etapa aceptan como alimento: peces vivos, vísceras, concentrado, pescado seco y otros (Figura 7).

**Figura 7. Alevino de Pirarucú.**



<sup>18</sup> TORRES, Delia. El Pirarucú o Arapaima gigas. Colombia: Universidad de los Andes. 1975. p. 9. 1975.

<sup>19</sup> REBAZA, Op. cit., p. 7.

El mismo autor<sup>20</sup>, sostiene que el pirarucú es un pez piscívoro, se alimenta de especies de los géneros Prochilodus, Tetragonopterus, Leporinus; prefiriendo los Loricaríidos. Captura su presa mediante una fuerte succión con la boca, se alimenta en el atardecer o amanecer; durante el día cuando el calor es intenso se oculta bajo la vegetación acuática en busca de cualquier sombra para huir de los fuertes rayos solares, manteniéndose quieto en el fondo del agua y emergiendo algunas veces para tomar aire.

Lo anterior corrobora lo observado por Campos<sup>21</sup>, de que la vista de esta especie no esta más desarrollada que otros sentidos. Además en estudios enfocando un haz de luz directamente sobre los ojos de los peces estos presentan una reacción fototrópica negativa, caracterizada por el alejamiento del pez y disminución en el intervalo de la emersión, lo que explica el porque se alimentan al atardecer. Posiblemente el sentido más desarrollado es la zona otica porque se atraen fácilmente con sonidos fuertes o golpeteos en la superficie del agua.

En el análisis del contenido estomacal del pirarucú mantenido en ambiente natural, los peces constituyen su alimento preferido (64,56%), siendo la tilapia, el principal componente; en menor porcentaje restos vegetales y piedrecillas (15,56%); cangrejos (9,59%); sustancias verde amorfa (5,50%); churos (3,13%) y en una sola oportunidad un camarón. Los estómagos generalmente se encontraron semillenos y su contenido semidigerido. En experimentos de cultivo de pirarucú alimentados con tilapia y alimento balanceado en jaulas flotantes los ejemplares que fueron alimentados con tilapia cortada en trozos obtuvieron mayor crecimiento y peso. La crianza del pirarucú intensiva o semiintensiva debe pasar por una evaluación económica muy seria para no decepcionar a los piscicultores, porque tasas de conversión alimenticia mayor a 7,0 es prohibitivo para un piscicultor rural<sup>22</sup>.

**4.1.8 Reproducción.** El pirarucú es una especie bisexual, con fecundación externa y el dimorfismo sexual se presenta únicamente durante la época de desove, donde los machos sufren un ennegrecimiento de la cabeza, la región dorsal y el cambio de coloración a un verde intenso en las escamas de determinadas regiones del cuerpo; las hembras en tanto permanecen de un color castaño oscuro. Tanto los machos como las hembras presentan una sola gónada funcional, generalmente ubicada en el lado izquierdo.

---

<sup>20</sup> Ibid., p.8

<sup>21</sup> CAMPOS, Op. cit., 12 – 13.

<sup>22</sup> Ibid., p. 9.

Durante el período de reproducción, cuando son capaces de producir gametos normales, el testículo izquierdo es alargado y casi cilíndrico, teniendo el lado plano hacia abajo libre y el opuesto curvado, adherido fuertemente al peritoneo en toda su longitud mediante un ligamento. Un pirarucú macho de 1,88 m de longitud presenta un testículo de 260 mm de longitud, mientras que en el lado derecho mide apenas 25 mm. La constitución anatómica del ovario es foliar, parecida a las hojas de un libro. Entre cada dos láminas que lo integran y soldados por los bordes están fijos los óvulos al estroma. El ovario esta localizado en los dos tercios de la cavidad abdominal, en la parte media del lado izquierdo. El peso del ovario en hembras de 2,0 m de longitud, varía de 495 – 1.300 g. En el estado de maduración las hembras muestran el ovario color verde petróleo intenso. El número promedio de óvulos de una hembra de 1,80 m de longitud y 62 kg de peso es de 180.000, de los cuáles solo el 25% presenta maduración total y están en condiciones de ser liberados para su fecundación. En el hábitat natural, el total de larvas sobrevivientes después de cada desove es alto debido a que ambos reproductores exhiben cuidado parental<sup>23</sup>.

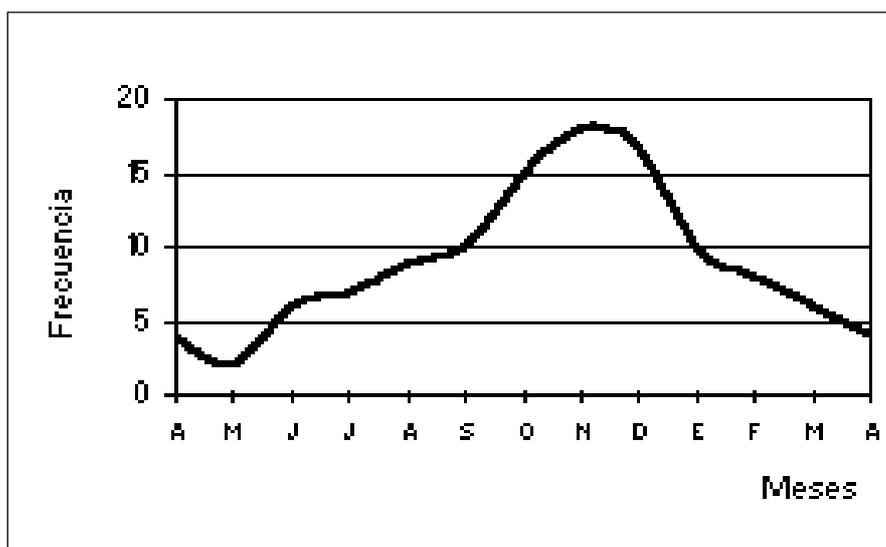
Las características externas para diferenciar el macho de la hembra no se han logrado determinar aunque en alguna oportunidad se puede distinguir el sexo, por presentar el macho el reborde de las escamas de los flancos, región ventral y caudal una coloración roja suave; sin embargo, esta característica no se puede distinguir en todos los especímenes analizados. Se encontró en un ejemplar de Pirarucú en el Lago Sauce (Perú) tres tipos de óvulos, que dan a la gónada un color verde petróleo, con puntuaciones amarillentas: óvulos que presentaban un color verde petróleo que fácilmente se desprenden del estroma son óvulos maduros con un diámetro de 4,0 mm, óvulos casi maduros de color plomo oscuro con mas de 1mm y menos de 2,0 mm y por ultimo los óvulos inmaduros que presentan un color blanco y amarillo con diámetro menor de 1,0 mm. El pirarucú se reproduce cuando tiene aproximadamente 1,60 m, etapa en la cuál los reproductores pierden el interés por comer, normalmente no reciben la ración en el lugar habitual, la cabeza se vuelve totalmente ennegrecida, la coloración del dorso hasta la aleta dorsal oscura, los flancos, vientre y región caudal toman coloración rojiza semejante al color del achiote. Además, producen sonidos que se escuchan a 2,0 km de distancia. El grado de fecundidad del ejemplar más representativo del Lago Sauce con longitud de 2,45 m, y peso de la gónada de 2,630 g, superó los 600.000 ovocitos entre maduros e inmaduros. Las gónadas presentan diferentes grados de maduración, y existen algunos registros que informan que puede desovar más de una vez

---

<sup>23</sup> REBAZA, Op. cit., p. 4

al año, pero los mayores informes coinciden que generalmente se reproducen entre octubre a marzo (Figura 8). En el desove se ha encontrado que el pirarucú presenta un desove fraccionado, la hembra coloca sus huevos en el nido a una profundidad de 1,5 m y los nidos son generalmente de tipo duro (silito – arcilloso)<sup>24</sup>.

**Figura 8. Ciclo de desove anual del pirarucú en el medio natural.**



Sistema de Investigaciones de la Amazonia Peruana – SIAMAZONIA.

En lo referente a la evolución desde huevo hasta post-larva, Lulling y Fontanele citado por Campos, informan que:

La larva recién eclosionada es de color verde claro y mide entre 10,5 – 11,5 mm y se mantiene en el fondo de los hoyos del nido acostada de lado, en estos momentos el macho con el cuerpo inclinado en un ángulo de 45° y con la cabeza sobre el nido, las protege y las airea con las aletas y arrojando agua con la boca. Esta larva empieza a nadar al quinto día de vida cuando tiene 1,5 cm de longitud total. La larva en el nido tiene un saco vitelino bastante voluminoso. Después de cinco días los pequeños nadan encima de la cabeza del reproductor macho, el cardumen tiene la forma de una esfera de color oscuro que se desliza lentamente. Las larvas de pirarucú durante los primeros días nunca se muestran a la superficie lo que puede indicar que las branquias en estos primeros cinco a diez días son suficientes para captar el oxígeno que requieren. Durante los primeros días el

<sup>24</sup> Ibíd., p. 17-18.

cardumen sale por grupos a la superficie cada 60 a 85 segundos. Se alimentan de huevos de microcrustáceos y algas (*Keratela* y nanoplancton). Al séptimo día las larvas miden 17,1 mm aproximadamente, poseen branquias protegidas con los opérculos y el saco vitelino reducido. El octavo día sin saco vitelino, con un longitud total de 17,9 mm y el estomago repleto de microcrustáceos y algas. Al noveno día salen a tomar aire a la superficie y llegan a 18,5 mm aproximadamente<sup>25</sup>.

**4.1.9 Predadores y parásitos.** El pirarucú juvenil tiene como enemigos además del hombre ciertas aves, como la sharara (*Anhinga anhinga*), el martín pescador (*Megaceryle torquato*), el cushuri (*Phalacrocorax brasilianus*) y muy ocasionalmente algunas garzas. Entre los peces predadores de juveniles de pirarucú están las pirañas (*Serrasalmus spp*), el shuyo (*Erythrinus erythrinus*), el tucunaré (*Cichla ocellaris*) y el acarahuazú (*Astronotus ocellatus*). Entre los nematodos que parasitan con frecuencia al Pirarucú se encuentran: *Goezia spinulosa*, que se aloja en el estomago y *Phylometra senticosa*, que parásita la vejiga hidrostática en grandes cantidades. Como parásitos externos están las sanguijuelas y el parásito *Argulus*<sup>26</sup>.

**4.1.10 Especie en peligro de extinción.** Según Aldea<sup>27</sup>, la especie ha soportado una intensa presión de pesca desde los años 1.800 y se encuentra en el Apéndice II, Especies Vulnerables, de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES).

Rebaza manifiesta que: “El pirarucú presenta características que lo convierten en la especie más vulnerable por los pescadores comerciales y ribereños por ser el predador más alto de la cadena alimenticia de las cochas, por su gran tamaño, su costumbre de cuidado parental de la prole, el gran valor comercial de su carne y la buena aceptación de parte del público consumidor”<sup>28</sup>.

---

<sup>25</sup> Ibíd., p. 19-20.

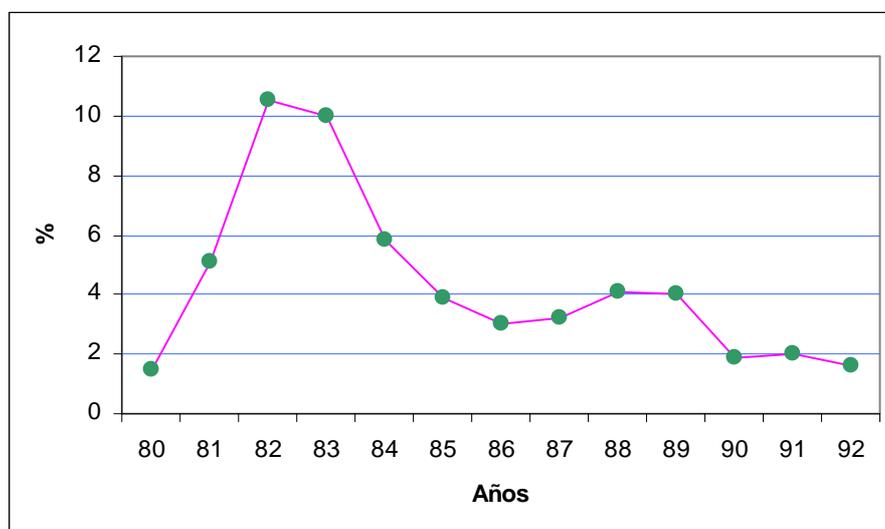
<sup>26</sup> SANCHEZ, J.R. Pirarucú. Aspectos de su historia natural ecología y aprovechamiento, Ministerio de agricultura. Servicio de pesquería. Lima Perú. p.12.

<sup>27</sup> ALDEA, María. Cultivo de paiche *Arapaima gigas* con dietas artificiales en jaulas flotantes. Trabajo de grado. (Biólogo). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana – Facultad de Ciencias Biológicas [online]. (Perú) 2002 (citado 30 de junio de 2004). Disponible en internet: <http://www.siamazonia.org.pe/Publicaciones/2003/Enero/PDF/ARTICULO%20MARY.pdf>.

<sup>28</sup> REBAZA, Op. cit., p. 11.

De acuerdo con el Sistema de Investigaciones de la Amazonía Peruana SIAMAZONIA<sup>29</sup>, las estadísticas de desembarque de pirarucú en Iquitos - Perú indican que viene mostrando signos de agotamiento, con serio peligro de su recuperación en el corto plazo, si no se adoptan medidas de manejo efectivas que reduzcan la declinación de su producción (Figura 9).

**Figura 9. Porcentaje de desembarque de Pirarucú en Iquitos – Perú entre los años 1980 – 1992.**



Fuente: SIAMAZONIA.

Venturieri reporta que: “Las estadísticas de pesca de la región norte de Brasil, realizadas por el Instituto Brasileiro de Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables - IBAMA y el Centro de Pesquisa y Extención Pesquera del Nordeste de Brasil - CEPENE en 1996, la captura fue de 391 ejemplares de pirarucú. Así mismo en el año 1984 se registro una reducción drástica de esta especie, de 1751 toneladas, en 1988 de 310 toneladas y en 1996 de 207,5 toneladas. Lo cual prueba el carácter poco sostenible de la extracción de este recurso. A ello deben sumarse las capturas en la Amazonia peruana y colombiana”<sup>30</sup>.

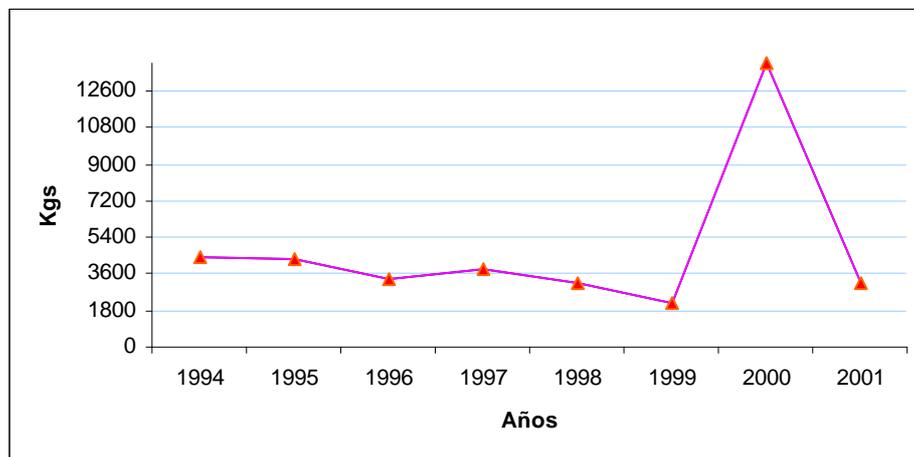
<sup>29</sup> Sistema de Investigaciones de la Amazonía Peruana - SIAMAZONIA. Donde se encuentra el Paiche. Sistema de Información de la Diversidad de octubre de Biológica y Ambiental de La Amazonia Peruana. [online]. (Perú), 2002 (citado el 17 de octubre de 2004). Disponible en internet: [http://www.siamazonia.org.pe/Publicaciones/Manej\\_Prod\\_Alev\\_Paiche/generalidades.htm](http://www.siamazonia.org.pe/Publicaciones/Manej_Prod_Alev_Paiche/generalidades.htm)

<sup>30</sup> VENTURIERI, Rossana. Pirarucú, espécie ameaçada pode ser salva a través do cultivo. *En: Revista Panorama da Acuicultura*. Vol 9. p. 13-21. Brasil: 1999.

Según el INPA citado por Bustos y López<sup>31</sup>, en el amazonas colombiano la reducción en las capturas fue de 11,24 toneladas para 1999, (junio a septiembre), que representa el 0,11% del total de peces capturados en la zona.

La reducción en las capturas entre el año 2000 y 2001 en el departamento del Putumayo municipio de Puerto Leguízamo fue de 10,84 toneladas que representa el 3,24 % del total de especies capturadas en la zona (Figura 10)<sup>32</sup>.

**Figura 10. Movilización pesquera en el Departamento del Putumayo 1994 - 2001 en el Municipio de Puerto Leguízamo.**



Leonel Ceballos R.

El seguimiento de los volúmenes de extracción de pirarucú es difícil, porque la carne se comercializa fileteada. Además de que el 79,8% de los ejemplares adultos que se capturan se encuentran por debajo de la talla mínima de captura (150 cm.), lo que indica la sobreexplotación del recurso, disminuyendo la probabilidad de repoblamiento debido a la pérdida de animales que remplazarían el stock reproductivo<sup>33</sup>.

<sup>31</sup> BUSTOS, Omar y LOPEZ, Natalia. Evaluación de tres niveles 35, 40 y 45% de proteína en el pirarucú *Arapaima gigas* durante la fase de alevinaje, con la utilización de harina de pescado y torta de soya como fuentes de proteína. Santa fé de Bogotá, 2002, Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 14

<sup>32</sup> COMUNICACIÓN PERSONAL DE Leonel Ceballos Ruíz. Zoot., Esp. Director Regional Putumayo de CORPOAMAZONIA. Mocoa, Colombia 2004.

<sup>33</sup> HURTADO, Op cit., p. 77

Los pescadores de YacuTayta, la empresa pesquera comunal de la Amazonia Peruana trabajan desde hace seis años en el control de la pesca y en la puesta en práctica de técnicas que permitan aprovechar el recurso sin depredarlo. En las capturas utilizan las redes de coco ancho, que atrapan sólo a los ejemplares de más de 1,80m de largo, que ya han logrado reproducirse (Figura 11)<sup>34</sup>.

**Figura 11. Ejemplar de Pirarucú de 200 kg y 2,6 m capturado, y fileteado por la empresa comunal Yacu Taita en Perú**



Wust & Balaguer.

De los escasos cuatro pirarucús adultos que quedaban en la reserva El Dorado en 1994, hoy se cuentan más de 400 ejemplares, las vedas se respetan con rigurosa exactitud, mientras los monitoreos periódicos permiten conocer a la perfección el estado de las poblaciones de éste y otras especies de importancia comercial de los lagos y ríos de la región; se han elaborado proyectos y planes de manejo, pero el Ministerio de

<sup>34</sup> WUST y BALAGUER. Arapaima el gigante de los ríos. Reportajes [online]. (Perú), 2003 (citado el 26 de agosto de 2004). Disponible en internet: <http://terraincognita.perucultural.org.pe/report/arapaima.htm>

Pesquería no los ha autorizado. Mientras, los ilegales continúan capturando animales en las zonas sin control y diezmando las poblaciones de pirarucú (Figura 12). Los esfuerzos por parte los pescadores de Yacutayta para controlar a los infractores se han redoblado durante la estación de secas realizando patrullajes y manteniendo permanente contacto radial con las autoridades y la jefatura de la reserva El Dorado<sup>35</sup>.

**Figura 12. Ejemplar de pirarucú arponeado por pescadores ilegales**



Portal Amazonia.

**4.1.11 Importancia.** El pirarucú es una especie que cuenta con una creciente potencialidad científica económica. Posee altos rendimientos de carne por individuo y los productos secundarios de su explotación, como escamas que sirven para confección de artesanías, flores y hojas artificiales y la lengua o hiodes que sirve de lima, califican su importancia económica (Figura 13). Además la presencia de algunos caracteres primitivos despierta el interés del mundo de la ciencia, pues se considera un pez relicto cuyo estudio puede esclarecer las incógnitas que aún persisten acerca de los procesos evolutivos de las especies en la cuenca amazónica<sup>36</sup>.

---

<sup>35</sup> Ibid.,

<sup>36</sup> REBAZA, Op. cit., p. III.

**Figura 13. Artesanías confeccionadas con escamas de pirarucú.**



Torres sostiene que: “La importancia del pirarucú en la alimentación podría llegar a solucionar un sinnúmero de problemas de desnutrición, debido a que el pirarucú en una muestra analizada por Sánchez en 1985 presenta: Humedad 35%, proteínas totales 36,5%, grasa bruta 1,6%, carbohidratos 2,4%, sales minerales 24,5%, poder energético tota 147,8%”<sup>37</sup>.

## **4.2 DENSIDAD DE SIEMBRA**

La densidad de siembra es un término manejado en acuicultura que relaciona el número de individuos con la superficie o volumen del reservorio y está sujeta en muchos casos a las características físico-químicas e hidrobiológicas del agua. El término permite la valoración del cultivo en relación con el crecimiento y supervivencia de los organismos y los rendimientos que se obtienen. La población de peces al aumentar su biomasa establece una competencia de mayor fortaleza por todos los elementos vitales que deben ser compartidos, (oxígeno disuelto, alimento, espacio, etc.)<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> TORRES, Op. cit., p. 10.

<sup>38</sup> FAO. La Acuicultura en Pequeños Embalses en América Latina y el Caribe [online]. (Chile), 2003. (Citado 15 Mayo de 2003). Disponible en internet: <http://www.red-arpe.cl/document/PaperRemedios.pdf>. May. -15-2003.

Según Sagratzki et al<sup>39</sup>, el crecimiento homogéneo de los peces, en ambientes confinados, es la consecuencia de diversos factores que influyen el desempeño de la población. Densidades de siembra inadecuadas pueden traer complicaciones para un criadero.

Adicionalmente MacLean y Metcalfe citado por Sagratzki et al<sup>40</sup>, sostienen que: “observaron, el cultivo del salmón del Atlántico, donde bajas densidades de siembra influenciaron la aparición de clases jerárquicas, dominantes y subordinadas, en las cuales los dominantes monopolizan las zonas de alimentación o el alimento, diferenciando el crecimiento entre esas dos clases”.

Schimittou citado por Sagratzki<sup>41</sup>, manifiesta que: “densidades de siembra excesivas también pueden causar variaciones en el crecimiento de los peces, afectando la homogeneidad de los lotes, principalmente cuando la concentración de peces es grande, dificultando con esto el acceso al alimento y generando competencia en las zonas de alimentación.

Ono y Kubitzka citado por Sagratzki<sup>42</sup>, mencionan que: los fenómenos que generan estrés y variación del crecimiento en los peces no siempre están relacionados al consumo de alimento, existen algunos que influyen una condición fisiológica y sanitaria de los peces como el déficit de oxígeno, en el caso de peces de respiración acuática obligatoria, y en el ataque de agentes patógenos.

Según Jobling citado por Salaro<sup>43</sup>, bajas densidades pueden llevar al subaprovechamiento de espacio, en cuanto que altas densidades provocan contaminación de agua por exceso de excreción nitrogenada, principalmente cuando se trata de especies carnívoras. Una densidad elevada puede también ser considerada un potencial de estrés en los peces y consecuentemente, reducir la capacidad productiva de los mismos.

---

<sup>39</sup> SAGRATZKI, C, Bruno Adán y otros. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. Pesquisa agropecuaria brasileira [online]. (Brasil), 2002 (Citado 20 de septiembre de 2004). Disponible en internet: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=scipdf&pid=S0100-204X2003000100014&lng=es&nrm=iso&lng=pt>

<sup>40</sup> Ibid.,

<sup>41</sup> Ibid.,

<sup>42</sup> Ibid.,

<sup>43</sup> SALARO, Ana y otros. Diferentes densidades de estocagem na produção de alevinos de trairão (*Hoplias cf. lacerdae*). Revista brasileira de zootecnia [online]. (Brasil), 2003 (citado 8 de enero de 2003). Disponible en internet: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982003000500001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982003000500001&lng=pt&nrm=iso).

Lefrançois citado por Salaro, manifiesta que: “el estrés es perjudicial para el crecimiento provocando alteraciones en la agresividad generando mayor exigencia metabólica y alteración en el comportamiento alimentario de los peces”<sup>44</sup>.

Bard e Imbiriba, citados por Rebaza manifiestan que:

En Brasil se realizó un estudio utilizando cuatro estanques de tierra de 100m<sup>2</sup> y se sembró seis, once, quince y veinte alevinos respectivamente, de un peso medio de 25 a 126 g por estanque, con excepción de seis alevinos que tuvieron un peso promedio de 388 g. los ejemplares fueron alimentados con tilapias pequeñas vivas a razón de 8% del peso vivo estimado. Los peces no llegaron a consumir totalmente las tilapias y algunas de ellas sobrevivieron llegando a reproducirse en el estanque, incrementando la disponibilidad de alimento vivo para los pirarucú. El costo de este tipo de alimentación se considera bajo. En la estación del Centro de pesquisa Agroforestal do Trópico Úmido (CPATU – EMBRAPA), en Belem, Pará, un pescador captura aproximadamente 8,0 kg de tilapia en 50 minutos. Los resultados preliminares del estudio indicaron que los ejemplares obtuvieron a los seis meses de cultivo 3,0 kg de peso<sup>45</sup>

Alcántara y Guerra<sup>46</sup>, reportan un estudio realizado con *Arapaima gigas*, utilizando bujurqui (*Cichlassoma bimaculatum*); como alimento bajo la modalidad predador – presa, en un estanque de 4900 m<sup>2</sup> de espejo de agua, con una densidad de 1 pez/227 m<sup>2</sup>, con longitud y pesos iniciales de 45 cm y 845 g, a los catorce meses, el peso promedio es 3.468 g y longitud promedio de 73,7 cm tasa de sobrevivencia del 95%.

Según García y Bardales<sup>47</sup>, en el “Acuario Loreto Fish SR. Ltda.”, localizado en Perú se realizó un experimento utilizando estanque de concreto con capacidad de 495 L. Se colocaron diez ejemplares de pirarucú con longitud y peso promedio de 22,58 cm y 134,11 g. Se los alimento dos veces al día con peces vivos a razón de 6% de la biomasa, durante cuatro meses. Al final del estudio se obtuvo un

---

<sup>44</sup> Ibíd., p. 3.

<sup>45</sup> REBAZA, Op Cit., p. 40.

<sup>46</sup> ALCÁNTARA, Fernando y GUERRA, Humberto. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas* utilizando bujurqui, *Cichlasoma bimaculatum* como presa. En: IIAP. Iquitos. Vol. 4, No. 1 (ene. 1992). p 129-139.

<sup>47</sup> GARCIA, Luís y BARDALES, Flor de María. Influencia de tres tipos de dietas en el crecimiento de alevinos de Paiche *Arapaima gigas*, Cuvier 1870. En: I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (1ª: 2002) Disponible en internet: <http://www.civa2002.org>, p. 518.

incremento de peso de 8,07 g/mes, incremento de longitud de 1,02 cm/mes, conversión alimenticia de 4,2:1.

En Leticia, Colombia se efectuó un ensayo con una dieta compuesta con 50% de alimento concentrado del 25% de proteína bruta y 50% de pescado fresco, la densidad de siembra fue de 1 pez/8m<sup>2</sup>, con peso y tamaño inicial de 3g y 7 cm, al año obtuvieron una longitud de 70 cm y un peso promedio de 2,8 Kg<sup>48</sup>.

En el Instituto Nacional de Pesca de la Amazonia Peruana se realizó un trabajo durante un período de 6 meses y 20 días, fueron utilizadas cuatro jaulas flotantes de 1 m<sup>3</sup>, en un vivero de 50 m<sup>2</sup> de lámina de agua y 1,2 m de profundidad con renovación constante de agua. La densidad en los tanques fue de 21 peces/m<sup>3</sup> con biomasa inicial de 0,84 g, los cuáles fueron alimentados a saciedad aparente, con balanceado comercial del 40% de proteína dos veces al día. El peso final obtenido fue de 1.400 g, longitud total de 52 cm, conversión alimenticia de 3,0:1<sup>49</sup>.

#### 4.3 PARAMETROS FISICO QUIMICOS

El Pirarucú en medio natural vive en ambientes acuáticos laterales a los grandes ríos (lagunas, lagos, remansos ó pantanos), caracterizados por ser de color negro o ligeramente verde, ácidos con abundante vegetación macrófita flotante y emergente que en ocasiones llega a cubrir prácticamente todo el espejo del agua. Sin embargo, en cultivo el pirarucú soporta niveles variables de calidad de agua, presentando rangos amplios en los diferentes parámetros físicos y químicos del cuerpo de agua<sup>50</sup>.

El rango optimo de temperatura para el pirarucú oscila entre 23 – 32,8 °C, por encima ó por debajo afectan el crecimiento, la reproducción y favorecen a que se produzca estrés, presentándose el desencadenamiento de patologías. El oxígeno disuelto no es un limitante para los requerimientos de agua debido a que el Pirarucú presenta una respiración aérea que favorece la producción acuícola de esta especie en aguas pobres con respecto a

---

<sup>48</sup> COMUNICACIÓN PERSONAL DE Carlos Augusto Pinto. Biólogo, Técnico Estación Piscícola CEA de CORPOAMAZONIA en Leticia - Amazonas. Leticia, Colombia 2000.

<sup>49</sup> SAGRATZKI. C, Bruno Adán y otros. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucú em taques – rede de pequeno volume [online]. (Brasil), 2003 (Citado junio 15 de 2003). Disponible en internet: [http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2003/junho/v38n\\_6a08.pdf](http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2003/junho/v38n_6a08.pdf)

<sup>50</sup> REBAZA, Op Cit., p. 21.

este parámetro, teniendo en cuenta que en el medio natural puede habitar en aguas con 0,3 mg/l de oxígeno disuelto. Las condiciones óptimas de pH se acercan a la neutralidad 7,0, existiendo un rango óptimo para el pirarucú que se encuentra entre 5,0 – 9,5, un aumento ó disminución del rango, repercuten en patologías, disminución del crecimiento y altas mortalidades<sup>51</sup>.

Sagratzki et al<sup>52</sup>, menciona que ejemplares de Pirarucú expuestos a concentraciones de 2,0 mg/l de amonio no ionizado (25 mg/l de amonio total) en condiciones de temperatura y pH constantes durante un período de 33 días, no presentan ningún tipo de patología y se alimentan normalmente por lo tanto la tolerancia del Pirarucú para soportar elevadas concentraciones de amonio en el agua es una característica importante para cultivo en sistema intensivo.

#### 4.4 NUTRICIÓN

Los nutrientes requeridos por los peces para crecimiento, reproducción, renovación de tejidos, hormonas, enzimas y otras funciones fisiológicas son similares al de los animales terrestres, debido a que necesitan proteína, minerales, vitaminas, factores de crecimiento y fuentes energéticas. Diferentes investigadores, han demostrado, que los requerimientos de los peces no varían considerablemente entre las especies de aguas frías, medias y cálidas, con excepción de la necesidad de algunos ácidos grasos y esteroides. Además los requerimientos nutricionales de varios organismos hidrobiológicos se han extrapolado a partir de las necesidades cuantificadas en especies como la trucha arcoiris<sup>53</sup>.

**4.4.1 Proteína.** La proteína es el componente básico de los tejidos animales y es por ello esencial para el mantenimiento y el crecimiento. A nivel de mantenimiento el pez requiere proteína para reponer tejidos desgastados y productos proteínicos como células del epitelio intestinal, enzimas y hormonas, esenciales para el funcionamiento correcto del organismo y las cuáles se reciclan con bastante rapidez. La necesidad de proteína para la síntesis de

---

<sup>51</sup> Ibíd., p. 22 - 30.

<sup>52</sup> SAGRATZKI, C, Bruno Adán y otros. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento a concentração de amônia em ambiente confinado [online]. (Brasil), 2004 (Citado junio 15 de 2004). Disponible em internet: <http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2004/maio/39n5a15.pdf>.

<sup>53</sup> LOPEZ, Jorge. Nutrición Acuicola. Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia. 1997. p.9.

tejidos nuevos es obvia debido a que del 45 al 75% del tejido seco es proteína. La capacidad del pez de sintetizarla de nuevo a partir de esqueletos de carbono es limitada, de modo que la mayor parte de ella debe obtenerse del alimento<sup>54</sup>.

**4.4.2 Evaluación del desempeño productivo.** Teniendo en cuenta que la exigencia nutricional se afecta por muchos factores que se interrelacionan, tales como condiciones ambientales, fisiología, hábitos alimentarios, edad y estado de desarrollo del animal, los resultados de un experimento realizado sobre una gama de condiciones experimentales no son necesariamente aplicables para otro grupo de condiciones diferentes. Mientras no se comprendan mejor las relaciones entre los requerimientos de proteínas y los factores que los afectan no podrá darse una aplicación general a los resultados de los experimentos. Existe además el problema de cómo evaluar el efecto de la proteína<sup>55</sup>.

**4.4.2.1 Criterios de evaluación.** La evaluación de la proteína se suelen emplear varios criterios. A fin de avaluar mejor las dietas es importante comprender más acerca de la naturaleza de estos criterios y la forma en que son afectados por el nivel de proteína y otros factores relativos al alimento y el ambiente.

▪ **Incremento de peso.** La ganancia de peso es uno de los criterios más comunes empleado en la evaluación de una dieta y el nivel de proteína de esta. Debido a que los piscicultores están interesados en un mayor crecimiento de los peces, este criterio es lo más práctico y por ello el más usado. Sin embargo, el crecimiento no siempre resulta de la síntesis de proteínas. Frecuentemente se debe a un aumento en la cantidad grasa en los tejidos. Aunque la proteína causa la acumulación de grasa y en consecuencia el crecimiento, esto también se logra con dietas que contengan un alto contenido de carbohidratos.

▪ **Tasa de conversión alimenticia aparente (TCAA).** La razón entre el alimento consumido y la ganancia de peso del pez a menudo es útil como una medida de la eficiencia de la dieta. Mientras mas adecuada sea la dieta para el crecimiento, menor

---

<sup>54</sup> HEPHER, Balfour. Nutrición de peces comerciales en estanques. México: Editorial Limusa, 1993. p. 197.

<sup>55</sup> *Ibíd.*, p. 196.

cantidad de alimento es necesaria para producir una unidad de ganancia de peso; es decir menor conversión alimenticia.

▪ **Razón de eficiencia proteica (REP).** Definida como la relación entre la ganancia de peso del pez y la cantidad de proteína consumida. Esto corrige el error causado a la variabilidad en el contenido de humedad de las dietas. Además los cambios en la REP se relacionan con la utilización de una parte de la proteína para mantenimiento y con el nivel global de energía del alimento ingerido<sup>56</sup>.

**4.4.2.2 Tasa de crecimiento simple.** La tasa de crecimiento está determinada por la especie del pez, las características genéticas dentro de esa especie y las condiciones ambientales como temperatura o calidad del agua y condiciones de manejo que prevalecen durante el crecimiento. De este modo puede emplearse para comparar el grado de crecimiento entre distintos grupos de peces o, en el mismo pez, el efecto de factores ambientales. El término crecimiento simple es de uso común en la actualidad para el crecimiento diario promedio expresado como porcentaje.<sup>57</sup>.

---

<sup>56</sup> *Ibíd.*, p. 196-198.

<sup>57</sup> *Ibíd.*, p. 174 – 177.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la estación piscícola del Centro Experimental Amazónico CEA, de la Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonía - CORPOAMAZONIA (figura 14), el cuál se encuentra ubicado en la vereda San Carlos a 8,0 km de la ciudad de Mocoa vía Villagarzón departamento del Putumayo al sur - occidente de Colombia. “El centro posee una superficie de 131,66 hectáreas de las cuáles el 90% es zona de bosque muy húmedo tropical, está localizado en la vereda San Carlos a 8,0 km de la ciudad de Mocoa, vía Villagarzón, coordenadas: latitud norte 1° 12', longitud oeste 76° 36', a 530 m.s.n.m, temperatura promedio de 24°C, brillo solar de 822 horas/año y humedad relativa del 80%”<sup>58</sup>.

**Figura 14. Estación piscícola del Centro experimental Amazónico**



### 5.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Las instalaciones donde se desarrolló el trabajo estaban conformadas por tres estanques excavados en tierra con un contenido de arcilla de 40%, talud con pendientes de 2:1 y profundidad promedio de la columna de agua de 1,0 m, los

<sup>58</sup> Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonía - CORPOAMAZONIA. Centro Experimental Amazónico. Centros Experimentales [online]. (Putumayo – Colombia), 2002 (citado el 20 de mayo de 2003). Disponible en internet: [http://www.corpoamazonia.gov.co/ce\\_mocoa.htm](http://www.corpoamazonia.gov.co/ce_mocoa.htm)

cuáles se dividieron en cuatro áreas iguales con malla plástica con ojo de  $\frac{1}{4}$  de pulgada (Tabla 1). La entrada de agua se realizó mediante el sistema de caída libre

con un tubo de PVC de dos pulgadas, con un caudal de 5,0 Lpm y se utilizó un desagüe tipo codo, con tubería sanitaria de cuatro pulgadas.

**Tabla 1. Dimensiones de los estanques y área de las divisiones para cada tratamiento.**

Tratamiento	Dimensión de cada estanque	Área de la división
T1	6 m X 26,7 m	40 m <sup>2</sup>
T2	11 m X 32 m	88 m <sup>2</sup>
T3	12 m X 32 m	96 m <sup>2</sup>

### 5.3 ANIMALES

Se evaluaron 116 animales de tres meses de edad con peso promedio de 172,9 g, una longitud total de 30,4 cm, capturados del medio natural (Figura 15), provenientes del municipio de Leticia departamento del Amazonas, previa autorización del INCODER – Instituto Colombiano de Desarrollo Rural y financiado por CORPOAMAZONIA.

**Figura 15. Pesaje de los ejemplares el día de la siembra**



## 5.4 PERÍODO DE ESTUDIO

El trabajo de campo se desarrolló durante 12 meses comprendidos entre el 1 agosto de 2003 al 1 agosto de 2004, período durante el cuál se realizó el levante de la especie pirarucú (*A. gigas*), a tres densidades de siembra en estanques de tierra alimentados con peces forrajeros muertos troceados del género *Oreochromis*.

## 5.5 FASE DE ACOSTUMBRAMIENTO

Para llevar a cabo la investigación, se efectuó una fase de adaptación de los peces a las distintas condiciones experimentales con el fin de disminuir las fuentes de variación; se efectuaron observaciones del comportamiento alimentario de los alevinos de pirarucú, bajo condiciones controladas durante 30 días, en un estanque de 380 m<sup>2</sup> cubierto con polisombra para evitar el ataque de aves y las quemaduras solares (Figura 16). Se inició la distribución del alimento en un solo sitio del estanque hasta que todos los alevinos se agrupaban a consumir el alimento, debido a que al inicio algunos ejemplares se quedaban en el centro del estanque y no se alimentaban. Al final de la fase se observó que los animales respondieron a una sola comida suministrada a las 5:00 de la tarde; esto puede deberse a los hábitos nocturnos de esta especie, estableciéndose de esta manera la forma de alimentación, sitio y el horario.

**Figura 16. Estanque donde se efectuó la fase de adaptación de los alevinos de Pirarucú.**



## 5.6 PLAN DE MANEJO

**5.6.1 Estanques.** Para el inicio de la investigación, los estanques se lavaron y rastrillaron para retirar todo el lodo y materia orgánica. Se dejaron secar al sol por siete días, con el fin de desinfectar y matar posibles patógenos.

**5.6.2 Alimentación.** Se suministró a saciedad una comida diaria de peces forrajeros (alevinos de *Oreochromis sp*), a las 5:00 de la tarde. La ración promedio para los tres tratamientos fue de 3,26 %. El alimento se congeló el día anterior y se proporcionó troceado y al voleo al día siguiente; el pesaje del alimento se efectuó con una balanza Ohaus con precisión de 0,1 g (Figura 17).

**Figura 17. Pesaje y suministro de alimento**



**5.6.3 Pesaje y medición.** Se registraron mensualmente los pesos y tallas de todos los individuos de la población según la metodología de censo o

investigación exhaustiva citada por Martínez<sup>59</sup>, en la cuál se toma la totalidad de los elementos o unidades que conforman la población objeto de estudio.

Para las tareas de medición se utilizó un ictiómetro de acrílico con una longitud de 100 cm y con divisiones al mm y para el pesaje una balanza con capacidad de 30 kg y precisión de 50 g (Figura 18). El día anterior al censo los ejemplares se sometieron a ayuno con el fin de reducir el estrés y se aprovechó las labores del censo para analizar el estado sanitario de los animales.

**Figura 18. Pesaje y medición de ejemplares**



**5.6.4 Profilaxis.** Durante los censos algunos ejemplares de pirarucú perdían escamas por manipulación. Para prevenir cualquier tipo de infección se realizó un baño con azul de metileno en una proporción de 30 ppm durante 15 minutos en un tanque plástico con capacidad de 100 L (Figura 19). Una vez terminada la profilaxis los ejemplares se regresaron a cada unidad experimental.

---

<sup>59</sup> MARTINEZ, Ciro. Estadística y muestreo. Bogotá D.C. 2002. Editorial ECOE ediciones. Onceava edición actualizada. p. 6

**Figura 19. Labores de profilaxis**



**5.6.5 Análisis bromatológico.** Se efectuó un análisis bromatológico proximal de muestras homogéneas de alimento (alevinos de *Oreochromis sp*) y de filete de pirarucú en el laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño, para determinar la composición nutricional y poder determinar la relación eficiencia proteica (REP).

**5.6.6 Control de la calidad del agua.** El monitoreo de los parámetros físico químicos, se llevó a cabo mediante un kit de análisis de agua marca HACH modelo FF-2A. Los muestreos se realizaron cada 15 días durante 24 horas y se realizó recambios semanales del 10% que permitían recuperar lo niveles que se perdían por evaporación.

## **5.7 TRATAMIENTOS**

Se evaluaron tres tratamientos correspondientes a tres densidades de siembra y cuatro replicas por tratamiento (Figura 20, 21 y 22), distribuidos de la siguiente forma:

- T1 (1 animal / 4m<sup>2</sup>): 40 animales en 160 m<sup>2</sup>.
- T2 (1 animal / 8m<sup>2</sup>): 44 animales en 352 m<sup>2</sup>.
- T3 (1 animal / 12m<sup>2</sup>): 32 animales en 384 m<sup>2</sup>.

La unidad experimental estuvo constituida para el primer tratamiento por 10 animales, para el segundo tratamiento de 11 animales y para el tercer tratamiento de ocho animales, para un total de 116 animales y cuatro unidades por tratamiento.

**Figura 20. Estanque del tratamiento T1.**



**Figura 21. Estanque del tratamiento T2.**



**Figura 22. Estanque del tratamiento T3.**



## **5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para el análisis de las distintas variables estudiadas se utilizó un diseño irrestrictamente al azar (DIA), el modelo lineal utilizado fué:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = respuesta de la  $j$  - esima unidad experimental que recibe el  $i$  - esimo tratamiento.

$\mu$  = media

$t_i$  = efecto del  $i$ esimo tratamiento.

$i$  = tratamiento 1, 2 y 3.

$J$  = replica 1, 2, 3 y 4

$e_{ij}$  = error experimental asociado a la  $j$  – esima unidad experimental sometida al  $i$ -esimo tratamiento.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), para detectar diferencias estadísticas significativas y se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad, para las variables que registraron significancia

entre tratamientos. El plano de campo para la distribución aleatoria de los tratamientos se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2. Plano de campo para la distribución aleatoria de los tratamientos.**

<b>Replica</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
R1	C1	C5	C9
R2	C2	C6	C10
R3	C3	C7	C11
R4	C4	C8	C12

Donde:

$T_i$  = Tratamientos

$R_i$  = Replicas

$C_i$  = Unidad experimental

## **5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

En el presente trabajo se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

$H_0$  = Hipótesis nula: los resultados obtenidos para cada valor medio de las diferentes variables evaluadas son iguales en todos los tratamientos.

$H_1$  = Hipótesis alterna: Existe por lo menos un tratamiento que presenta un resultado medio diferente en las variables evaluadas.

## **5.10 VARIABLES EVALUADAS**

Las variables utilizadas para evaluar el desarrollo de los peces fueron ganancia de peso diario en gramos, incremento de longitud diaria en centímetros, tasa de conversión alimenticia aparente, tasa de crecimiento simple en porcentaje y relación de eficiencia proteica (REP). Para evaluar la viabilidad económica de cada tratamiento se calculó la relación beneficio costo.

**5.10.1 Incremento de peso diario (IPD).** Se refiere al incremento de peso en un determinado período de tiempo. El incremento de peso diario se calcula con la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{Wf - Wi}{t}$$

Donde:

IP = Incremento de peso diario  
Wf = Peso final en gramos  
Wi = Peso inicial en gramos  
t = Tiempo en días

**5.10.2 Incremento de longitud diaria (ILD).** Se refiere al aumento de longitud en un determinado período de tiempo. Se calcula mediante las diferencias de longitud (longitud final – longitud inicial).

$$ILD = \frac{Lf - Li}{t}$$

Donde:

ILD = Incremento de longitud diaria  
Lf = Longitud final en centímetro  
Li = Longitud inicial en centímetro  
t = Tiempo en días

**5.10.3 Tasa de conversión alimenticia aparente (TCAA):** Se define como la cantidad en unidades de alimento suministrado para obtener una unidad de carne, se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$TCAA = \frac{As}{IP}$$

Donde:

TCAA = Tasa de conversión alimenticia aparente  
As = Alimento suministrado (kg)  
IP = Incremento de peso (kg)

**5.10.4 Tasa de mortalidad.** Se refiere al porcentaje de animales muertos en un determinado período de tiempo.

$$TM = \left[ \frac{P_f - P_i}{P_i} \right] \times 100$$

Donde:

TM = Tasa de mortalidad en porcentaje

P<sub>i</sub> = Población inicial.

P<sub>f</sub> = Población final.

**5.10.5 Tasa de crecimiento simple.** Es el incremento de peso expresado en porcentaje, ganado por un individuo durante un período determinado.

$$TCS(\%) = \left[ \frac{W_t - W_o}{W_o} \right] \times 100$$

Donde:

TCS (%) = Porcentaje del crecimiento mensual

W<sub>t</sub> = Peso final.

W<sub>o</sub> = Peso inicial.

**5.10.6 Relación de eficiencia proteica.** Se define a la capacidad que tiene una especie animal de convertir la proteína consumida en peso ganado (gramos de peso ganado por gramo de proteína consumida).

$$REP = \frac{\Delta W}{PC}$$

Donde:

REP = Relación de eficiencia proteica

ΔW = Incremento de peso en gramos.

PC = Proteína consumida.

**5.10.7 Análisis parcial de costos.** Es el índice que resulta de dividir los beneficios, (flujos de efectivo) entre los costos variables, calculados a valor presente de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$RBC = \frac{B}{C}$$

Donde:

RBC = Relación beneficio costo

B = Beneficios

C = Costos

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 VARIABLES EVALUADAS

Para el análisis de las variables evaluadas se empleó los software Statgraphics Plus versión 5,1 y Microsoft Excel 2003. Según el análisis de varianza se detectó que por lo menos una de las variables estudiadas, registró diferencias significativas con un 95% de confianza, lo cual permite aceptar la hipótesis alternativa.

**6.1.1 Consumo aparente de alimento y tasa de alimentación.** La estimación del consumo de alimento se realizó con base en el suministro del mismo, el cuál fue entregado diariamente a saciedad y pesado. El análisis de varianza ( $P > 0,05$ ) (Anexo A) reveló que no existen diferencias estadísticas significativas lo que permite asegurar que los tres tratamientos evaluados se comportaron de manera igual en cuanto a consumo. Los promedios mensuales reportados son 14.861,15 g para el T1, 13.466,62 g para el T2, 12.806,99 g para el T3. Los promedios calculados para la tasa de alimentación mensual registraron 3,03% para T1; 3,28 para T2 y 3,48 para T3 (Tabla 3).

**Tabla 3. Consumo promedio de alimento en g y tasa de alimentación en porcentaje mensual para los tres tratamientos.**

Tratamiento	Consumo de alimento g	Tasa de alimentación %
T1	14.861,15	3,03
T2	13.466,62	3,28
T3	12.806,99	3,48

En la Tabla 4 se reportan los resultados de las variables incremento de peso e incremento de longitud.

**Tabla 4. Resultados promedio de las variables incremento de peso e incremento de longitud diario.**

Tratamiento	T1		T2		T3	
Replica	IP **	IL **	IP**	IL **	IP **	IL **
R1	14,70	0,14	10,97	0,14	15,15	0,14
R2	14,22	0,15	11,38	0,14	15,86	0,16
R3	12,83	0,13	11,29	0,14	15,49	0,16
R4	13,14	0,14	12,26	0,14	14,28	0,18
<b>Promedio</b>	<b>13,72</b>	<b>0,14</b>	<b>11,47</b>	<b>0,14</b>	<b>15,19</b>	<b>0,16</b>

\*\*Presentó diferencias estadísticas altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ ).

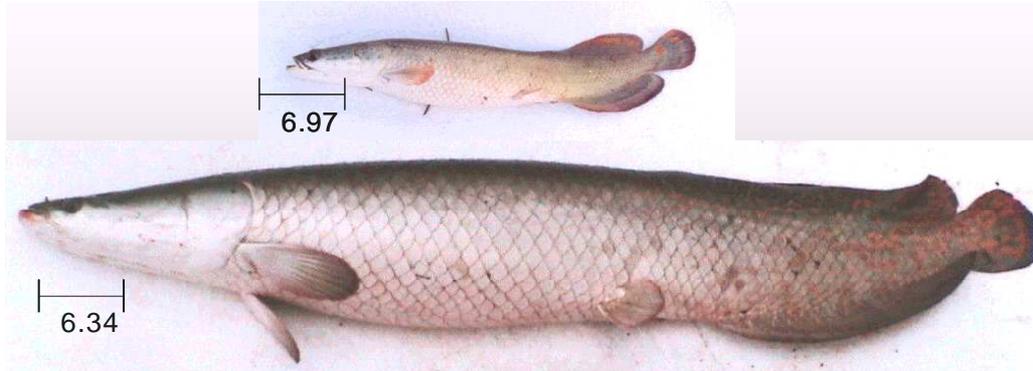
T1= 1 pez/4m<sup>2</sup>, T2= 1 pez/8m<sup>2</sup>, T3= 1 pez/12m<sup>2</sup>, IP = Incremento de peso g/día, IL = Incremento de longitud cm/ día.

**6.1.2 Incremento de peso diario.** En la Tabla 5, se registra el peso promedio al inicio y final del período de estudio, es necesario aclarar que al inicio de la investigación las poblaciones en cada tratamiento presentaron un coeficiente de variación de 33,48 para el T1; 40,66 para el T2 y 57,66 para el T3. Sin embargo el peso promedio de los tres tratamientos a la siembra no presento diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ( $P > 0,05$ ) (Anexo B); debido a que la distribución de los ejemplares se hizo totalmente al azar disminuyendo de esta manera el error experimental y asegurando uniformidad de los peces entre los tratamientos. Durante los 12 meses de estudio se observo que el coeficiente de variación disminuyo, lo cuál permite demostrar que el cultivo del pirarucú con un buen manejo de la alimentación y densidades de siembra adecuadas, tiende a reducir las fluctuaciones del peso, obteniendo una población más homogénea y por lo tanto mejores resultados económicos; esto corrobora lo afirmado por Sgratzki et al<sup>60</sup> de que densidades inadecuadas pueden afectar el crecimiento homogéneo y el desempeño de la población.

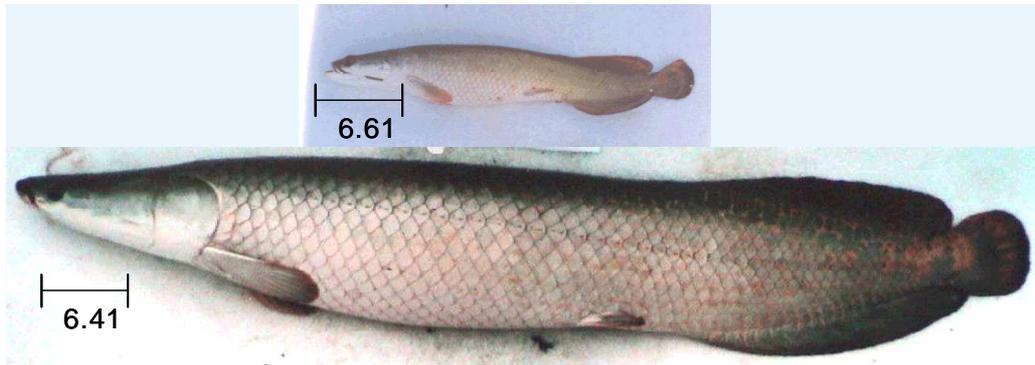
En las figuras 23, 24 y 25 se observa el crecimiento desde el mes 1 hasta el mes 12 para cada tratamiento.

<sup>60</sup> SAGRATZKI, Op. Cit., p. 2

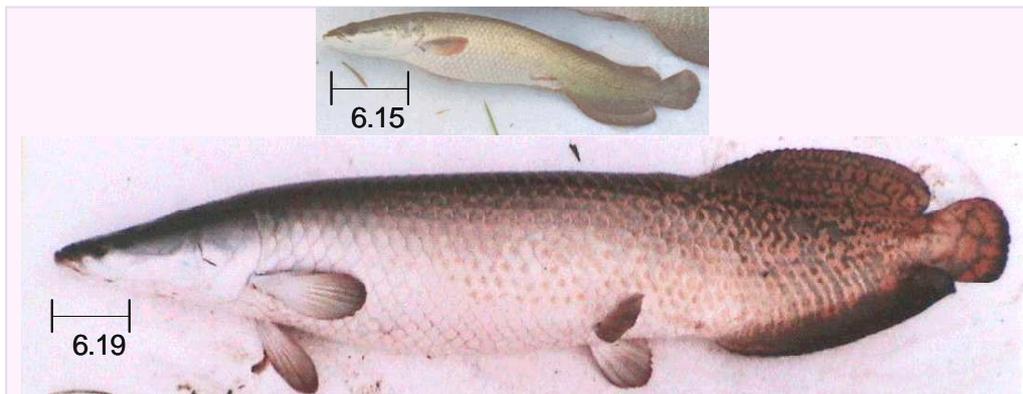
**Figura 23. Tallas del pirarucú al inicio y final de la investigación en el tratamiento 1.**



**Figura 24. Tallas del pirarucú al inicio y final de la investigación en el tratamiento 2.**



**Figura 25. Tallas del Pirarucú al inicio y final de la investigación en el tratamiento 3.**



**Tabla 5. Peso inicial y final de los tres tratamientos**

	<b>T1</b> <b>1pez/4m<sup>2</sup></b>	<b>T2</b> <b>1 pez/8m<sup>2</sup></b>	<b>T3</b> <b>1 pez/12m<sup>2</sup></b>
<b>Peso inicial promedio g.</b>	216,25 ± 72,40	141,28 ± 57,45	162,91 ± 93,93
<b>Peso final promedio g.</b>	5.156,25 ± 790,83	4.270,45 ± 714,01	5.632,81 ± 850,29
<b>Coefficiente de variación peso inicial.</b>	33,48	40,66	57,66
<b>Coefficiente de variación peso final.</b>	15,34	16,72	15,01

En la Tabla 6, se registra el incremento de peso diario promedio y por periodo de censo de los diferentes tratamientos. El análisis de varianza ( $P \leq 0,01$ ) demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Anexo C - E). Además la prueba de significancia de Tukey, ( $P \leq 0,05$ ) (Anexo D - F) estableció que el tratamiento 3, el cual corresponde a sembrar 1 pez / 12 m<sup>2</sup>, presentó el mejor resultado, con un incremento de 15,19 g/día, en comparación con el tratamiento 1 de 13,72 g/día y el tratamiento 2 con 11,47 g/día. Lo anterior está de acuerdo a las investigaciones realizadas por Ramos<sup>61</sup>, sobre el efecto de la densidad en el crecimiento de especies ícticas nativas del sistema magdalenense como la *Petenia kraussi* y la *Petenia umbrifera*, demostrando que a menor densidad de siembra mayor peso individual pero menor biomasa total. En consecuencia la densidad en la especie pirarucú, limita el incremento de peso siendo este mayor a menores densidades de siembra y menor a mayores densidades de siembra.

El incremento de peso se encuentra afectado por la densidad de siembra, lo cual a su vez afecta los diferentes componentes del sistema de producción siendo estos los que conforman un ambiente óptimo para la adaptación, desarrollo y rendimiento de las especies. La competencia generalmente por espacio y alimento que se presenta a altas densidades, incrementan el estrés causado a la población por la conformación de jerarquías dominantes y subordinadas, sobre

<sup>61</sup> RAMOS, A. Fundamentos de la piscicultura agrícola. Manizales: Comité de cafeteros de Caldas. 1979. p. 28 - 35.

todo en especies carnívoras como es el caso del pirarucú que compite en las áreas de alimentación y por el alimento.

**Tabla 6. Incremento de peso diario para los diferentes tratamientos.**

Tratamiento	Densidad de siembra	Incremento promedio g/día**	Incremento g/mes**	Incremento Período
T1	1 Pez / 4 m <sup>2</sup>	13,72	411,67	4.940,00
T2	1Pez / 8 m <sup>2</sup>	11,47	344,22	4.129,18
T3	1Pez/ 12 m <sup>2</sup>	15,19	455,83	5.469,91

\*\* Presentó diferencias estadísticas altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ ).

El incremento de peso diario promedio (Figura 26), registrados para los tres tratamientos alimentados con pescado muerto troceado con 15,03% de proteína bruta en base húmeda (Anexo N), presentaron resultados superiores a los reportados por Bustos y López, de 3,24; 6,89 y 4,56 g/día, alimentando alevinos de pirarucú con balanceado de 35, 40 y 45% de proteína respectivamente, a una densidad de 4,16 peces/m<sup>2</sup> y a los calculados por Alcántara y Guerra, quienes establecieron ganancias de peso promedio de 6,23 g/día con una densidad de 1 pirarucú / 227m<sup>2</sup>, utilizando bujurqui (*Cichlassoma bimaculatum*) como alimento durante 14 meses de cultivo, (Tabla 7).

Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio fueron menores a los obtenidos por Bard e Imbiriba, quienes reportaron incrementos de peso de 27 g/día en un período de cinco meses de cultivo de pirarucú, a una densidad de 1 pez/16 m<sup>2</sup> (Tabla 7), esto se explica por la menor densidad evaluada, lo cual disminuye la competencia por espacio y los animales disponen de mayor volumen de agua con menor carga de materia orgánica y mejorando las condiciones del sistema de producción.

**Tabla 7. Comparación de resultados de producción reportados por otras investigaciones.**

	Lucero & Sanguino <sup>1</sup>			Bustos & López <sup>2</sup>			García & Bardales <sup>3</sup>			Aldea <sup>4</sup>			Alcantara y Guerra <sup>5</sup>	Rebaza <sup>6</sup>	Bard e Imbiriba <sup>7</sup>			
	Mocoa Putumayo			Leticia - Amazonas			Loreto – Perú			Iquitos – Perú			Iquitos - Perú	Venezuela	Brasil			
	2004			2002			2000			2003			1992	1999	1986			
Tratamientos	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3			T1	T2	T3	T4
Tiempo en meses	12	12	12	1(17 días)	1(17 días)	1(17 días)	4	4	4	6	6	6	14	6	5	5	5	5
Densidad de siembra (Animales / m <sup>2</sup> )	1/4	1/8	1/12	4.16/1	4.16/1	4.16/1	3.3/1	3.3/1	3.3/1	2.5/1	2.5/1	2.5/1	1/222	1/50	1/16	1/9	1/6	1/5
Incremento de peso en gr.	13,72	11,47	15,19	3.24	6.89	4.56	28.24	-21	-5.34	6.56	12.52	13.35	6,23	18,89	27	25,7	25,9	15,1
Incremento de longitud en cm./día	0,14	0,14	0,16	0.42	0.70	0.58	0.034	0.013	0.031	0.18	0.18	0.18	0,06	0,27				
Tipo de alimento.	Pescado picado	Pescado picado	Pescado picado	Pellet seco	Pellet seco	Pellet seco	Peces vivos	Ensilado biológico	Pellet seco	Pellet seco	Pellet seco	Pellet seco	Peces vivos	Peces vivos	Peces vivos	Peces vivos	Peces vivos	Peces vivos
Porcentaje de proteína del alimento.	15.03	15.03	15.03	30	40	45	44.06	30.04	36.4	45	50	55	----	----	----	----	----	----
Conversión alimenticia.	3,55	3,51	3,27	----	----	----	4.2	35.8	25	5.49	4.27	5.31	----	----	----	----	----	----
Tasa de crecimiento simple %.	32,14	35,69	39,5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Relación eficiencia proteica.	2,21	2,11	2,91	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----
Mortalidad en %	0	0	0	33	33	67	6.7	90	90	66.6	73.3	60	5	----	----	5	----	----
Temperatura °C	25,91	25,98	25,96	29.6	29.6	29.6	23.28	23.28	23.28	29	29	29	28,4	----	----	28,4	----	----
Oxígeno disuelto en mg/l	8,82	8,81	8,86	8	8	8	3.6-4.8	3.6-4.8	3.6-4.8	5.56	5.56	5.56	8	----	----	8	----	----
pH	6,78	6,79	6,76	6.5	6.5	6.5	6.5-7	6.5-7	6.5-7	5.4	5.4	5.4	6,5	----	----	6,5	----	----
Amonio mg/l	0,23	0,25	0,23	0.5-1	0.5-1	0.5-1	---	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Dureza mg/l CaCo <sup>3</sup>	17,1	17,1	17,1	---	---	---	---	----	-----	----	----	----	---	----	----	----	----	----
Alcalinidad mg/l CaCo <sup>3</sup>	17,1	17,1	17,1	---	---	---	---	----	-----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

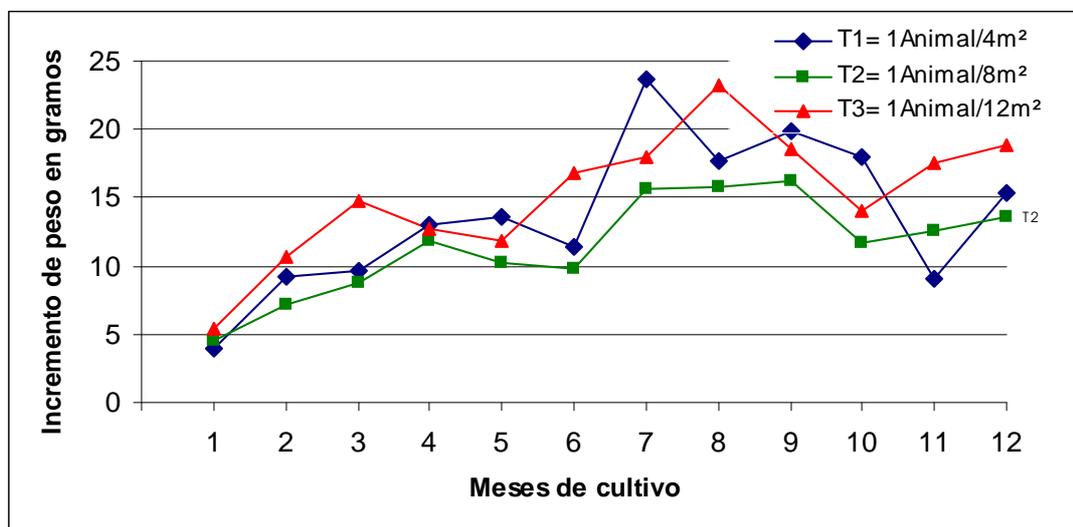
Fuente: Adaptado de, <sup>1</sup> Esta investigación, <sup>2</sup> Bustos y López, p. 77-116; <sup>3</sup> García y Bardales, p. 522 – 528; <sup>4</sup> Aldea, p. 6 - 13; <sup>5</sup> Rebaza, p. 40; <sup>6</sup> Bard e Imbiriba, p. 24 – 37.

Esta investigación permitió establecer el potencial acuícola que tiene esta especie, al poder comparar el incremento de peso obtenido con cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) que, según Betancourt et al<sup>62</sup>, se cultiva en un 95% en el Departamento del Putumayo, la cual tiene una ganancia de peso diario de 4,0 g. Los resultados del presente estudio demuestran que el pirarucú es una alternativa viable comparable a otras especies nativas como la cachama.

El comportamiento del incremento del peso día vs tiempo de cultivo (Figura 27) determina en que períodos se obtienen los mayores y menores incrementos de peso. Según este estudio los mejores incrementos para los tres tratamientos se encuentran después del sexto mes de cultivo, mejorando estos resultados hasta el final de la investigación, debido a que a partir de este momento los animales aparentemente mejoran la eficiencia fisiológica de acumulación de tejidos<sup>63</sup>.

Lo anterior corrobora lo expuesto por Torres<sup>64</sup>, quien sostiene que los alevinos de pirarucú presentan un incremento de peso bajo hasta que alcanza los 75 cm de longitud total.

**Figura 26. Comportamiento del incremento de peso día, durante los 12 meses de cultivo.**

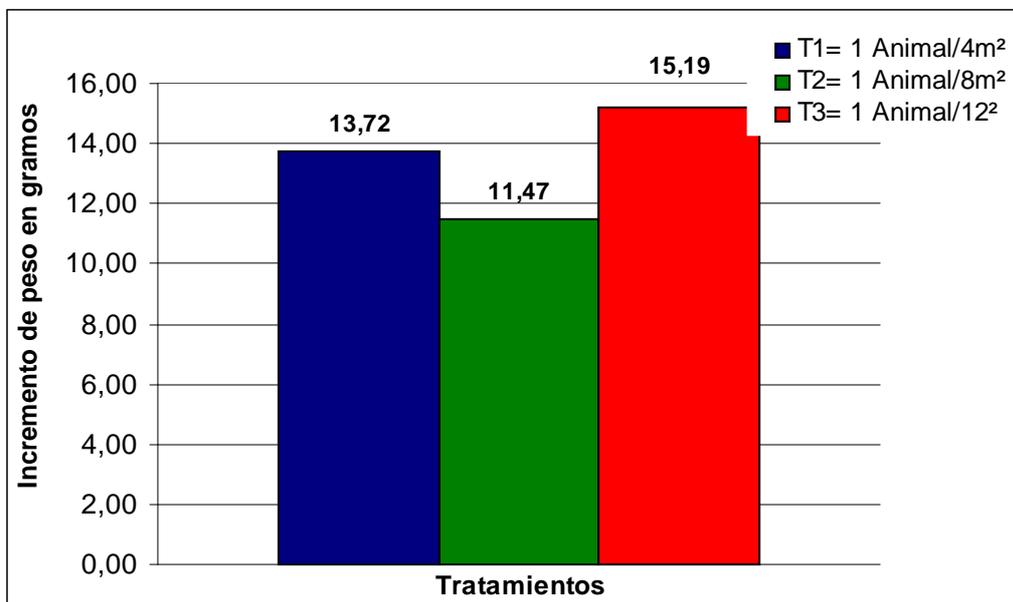


<sup>62</sup> BETANCOURTH. Ermelita, y otros. Diagnostico sobre el estado actual de la piscicultura realizado en ocho municipios del departamento del Putumayo. Colombia: Centro de servicios de información ambiental CSIA – CORPOAMAZONIA (Código 85). 2004. p. 12.

<sup>63</sup> LÓPEZ, Op. cit., p.10.

<sup>64</sup> TORRES, Op. cit., p. 9.

**Figura 27. Incremento promedio de peso diario para los 3 tratamientos.**



**6.1.3 Producción total.** La producción total estimada por hectárea/año para los tres tratamientos (Tabla 8, Figura 29), demostró que el tratamiento 1 sembrando 1 pez / 4 m<sup>2</sup>, presentó mayor eficiencia en la producción por unidad de área, obteniéndose 12.890 kg/hectárea, superando al tratamiento 2 en 7.552 kg y al tratamiento 3 en 8.198 kg. Además la curva de producción del pirarucú demuestra que a partir del primer mes de cultivo el Tratamiento 1 se encuentra por encima de los otros tratamientos (Figura 28). Lo anterior está de acuerdo al postulado de la acuicultura que establece que a mayor densidad de siembra mayor biomasa total y por lo tanto mejores resultados económicos.<sup>65</sup>

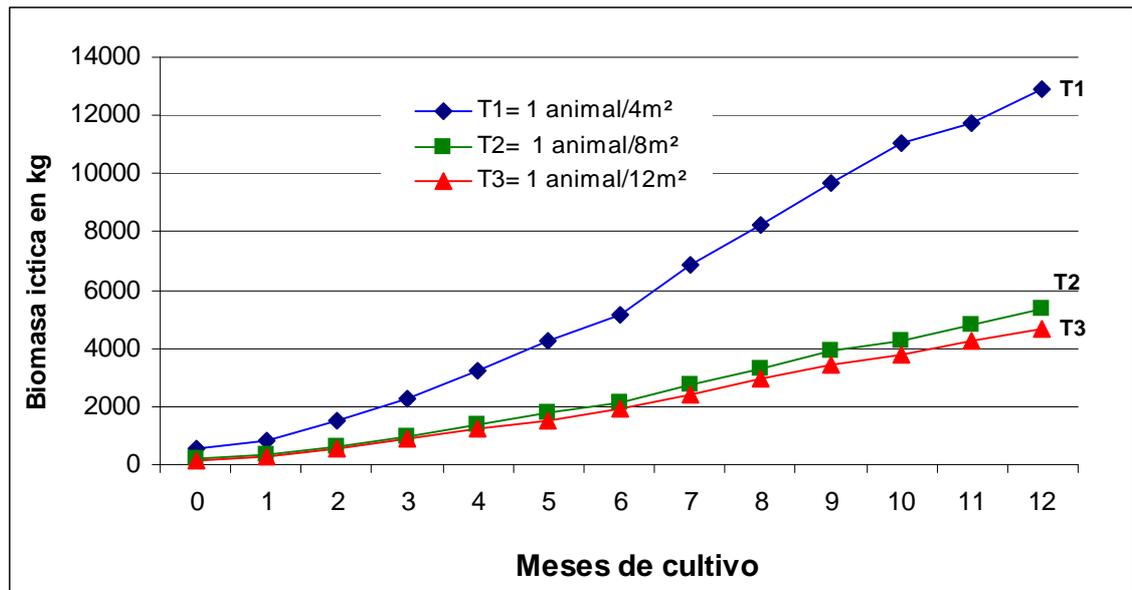
**Tabla 8. Densidad de siembra y producción por hectárea / año.**

Tratamiento	Densidad de siembra	Producción por estanque kg	Producción Kg/Ha/año
T 1	1 animal por cada 4 m <sup>2</sup>	206,25	12890,63
T 2	1 animal por cada 8 m <sup>2</sup>	187,9	5337,81
T 3	1 animal por cada 12 m <sup>2</sup>	180,25	4692,13

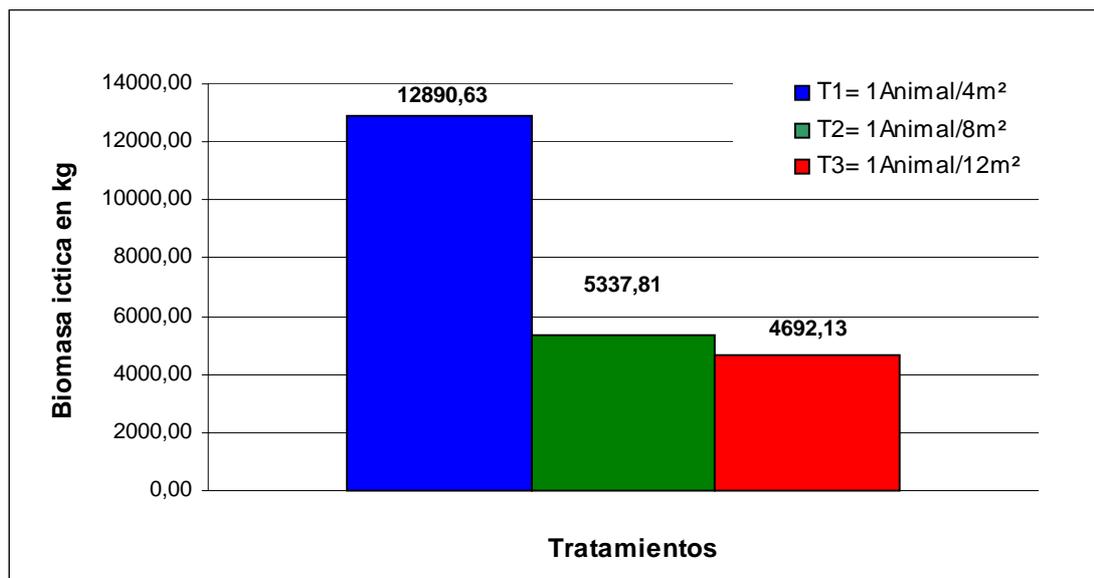
<sup>65</sup> RAMOS, Op. Cit., p. 35.

Rebaza<sup>66</sup>, determinó una producción de 8.000 kg/Ha/año a una densidad de 1 animal / 10 m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta lo anterior este valor es inferior al obtenido en el T1 del presente estudio.

**Figura 28. Comportamiento de la producción por hectárea / año.**



**Figura 29. Producción por hectárea/ año de los tres tratamientos.**



<sup>66</sup> REBAZA, Op. cit., p. 36.

**6.1.4 Incremento de talla.** Durante los 12 meses de cultivo, los alevinos de pirarucú del tratamiento 1 registraron una talla promedio de 82,79 cm, con una ganancia de 49,94 cm, lo que implica un incremento de longitud de 4,16 cm/mes; los animales del tratamiento 2 reportaron una talla promedio de 79,15 cm/mes, con un aumento de 50,02 cm y un incremento de longitud de 4,17 cm/mes; mientras que los animales del tratamiento 3 establecieron una talla promedio de 87,53 cm, con una ganancia de 57,32 cm y un incremento de longitud de 4,78 cm/mes (Tabla 9, Figura 31).

**Tabla 9. Longitud total inicial y final promedio del pirarucú durante el período experimental.**

	T1 1 pez/4m <sup>2</sup>	T2 1 pez/8m <sup>2</sup>	T3 1 pez/12m <sup>2</sup>
<b>Longitud total, inicial cm.</b>	32,85 ± 3,08	29,13 ± 2,92	30,21 ± 4,45
<b>Longitud total, final cm.</b>	82,79 ± 4,34	79,15 ± 5,05	87,63 ± 3,84
<b>Coefficiente de variación Inicial / Final</b>	9,37/ 5,24	10,01 / 6,40	14,73 / 4,38

En la Tabla 10 se consigna los incrementos de longitud por día, por mes y por período. El incremento de longitud diario calculado en los diferentes tratamientos, demostró según el análisis de varianza ( $P \leq 0,01$ ) (Anexo G - I), que existen diferencias altamente significativas, obteniéndose para el T1 un incremento de 0,14 cm/día, para el T2 de 0,14 cm/día y para el T3 de 0,16 cm/día. Según la prueba de Tukey, al 95% de confianza, el mejor tratamiento en incremento de talla es el T3, sin embargo el tratamiento 1 y 2 no reportaron diferencias significativas (Anexo H - J). En esta especie el incremento de longitud esta afectado por la densidad de siembra demostrándose, que con una densidad menor el incremento de talla es mayor.

**Tabla 10. Incremento de longitud total diario y mensual.**

Tratamiento	Densidad de siembra	Incremento de talla cm/día*	Incremento de talla cm/mes**	Incremento total periodo cm
T1	1 pez / 4 m <sup>2</sup>	0,14	4,16	49,94
T2	1 pez / 8 m <sup>2</sup>	0,14	4,17	50,02
T3	1 pez / 12 m <sup>2</sup>	0,16	4,78	57,42

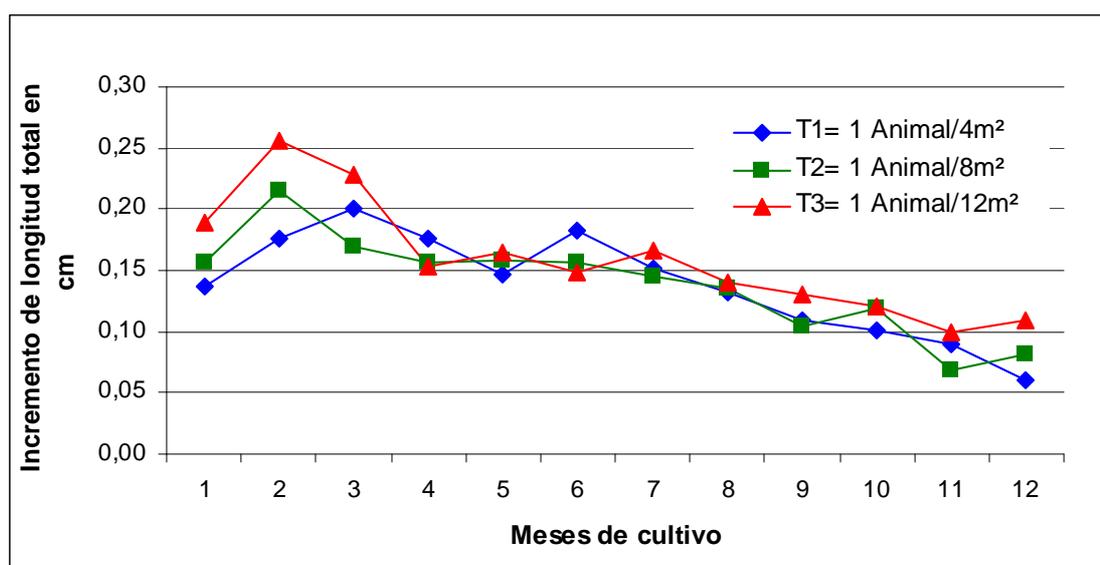
\*\* Presentó diferencias estadísticas altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ ).

El incremento de longitud diario obtenido para los tres tratamientos fue superior al reportado por García y Bardales, de 0,034 cm/día con una densidad de siembra de 3 animales por m<sup>2</sup>, durante cuatro meses, alimentados con peces vivos y a una temperatura promedio de 23,2°C y al obtenido por Alcántara y Guerra quienes determinaron un incremento de 0,06 cm /día. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación son inferiores a los citados por Rebaza, de 0,27 cm/día con una densidad de 1 animal / 50 m<sup>2</sup>, durante seis meses alimentando con peces vivos (Tabla 7), lo cuál se explica por la menor densidad de siembra y mayor espacio por pez.

El comportamiento del incremento de longitud día vs tiempo de cultivo (Figura 30), permite observar el período en el cuál se generan los mayores incrementos de longitud. Según este trabajo los mejores incrementos para los tres tratamientos se encuentran entre el primero y cuarto mes de cultivo, descendiendo estos resultados hasta el final de la investigación.

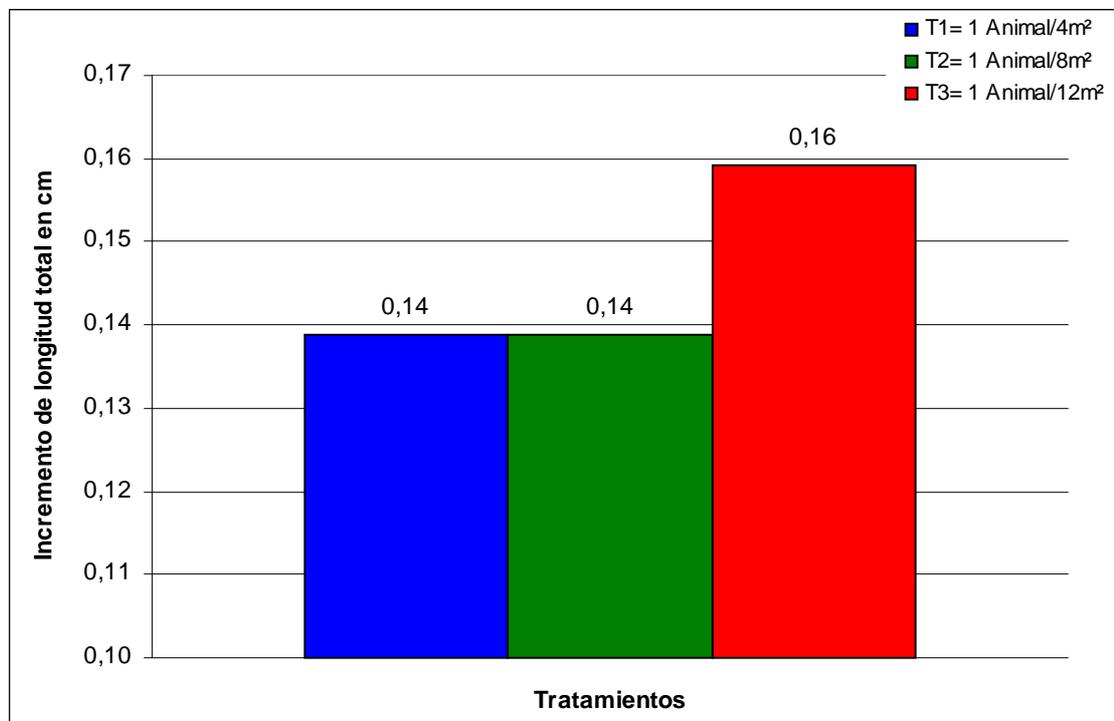
Lo anterior esta de acuerdo a Sagratzki et al<sup>67</sup>, quién determinó que en un cultivo de pirarucú en jaulas flotantes con densidad de 20 peces/m<sup>3</sup>, el incremento de los peces comenzó a declinar a partir de los 4,5 meses. Por tanto, los incrementos de talla del pirarucú son potenciales y se expresan con mayor intensidad durante esta primera etapa. En consecuencia, la densidad afecta el incremento de longitud de los peces.

**Figura 30. Incremento de longitud total en cm/día, durante los 12 meses de cultivo.**



<sup>67</sup> SAGRATZKI, et al. Op. cit.

**Figura 31. Incremento promedio día de longitud total en centímetros.**



Según el análisis de regresión (Anexo P) durante los 12 meses, entre las variables peso y longitud total, tomando esta última como variable independiente, demostró que el crecimiento es de forma potencial e interdependiente durante la fase de estudio con un alto coeficiente de regresión ( $R^2= 0,99$ ) con el siguiente modelo matemático:  $y = 0,0017x^{3,386}$ .

Esto indica que la curva es ascendente según el coeficiente angular o pendiente  $b= 3,386$  el cuál cuantifica la cantidad que aumenta o decrece en forma potencial la variable peso, por cada unidad que aumente o disminuya la variable longitud total. En términos reales se puede decir por cada unidad de incremento en la longitud se aumentará en 3,386 unidades de peso como potencia de este.

En la Tabla 11 se reportan los resultados de las variables Conversión alimenticia aparente, Tasa de crecimiento simple y Relación de eficiencia proteica.

**Tabla 11. Resultados promedio de las variables Conversión alimenticia aparente, Tasa de crecimiento simple y Relación de eficiencia proteica.**

Tratamiento	T1			T2			T3		
Replica	TCAA	REP**	TCS	TCAA	REP**	TCS	TCAA	REP**	TCS
R1	3,40	2,22	32,41	4,15	2,15	34,40	3,14	2,29	30,99
R2	4,63	2,20	34,71	3,26	2,09	32,36	3,65	2,89	39,50
R3	2,96	2,34	29,41	3,16	2,11	35,92	3,20	3,14	38,75
R4	3,22	2,07	32,03	3,47	2,08	40,08	3,10	3,34	48,74
<b>Promedio</b>	<b>3,55</b>	<b>2,21</b>	<b>32,14</b>	<b>3,51</b>	<b>2,11</b>	<b>35,69</b>	<b>3,27</b>	<b>2,91</b>	<b>39,50</b>

\*\* Presentó diferencias estadísticas altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ ).

**T1=** 1 pez/4m<sup>2</sup>, **T2=** 1 pez/8m<sup>2</sup>, **T3=** 1 pez/12m<sup>2</sup>, **TCAA** = Tasa de conversión alimenticia aparente, **TCS** = Tasa de crecimiento simple %, **REP** = Relación eficiencia proteica.

**6.1.5 Conversión alimenticia aparente.** La conversión alimenticia aparente promedio durante los 12 meses de cultivo para el tratamiento 1 fue de 3,55, para el tratamiento 2 de 3,51 y para el tratamiento 3 de 3,42 (Figura 33, Tabla 12). Según López<sup>68</sup>, estos valores son adecuados si se tiene en cuenta que se suministraba un alimento suplementario (animal fresco) comparado con tortas de oleaginosas que presentan conversiones de 5 en especies tropicales como la tilapia. Los resultados obtenidos para esta variable, no presentaron diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ( $p \leq 0,05$ ) (Anexo K), por lo tanto la densidad de siembra no afecta la conversión alimenticia de los tres tratamientos.

**Tabla 12. Conversión alimenticia aparente promedio para los 3 tratamientos.**

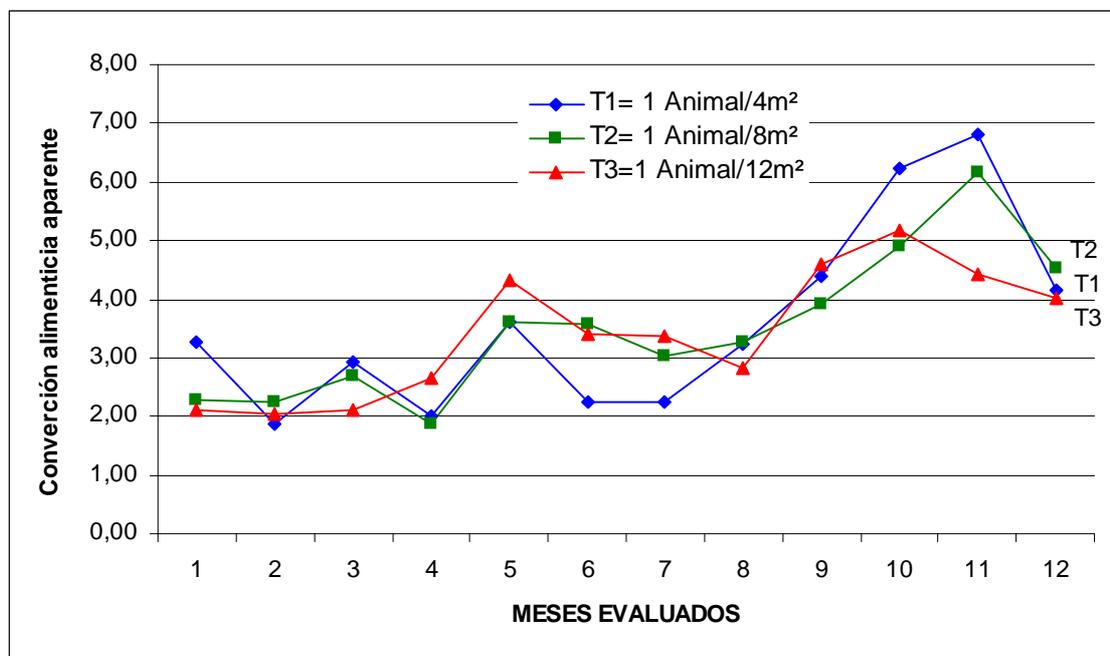
Tratamiento	Densidad de siembra	Conversión alimenticia
T1	1 Alevín / 4 m <sup>2</sup>	3,55
T2	1 Alevín / 8 m <sup>2</sup>	3,51
T3	1 Alevín / 12 m <sup>2</sup>	3,42

<sup>68</sup> LÓPEZ, Op. cit., p.99.

Sin embargo la conversión alimenticia aparente obtenida para los tres tratamientos, presentó resultados superiores a los calculados por García y Bardales, de 4,2 con una dieta a base de peces vivos, 35,8 con una dieta a base de hidrolizado de pescado y 25 con pellet seco a una densidad de 3,3 peces/m<sup>2</sup> y temperatura promedio de 28,4 °C. Aldea, reporta conversiones alimenticias de 5,49, 4,27 y 5,31 con dietas que contenían 45, 50 y 55% de proteína bruta con una densidad de siembra de 2,5 peces/m<sup>2</sup> y temperaturas promedio de 29°C. Sin embargo Bustos y López reportan una conversión alimenticia de 2,23 alimentando con balanceado del 45% de proteína proveniente de harina de pescado cultivando 4,16 peces/m<sup>2</sup> y temperatura promedio 29,6 °C (Tabla 7).

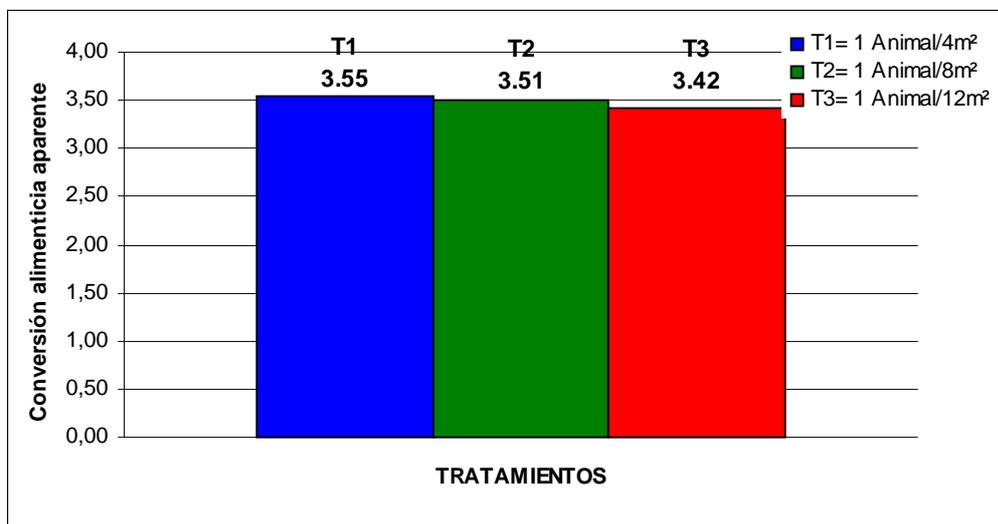
En la conversión alimenticia aparente versus tiempo de cultivo (Figura 32), se observa los períodos de mejor conversión y puede establecerse la capacidad del pirarucú para utilizar alimento suplementario inerte con gran contenido de agua (74,8%) en condiciones de cautiverio, para cubrir las necesidades nutricionales en los procesos anabólicos y catabólicos de sustitución, remodelación y acumulación de tejidos en situaciones similares como lo hacen otras especies tropicales con gran tradición acuícola, como los peces del género *Oreochromis* y *Sarotherodon*<sup>69</sup>.

**Figura 32. Conversión alimenticia aparente, durante los 12 meses de evaluación.**



<sup>69</sup> *Ibíd.*, p. 89 – 98.

**Figura 33. Conversión alimenticia aparente promedio durante el período experimental.**



**6.1.6 Tasa de crecimiento simple.** La tasa promedio de crecimiento simple (Tabla 13, Figura 35) para los alevinos de Pirarucú, registro para el T1, 32,14% para el T2, 35,69% y para el T3, 39,5% estos resultados indican la cantidad de crecimiento en porcentaje mensual que obtuvieron los animales.

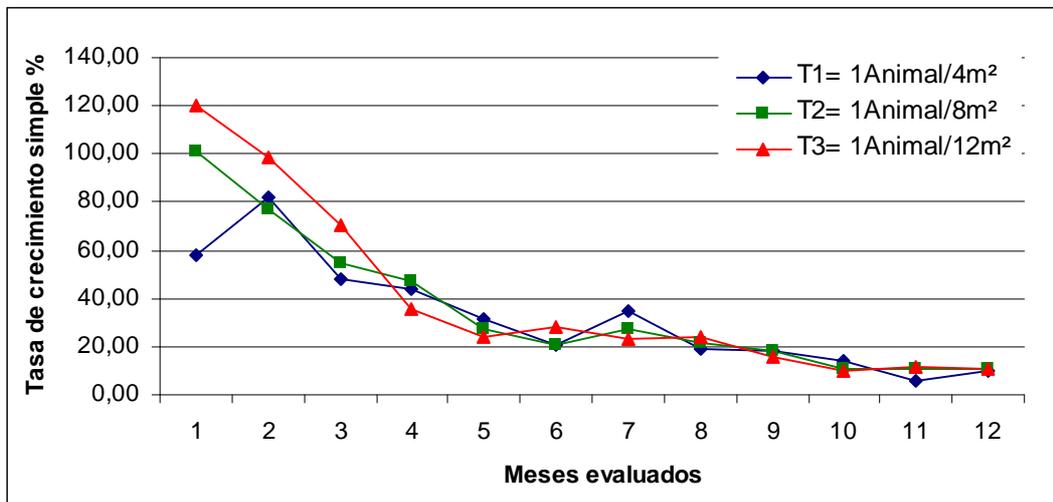
La diferencia proporcional entre los tratamientos indica que el T3 con una menor densidad de siembra obtiene del 22,89% más de la obtenida con el T1 y del 10,67% de la registrada por el T2.

**Tabla 13. Tasa de crecimiento simple.**

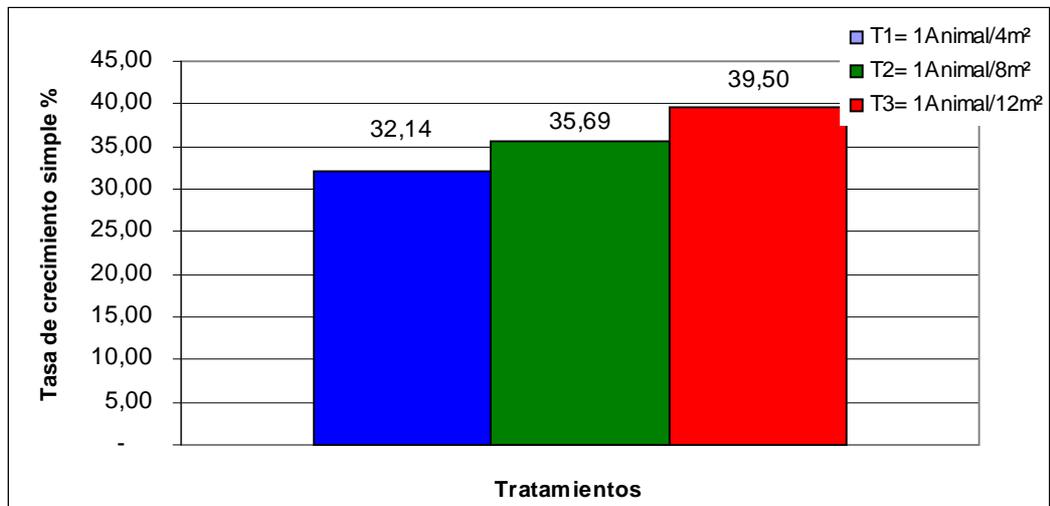
Tratamiento	Densidad de siembra	Tasa de crecimiento simple %
T1	1 pez / 4 m <sup>2</sup>	32,14
T2	1 pez / 8 m <sup>2</sup>	35,69
T3	1 pez / 12 m <sup>2</sup>	39,50

Según la Figura 34 el comportamiento de la tasa de crecimiento disminuye mensualmente observándose que en los cuatro primeros meses los pirarucú registran las mayores tasas. Según Hepher<sup>70</sup> esto se explica porque animales pequeños utilizan el alimento consumido más eficientemente en los procesos de crecimiento, lo cuál va disminuyendo en la medida que van creciendo por lo tanto por lo tanto los animales pequeños presentan mayor tasa de crecimiento con respecto a su peso inicial.

**Figura 34. Tasa de crecimiento simple para los 3 tratamientos, durante los 12 meses de cultivo.**



**Figura 35. Tasa de crecimiento simple promedio para los 3 tratamientos.**



<sup>70</sup> HEPHER, Op. Cit., p. 322 - 323.

**6.1.7 Relación de eficiencia proteica (R.E.P)** La relación de eficiencia proteica (Tabla 14, Figura 37) para los alevinos de Pirarucú, alimentados con pescado picado con un porcentaje de proteína bruta de 15,03 % en base húmeda, para los tres tratamientos (Anexo N), la diferencia estadística fue altamente significativa según el análisis de varianza ( $P \leq 0,01$ ) (Anexo L), por lo tanto la densidad de siembra afectó la relación de eficiencia proteica. Según la prueba de Tukey al 95% de confianza y el mejor tratamiento es el T3 y los tratamientos T1 y T2 son estadísticamente iguales (Anexo M), lo que significa que a menor densidad de siembra mejor relación de eficiencia proteica.

**Tabla 14. Relación promedio de eficiencia proteica R.E.P.**

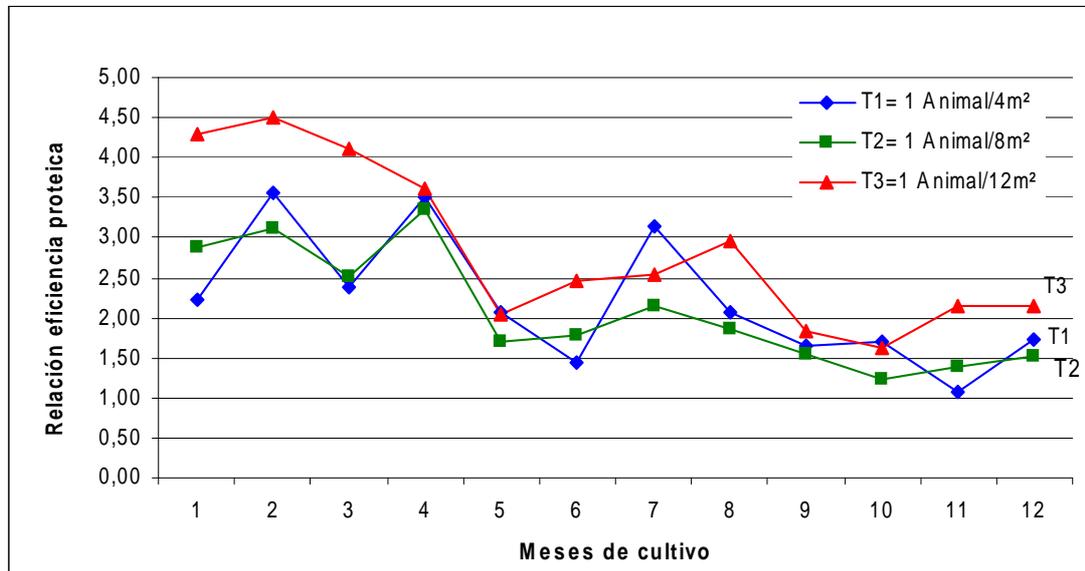
Tratamiento	Densidad de siembra	Relación eficiencia proteica**
T1	1 pez / 4 m <sup>2</sup>	2,21
T2	1 pez / 8 m <sup>2</sup>	2,11
T3	1 pez / 12 m <sup>2</sup>	2,91

\*\*Presentó diferencias estadísticas altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ ).

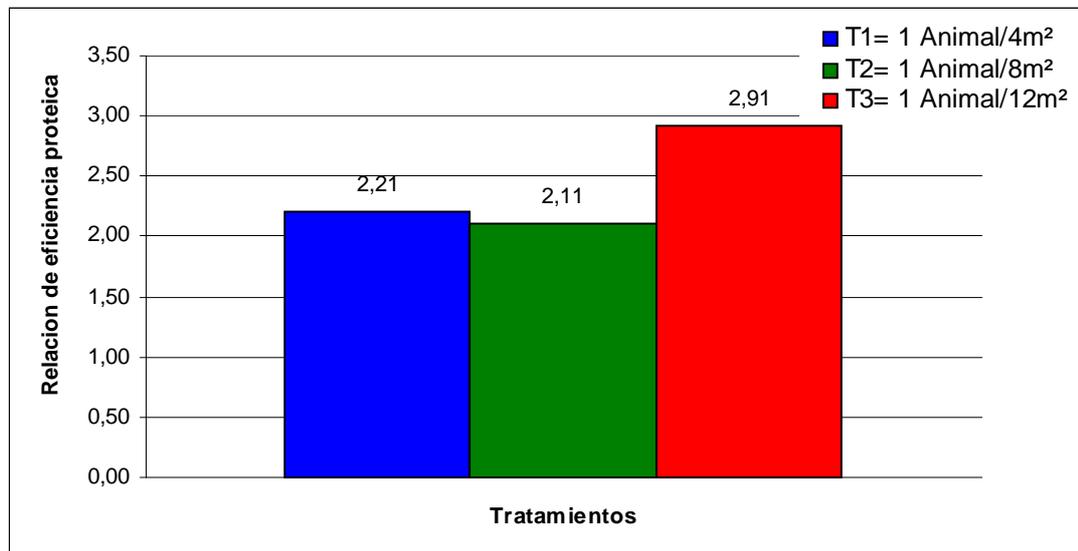
En la Figura 36, se observa el comportamiento de la relación de eficiencia proteica. La tendencia de la curva muestra que durante los cuatro primeros meses se registra los más altos valores, descendiendo hasta el doceavo mes. Esto corrobora lo expuesto por López<sup>71</sup>, de que a medida que las especies crecen disminuyen la eficiencia de los procesos anabólicos y fisiológicos.

<sup>71</sup> COMUNICACIÓN PERSONAL DEL Dr. Jorge Nelson López. Profesor titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2004.

**Figura 36. Relación de eficiencia proteica para los 3 tratamientos durante el período experimental.**



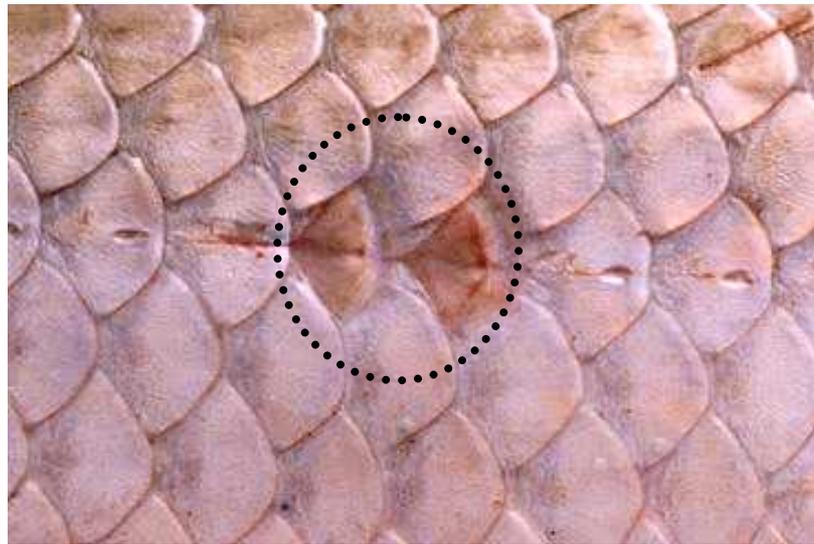
**Figura 37. Promedio de relación eficiencia proteica durante el período experimental.**



**6.1.8 Mortalidad.** No se presentó mortalidad durante el período experimental para los tres tratamientos, demostrando de esta manera la rusticidad y potencial acuícola del pirarucú; las bajas densidades utilizadas redujeron los riesgos de acumulación de

metabolitos como el amoníaco en forma no ionizada que según Boyd<sup>72</sup> es altamente letal para los peces y deterioran la calidad del agua, permitiendo la proliferación de agentes patógenos causantes de epidemias y posteriormente mortalidades. Se observó una alta resistencia a la manipulación y al estrés causado durante los censos, en los cuáles se presentó únicamente pérdidas de escamas que eran regeneradas aproximadamente en 30 días (Figura 38).

**Figura 38. Renovación de escamas perdidas por la manipulación**



García y Bardales, calcularon mortalidades de 6,7% de pirarucú, en un período de cuatro meses con temperaturas de 23 – 28° C, a densidades de 3,3 animales por m<sup>2</sup> alimentados con una dieta de peces vivos y se presentó un 90% de mortalidad, cuando se suministraba a los peces dietas a base de hidrolizados de proteína y balanceado comercial (Tabla 7). El manejo de densidades inadecuadas incrementa la producción de metabolitos y compuestos nitrogenados que disminuyen la calidad físico - química del agua.

**6.1.9 Calidad del agua.** Los factores abióticos como las características fisicoquímicas del agua y su impacto sobre el comportamiento productivo de los peces, son de gran importancia en los resultados de toda investigación acuícola. Las condiciones ambientales fueron similares según análisis de varianza ( $P > 0,05$ ) (Anexo Q - R) para los tres tratamientos durante los 12 meses de estudio, siendo importante para establecer que las posibles diferencias estadísticas en las variables analizadas no se deben al efecto de

---

<sup>72</sup> BOYD, C. Water quality in warm water fish pond. Alabama: Craftmaster printers Inc. 1979. p. 20 - 26.

las condiciones fisicoquímicas. En la Tabla 15 se relacionan los valores promedio de los parámetros físicos químicos entre tratamientos durante los 12 meses de cultivo.

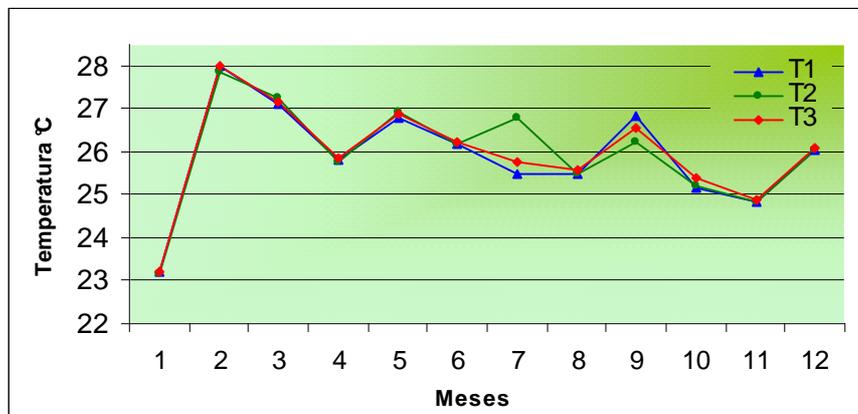
**Tabla 15. Parámetros físico químicos promedio entre tratamientos durante los 12 meses de estudio.**

	Régimen climático	Temperatura °C	pH	O2 mg/l	Amonio mg/l	Dureza mg/l CaCO <sub>3</sub>	Alcalinidad mg/l CaCO <sub>3</sub>
Agosto	Pluvial	23,19	7,16	8,84	0,00	17,1	17,1
Septiembre	Saturado	27,95	6,50	8,62	0,20	17,1	17,1
Octubre	Pluvial	27,16	7,00	8,11	0,20	17,1	17,1
Noviembre	Pluvial	25,81	6,78	8,65	0,31	17,1	17,1
Diciembre	Saturado	26,86	6,50	10,37	0,15	17,1	17,1
Enero	Muy-húmedo	26,21	6,60	9,01	0,12	17,1	17,1
Febrero	Húmedo	26,02	6,83	9,65	0,14	17,1	17,1
Marzo	Casi-acuático	25,51	6,87	10,15	0,10	17,1	17,1
Abril	Pluvial	26,53	6,81	9,23	0,17	17,1	17,1
Mayo	Casi-acuático	25,26	6,89	9,27	0,16	17,1	17,1
Junio	Saturado	24,84	6,66	6,81	0,62	17,1	17,1
Julio	Saturado	26,06	6,71	7,26	0,66	17,1	17,1
<b>Promedio</b>		<b>25,95</b>	<b>6,78</b>	<b>8,83</b>	<b>0,24</b>	<b>17,10</b>	<b>17,10</b>

**6.1.9.1 Temperatura.** Se registraron temperaturas mínimas y máximas de 23,19 – 27,95°C durante el año de estudio (Figura 39) las cuales son relativamente bajas comparadas con las reportadas por Alcántara y Guerra quienes registraron temperaturas medias de 25,7 – 34,8°C durante regimenes climáticos similares (Tabla 7), lo cuál se explica debido a que durante el período de estudio la pluviosidad fue en promedio de 448,5 mm mensuales<sup>73</sup>.

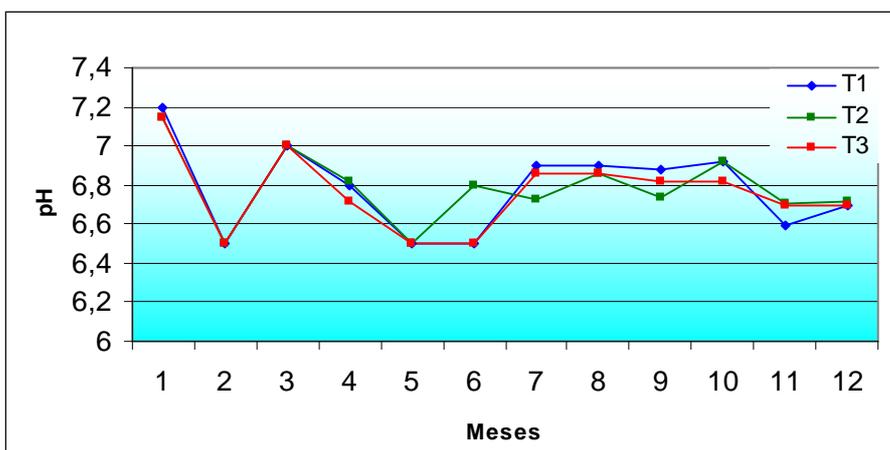
<sup>73</sup> COMUNICACIÓN PERSONAL DEL Dr. Leonel Ceballos Ruíz. Zoot., Esp. Director Regional Putumayo de CORPOAMAZONIA. Mocoa, Colombia 2004.

Figura 39. Curva de temperatura.



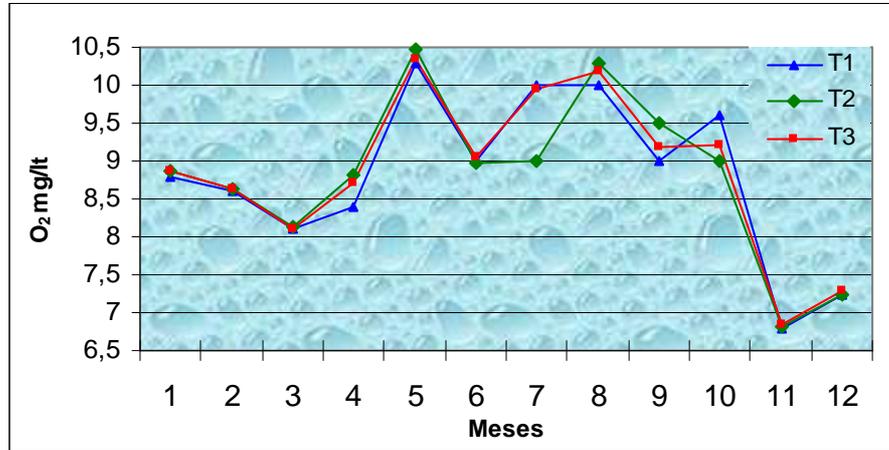
**6.1.9.2 Potencial de hidrogenación (pH):** El pH (Figura 40) de los tres tratamientos estuvo entre los valores de 6,5 – 7,2 el cuál está dentro del rango evaluado para esta especie por Rebaza, quien reportó pH entre 5,0 – 9,5 y García y Bardales de 6,5 – 7,0. Sin embargo Aldea et al, reportan valores de ph inferiores que oscilan entre 4,5 – 6,3 (Tabla 7).

Figura 40. Curva de pH durante los meses de estudio.



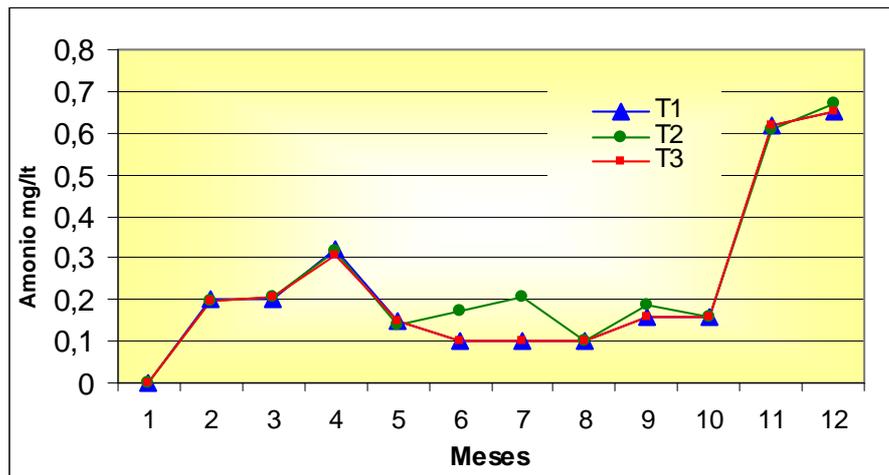
**6.1.9.3 Oxígeno disuelto.** Los valores de oxígeno disuelto (Figura 41) se mantuvieron entre 6,81 – 10,37 los cuáles son altos comparados con los obtenidos por Aldea, quien reportó valores de 0,1 – 3,0 mg/l al igual que García y Bardales, que citan valores de 3,6 – 4,8 mg/L de oxígeno disuelto. (Tabla 7).

**Figura 41. Curva de Oxigeno disuelto.**



**6.1.9.4 Amonio.** La concentración de amonio reporto valores entre 0 – 0,67 mg/L (Figura 42), que es baja comparada con la citada por García y Bardales, con un rango que oscila desde 0,07 – 1,12 mg/L (Tabla 7). Estos niveles para otras especies ícticas son altamente estresante bajo exposiciones prolongadas pueden ser letales; estos resultados corroboran la capacidad del pirarucú a adaptarse a aguas con altos niveles de amonio, lo cuál facilita su cultivo.

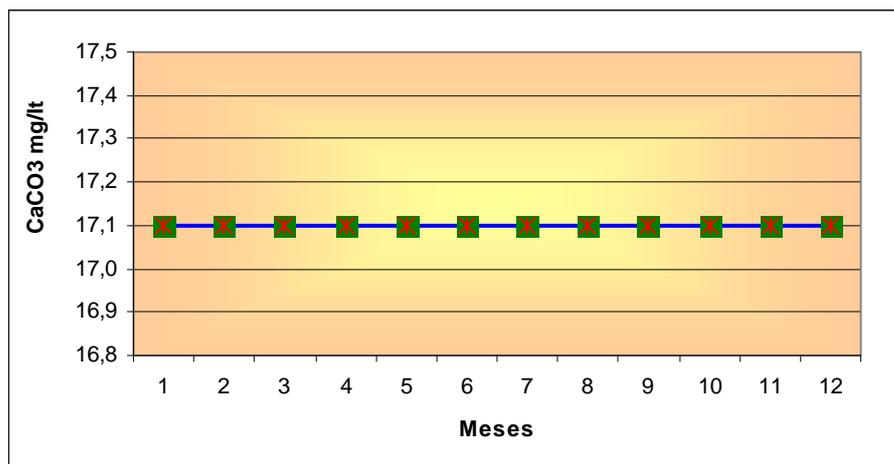
**Figura 42. Curva de Amonio**



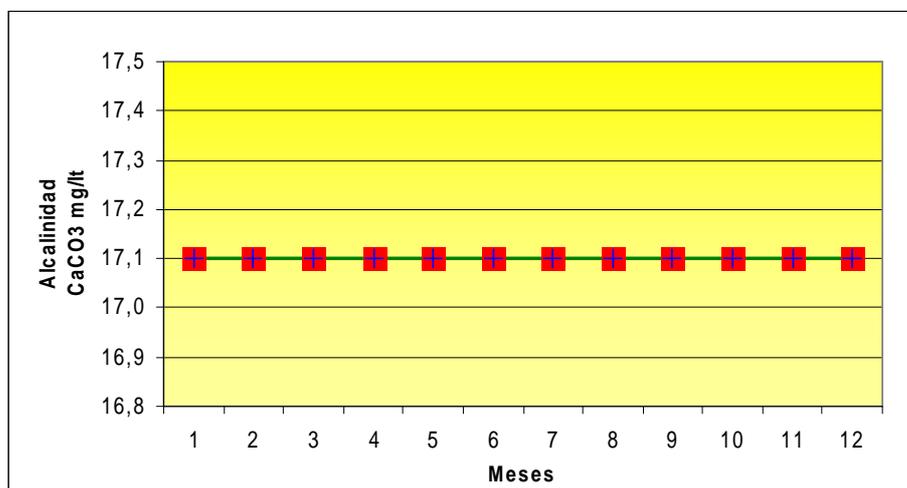
**6.1.9.5 Alcalinidad y dureza.** Los valores para alcalinidad y dureza durante todo el periodo experimental fueron de 17,1, manteniéndose iguales durante todo el estudio (Figura 43 y 44). Teniendo en cuenta el rango citado por García y Bardales de

34,2 - 68,4 mg/L (Tabla 7), los registrados en este estudio son bajos y califican el agua como muy blanda; lo cuál es normal si se considera que los estanques están construidos en piedemonte amazónico.

**Figura 43. Curva de Dureza total.**



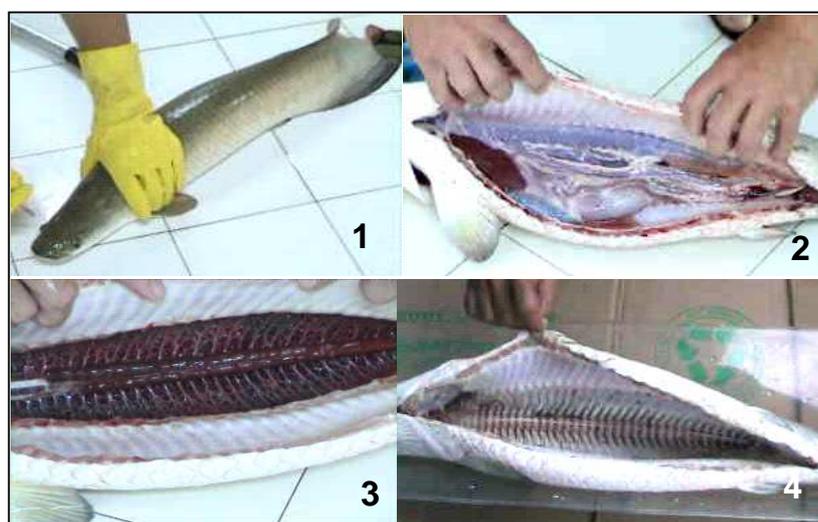
**Figura 44. Curva de Alcalinidad.**



**6.1.10 Análisis parcial de costos.** Para la obtención del rendimiento en canal se diseccionaron cinco ejemplares de pirarucú tomados al azar de la población total los cuáles presentaron peso promedio de 3.848 g (Figura 45). Así mismo se procedió a sacrificar animales de otras especies como sábalo (*Brycon melanopterus*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y tilapia (*Oreochromis sp*), comúnmente cultivadas en el departamento del Putumayo donde se practica la piscicultura de aguas

cálidas; con el fin de estandarizar el rendimiento en canal del pirarucú y compararlo con otras especies su potencial acuícola (Tabla 16, Anexo Y). Se encontró que el pirarucú posee un rendimiento en canal de 92,42 % el cuál es superior en promedio al 6% en relación a estas especies. Igualmente, se realizó análisis bromatológico del filete de pirarucú determinando en esta especie un contenido de proteína de 88% y 2,23% de grasa en base seca, frente a otros filetes de pescado tiene un alto contenido de proteína y bajo contenido de grasa, niveles mejores que los reportados con Tilapia roja que presentó 59,64% de proteína y 18,45% de grasa en base seca; lo que lo hace recomendable para el consumo constituyéndose en una ventaja para el mercadeo y la salud pública (Anexo N - O).

**Figura 45. Eviscerado de Pirarucú.**



**Tabla 16. Rendimiento en canal 3 especies comerciales comparadas con pirarucú (*A. gigas*)**

Especie	Sábalo ( <i>Brycon melanopterus</i> )		Cachama ( <i>Piaractus brachypomus</i> )		Tilapia ( <i>Oreochromis sp</i> )		Pirarucú ( <i>Arapaima gigas</i> )	
	Peso g.	%	Peso g.	%	Peso g.	%	Peso g.	%
<b>Pez con vísceras</b>	1.582,93	100	1.520,94	100,00	540,63	100	3.848,00	100
<b>Eviscerado (Rendimiento en canal)</b>	1.388,79	87,73	1.263,02	83,04	478,15	88,44	3.556,33	92,42
<b>Vísceras</b>	194,14	12,26	257,92	16,96	62,49	11,56	291,67	7,58
<b>Cabeza</b>	198,75	12,55	232,58	15,29	139,76	25,85	401,53	10,44

Con base en los costos parciales incurridos durante el período experimental para cada tratamiento se estableció la relación beneficio costo, rentabilidad y el mejor de los tratamientos desde el punto de vista económico (Tabla 17 y 18).

**Tabla 17. Costos parciales de producción por tratamiento de pirarucú (*Arapaima gigas*) alimentado con pescado fresco**

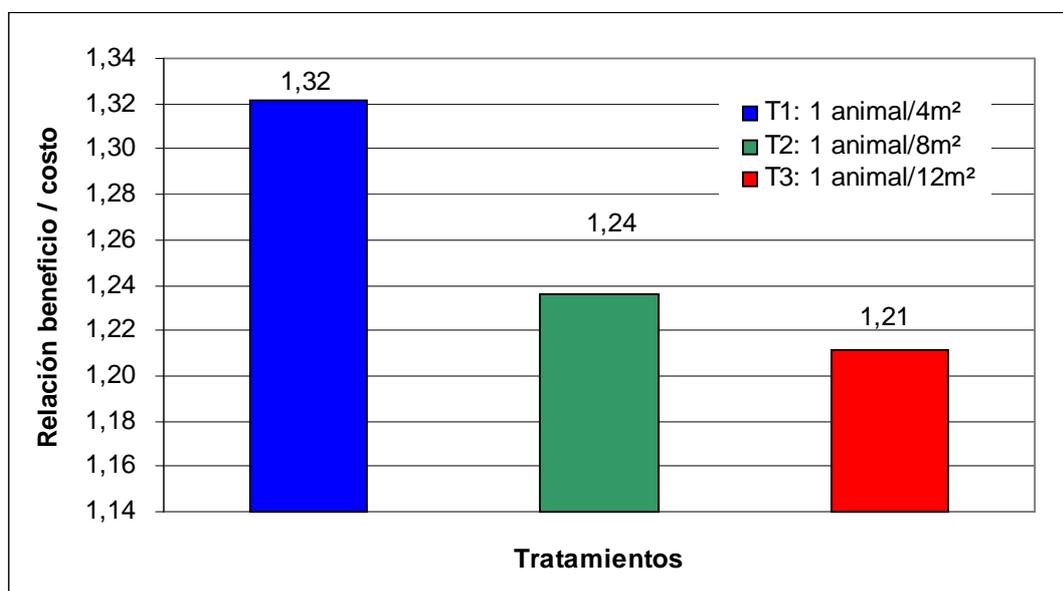
RUBRO	T1		T2		T3		
	VLR UNIT \$	CANT	VLR TOTAL \$	CANT	VLR TOTAL \$	VLR TOTAL \$	
ALIMENTO FRESCO (kg)	1.100,00	713,34	784.668,95	646.40,00	711.037,63	614,74	676.209,01
ALEVINOS (unidad)	6.000,00	40	240.000,00	44	132.000,00	32	96.000,00
AZUL DE METILENO (g)	238	84	20.000,00	84	20.000,00	84	20.000,00
MANO DE OBRA (JORNAL)	11.800,00	45,62	538.316,00	52,46	619.028,00	54,75	646.050,00
ASISTENCIA TECNICA (10% Total)			187.297,59		182.388,33		178.584,04
DEPREC. ESTQS. Y EQUIPOS			87.333,33		125.733,33		132.133,33
ARRENDAMIENTO m <sup>2</sup> * 12 meses	96	160	15.360,00	352	33.696,00	384	36.864,00
<b>TOTAL</b>			<b>1'872.975,87</b>		<b>1'823.883,30</b>		<b>1'785.840,38</b>
COSTO PRODUCCIÓN (kg)			9.081,00		10.604,00		10.758,00

**Tabla 18. Costos e ingresos de producción durante el período experimental**

Tratamiento	Costo Total	N°kg Prod.	Precio kg	Ingreso bruto	Ingreso Neto	Beneficio costo
T1	1'872.975,87	206,25	12.000	2'475.000	602.024,13	1,32
T2	1'823.883,30	187,90	12.000	2'254.800	430.916,70	1,24
T3	1'785.840,38	180,25	12.000	2'163.000	377.159,62	1,21

Según el análisis realizado, el tratamiento 1 reportó una relación beneficio costo de 1,32 el tratamiento 2 de 1,24 y el tratamiento 3 de 1,21 teniendo en cuenta que la relación beneficio costo para los tres tratamientos es mayor a 1, todos los tratamientos son económicamente viables. El mejor tratamiento desde el punto de vista económico es el tratamiento 1 debido a que registró el mejor índice (Figura 46), debido a que presentó los mayores resultados en biomasa íctica por la alta densidad de siembra.

**Figura 46. Relación beneficio costo, para los 3 tratamientos.**



Estos valores demuestran, que los costos de producción más altos se deben a la alimentación que para el tratamiento 1 fue del 41,89%, para el tratamiento 2 de 38,98% y el tratamiento 3 de 37,87%. El valor del alevino para el tratamiento 1 fue de 12,81%, para el tratamiento 2 de 7,24% y para el tratamiento 3 de 5,38%. La diferencia del porcentaje entre los tratamientos se debe a la densidad de siembra evaluada y los mayores costos corresponden a los rubros de alimentación y alevinos, sin embargo el costo de la mano de obra es menor a mayores densidades; de tal manera que para el tratamiento 1 representó el 28,74%, para el tratamiento 2 el 33,94% y para el tratamiento 3 de 36,18% (Tabla 19). Lo que se explica por la optimización de la mano de obra. El valor del alevino de los tres tratamientos fue inferior en relación con la producción de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*), que según González citado por el INPA<sup>74</sup>, el valor por compra de alevinos en proyectos piscícolas de especies

<sup>74</sup> Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura - INPA. Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. 2 ed. Bogota: Rodríguez. H, Daza. P y Carrillo. M. 2001. p. 341.

tropicales representó el 13,96% de los costos de producción, demostrando la perspectiva favorable del cultivo del pirarucú en confinamiento.

**Tabla 19. Discriminación porcentual de los costos de producción para cada tratamiento durante los 12 meses de cultivo**

COSTOS	TRATAMIENTOS		
	T1 %	T2 %	T3 %
Alimento	41,89	38,98	37,87
Alevinos	12,81	7,24	5,38
Azul de metileno	1,07	1,10	1,12
Mano de obra	28,74	33,94	36,18
Asistencia técnica	10,00	10,00	10,00
Depreciación de estanque	4,66	6,89	7,40
Arrendamiento	0,82	1,85	2,06
<b>Total</b>	100	100	100

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- ♦ A mayor densidad de siembra menor incremento de peso y talla del pirarucú pero mejor producción total por unidad de área.
- ♦ Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) en las variables incremento de peso, incremento de longitud y en la Relación eficiencia proteica (REP). La prueba de Tukey (95%) demostró que el mejor tratamiento es el 3, con una densidad de siembra de 1 anima/12m<sup>2</sup>.
- ♦ El análisis de varianza demostró que la conversión alimenticia no presenta diferencias estadísticas significativas al comparar los tres tratamientos ( $P > 0,05$ ).
- ♦ La variable tasa de crecimiento simple fue mayor a menores densidades de siembra.
- ♦ El coeficiente de variación en el momento de la siembra presentaba dispersión superior al 50%, el cuál disminuyo en el transcurso de la investigación al 15,72%, esto se debe a las prácticas implementadas durante el estudio para evitar otras fuentes de error y la tendencia de esta especie de favorecer el crecimiento potencial.
- ♦ La sobrevivencia de los ejemplares en los tres tratamientos fue del 100% los cuáles observaron alta resistencia a la manipulación y estrés causado por los censos. A pesar de que durante la manipulación se presentó pérdida de escamas los peces no presentaron ningún tipo de ataque por bacterias u hongos y se comprobó que el pirarucú regenera las escamas en un período de 30 días aproximadamente.
- ♦ Los alevinos de pirarucú, se adaptan a las variaciones físico – químicas del agua lo que potencializa su cultivo.

- ◆ El pirarucú presenta mayor rendimiento en canal, que otra especie como Sábalo, Cachama blanca y Tilapia roja, que actualmente se cultivan en el departamento del Putumayo.
- ◆ La densidad de siembra no afectó negativamente la calidad del agua, debido a que los parámetros evaluados presentaron pocas fluctuaciones, lo cual indica que alevinos de pirarucú pueden adaptarse a distintas densidades de siembra sin alterar ostensiblemente las condiciones fisicoquímicas, bacteriológicas y por ende la salud de la población de animales.
- ◆ El análisis de la Relación beneficio costo, para los tres tratamientos demostró que la implementación del cultivo del pirarucú es viable económicamente y que con el tratamiento 1 a una densidad de 1 animal por cada 4 m<sup>2</sup> se obtiene los mejores beneficios que con el tratamiento 2 y 3 a una densidad de 1 animal por cada 8 y 12 m<sup>2</sup>, respectivamente.
- ◆ El análisis de regresión demostró que el incremento de peso de los alevinos de pirarucú depende del incremento de longitud siguiendo un modelo matemático de tipo potencial, con un  $R^2 = 0,99$
- ◆ La investigación demostró el potencial piscícola del pirarucú, teniendo en cuenta los incrementos diarios de peso, la conversión alimenticia, la sobrevivencia y la rusticidad a las distintas condiciones de cultivo, lo anterior es muy importante considerando que esta especie se encuentra en peligro de extinción.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- Difundir el cultivo de pirarucú a una densidad de 1 pez /4m<sup>2</sup> como alternativa de desarrollo del piedemonte amazónico.
- Implementar un programa de producción intensiva y permanente de alevinos para promover el cultivo de esta especie íctica promisoría, como alternativa para la sustitución de los cultivos ilícitos en la cuenca amazónica.
- Ejecutar proyectos para la industrialización de la carne, vísceras, escamas y piel para lograr obtener mayor valor agregado de este producto.

- Profundizar la línea interdisciplinaria e interinstitucional entre el programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño y CORPOAMAZONIA en los aspectos de alimentación natural, alimentación suplementaria, reproducción y comercialización.
- Motivar a los futuros profesionales de Ingeniería en Producción Acuícola a efectuar investigaciones en el potencial acuícola de las especies ícticas nativas con el fin de no enfrentar los peligros ecológicos y ambientales que representa cultivar especies exóticas.

## 8. BIBLIOGRAFIA

ALCÁNTARA, Fernando y GUERRA, Humberto. Cultivo de paiche, Arapaima gigas utilizando bujurqui, Cichlasoma bimaculatum como presa. En: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos. Vol. 4, No. 1 (enero. 1992). 150 p.

ALDEA, María. Cultivo de paiche Arapaima gigas con dietas artificiales en jaulas flotantes. Trabajo de grado. (Biólogo). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana – Facultad de Ciencias Biológicas [online]. (Perú) 2002 (citado 30 de junio de 2004). Disponible en internet: <http://www.siamazonia.org.pe/Publicaciones/2003/Enero/PDF/ARTICULO%20MARY.pdf>

AMAZON FISHING. Amazon fishing by Grande Ogawa [online]. 2004 (citado el 30 de agosto de 2004). Disponible en internet: [www.amazon2003.com/jornal012.htm](http://www.amazon2003.com/jornal012.htm)

BARD, J. & IMBIRIBA, E.P. Piscicultura do pirarucú, Arapaima gigas. Circular Técnica No. 52. Brasil: EMBRAPA-CPATU. 1986. 52 p.

BASTOS, Ana Maria. Conhecimento atual sobre pirarucú. Arapaima gigas (Cuvier, 1871). En: Boletín do Museo Paraense Emilio Goeldi. 1995. 11 p.

BETANCOURTH, Ermelita y otros. Diagnostico sobre el estado actual de la piscicultura realizado en ocho municipios del departamento del Putumayo. Colombia: Centro de servicios de información ambiental CSIA – CORPOAMAZONIA (Código 85). 2004. 30 p.

BOYD, C. Water quality in warm water fish pond. Opelika – Alabama: Craftmaster printers Inc. 1979. 316 p.

BUSTOS, Omar y LOPEZ, Natalia. Evaluación de tres niveles 35, 40 y 45% de proteína en el pirarucú Arapaima gigas durante la fase de alevinaje, con la utilización de harina de pescado y torta de soya como fuentes de proteína. Santa Fé de Bogotá, 2002, 141 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

CAMPOS, Luís. Historia Biológica del Paiche o Pirarucú Arapaima gigas (Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonia. Iquitos Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – Programa de Biodiversidad. 2001. 22 p.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía - CORPOAMAZONIA. Centro Experimental Amazónico. Centros Experimentales [online]. (Putumayo – Colombia), 2002 (citado el 20 de mayo de 2003). Disponible en internet: [http://www.corpoamazonia.gov.co/ce\\_mocooa.htm](http://www.corpoamazonia.gov.co/ce_mocooa.htm)

Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas - CRICYT. Población mundial. [online]. (Argentina), 2003 (citado el 3 de Mayo de 2003). Disponible en internet: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/PoblacMund.htm>

FAO. La Acuicultura en Pequeños Embalses en América Latina y el Caribe [online]. (Chile), 2003. (Citado 15 Mayo de 2003). Disponible en internet: <http://www.red-arpe.cl/document/PaperRemedios.pdf>. May. -15-2003.

GARCIA, Luís y BARDALES, Flor de María. Influencia de tres tipos de dietas en el crecimiento de alevinos de Paiche Arapaima gigas, Cuvier 1870. En: I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (1ª: 2002) Disponible en internet: <http://www.civa2002.org,518-528>

HEPHER, Balfour. Nutrición de peces comerciales en estanques. México: Editorial Limusa, 1993. 406 p.

HURTADO, Johana. Aspectos biológico - pesqueros del pirarucú Arapaima gigas en el sistema de varzea en el municipio de Puerto Nariño. Amazonas, 1998, 84 p. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales.

IMBIRIBA, E.P. et al. 1993. Bioecología e manejo sustentado de pirarucú na bacia amazônica, Belém, EMBRAPA-CPATU .27 p.

Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura - INPA. Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. 2 ed. Bogotá: Rodríguez. H, Daza. P y Carrillo. M. 2001. 423 p.

JUNK, W.J. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonía. En: The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Brasil: 1986. 450 p.

LÓPEZ, Jorge. Nutrición Acuícola. Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia Pasto, 1997. 210 p.

MARTINEZ, Ciro. Estadística y muestreo. Bogotá: Editorial ECOE ediciones. 2002. Onceava edición actualizada. 879 p.

PEREZ, Cesar. Estadística práctica con Statgraphics plus. Madrid – España: Prentice Hall. 2002. 712 p.

PORTAL AMAZONIA. Sobre Amazonia [online] (Perú), 2003 (citado el 3 de junio de 2004). Disponible en internet: <http://portalamazonia.globo.com/sobre-amazonia.php?i...>

RAMOS, A. Fundamentos de la piscicultura agrícola. Manizales: Comité de cafeteros de Caldas. 1979. 74 p.

REBAZA, Mariano y otros. Manual de piscicultura del paiche, (*Arapaima gigas*). Venezuela: Secretaria Pro Tempore 1999. 72 p.

SAGRATZKI. C, Bruno Adán y otros. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucú em taques – rede de pequeno volume [online]. (Brasil), 2003 (Citado junio 15 de 2003). Disponible en internet: <http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2003/junho/v38n6a08.pdf>

SAGRATZKI. C, Bruno Adán y otros. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. Pesquisa agropecuaria brasileira [online]. (Brasil), 2002 (Citado 20 de septiembre de 2004). Disponible en internet: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=scipdf&pid=S0100-204X2003000100014&lng=es&nrm=iso&t lng=pt>

SAGRATZKI. C, Bruno Adán y otros. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento a concentração de amônia em ambiente confinado [online]. (Brasil), 2004 (Citado junio 15 de 2004). Disponible en internet: <http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2004/maio/39n5a15.pdf>.

SALARO, Ana y otros. Diferentes densidades de estocagem na produção de alevinos de trairão (*Hoplias cf. lacerdae*). Revista brasileira de zootecnia [online]. (Brasil), 2003 (citado 8 de enero de 2003). Disponible en internet: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982003000500001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982003000500001&lng=pt&nrm=iso).

SANCHEZ, J.R. Pirarucú. Aspectos de su historia natural ecología y aprovechamiento. Lima – Perú: Ministerio de agricultura. Servicio de pesquería 1961. 48 p.

SANTOS. André y de MOURA, Cristiano. Estudo anatómico do cráneo de *Arapaima gigas* (Cuvier) (Actinopterygii, Osteoglossidae) [online]. (Brasil), 2003 (citado el 20 de agosto de 2004). Disponible en internet: <http://www.propp.ufu.br/revistaeletronica/E/ESTUDO%20ANA.PDF>.

Sistema de Investigaciones de la Amazonía - SIAMAZONIA. Donde se encuentra el Paiche. Sistema de Información de la Diversidad de octubre de Biológica y Ambiental de La Amazonia Peruana. [online]. (Perú), 2002 (citado el 17 de octubre de 2004). Disponible en internet: [http://www.siamazonia.org.pe/Publicaciones/Manej\\_Prod\\_Alev\\_Paiche/generalidades.htm](http://www.siamazonia.org.pe/Publicaciones/Manej_Prod_Alev_Paiche/generalidades.htm)

TORRES, Delia. El Pirarucú o Arapaima gigas. Curso de Vertebrados. Colombia: Universidad de los Andes, 1975. 15 p.

UNIÓN EUROPEA. Política Exterior y de Seguridad Común [online]. (Bruselas), 2003 (citado el 16 de mayo de 2003). Disponible en internet: [http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/enero\\_de\\_es/200010/p106010.htm](http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/enero_de_es/200010/p106010.htm)

VENTURIERI, Rossana. Pirarucú, espécie ameaçada pode ser salva a través do cultivo. En: Revista Panorama da Acuicultura. Vol. 9.. Brasil: 1999. 52 p.

VENTURIERI, Rossana y BERNARDINO, Geraldo. Potencialidade e criação do pirarucú. Brasil: 15 p.

WUST y BALAGUER. Arapaima el gigante de los ríos. Reportajes [online]. (Perú), 2003 (citado el 26 de agosto de 2004). Disponible en internet: <http://terraincognita.perucultural.org.pe/report/arapaima.htm>

# ANEXOS

## Anexo A. Análisis de varianza para alimento consumido

Fuente	Sumas de cuadrados.	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-V
Entre grupos	8,79922E6	2	4,39961E6	0,65	0,5433 <sup>NS</sup>
Intra grupos	6,05988E7	9	6,7332E6		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>6,93981E7</b>	<b>11</b>			

<sup>NS</sup> No presenta diferencia estadística significativa ( $P \leq 0,05$ )

Gl. = Grados de libertad

P- V = Valor de Probabilidad de F.

## Anexo B. Análisis de varianza para peso promedio de la siembra

Fuente	Sumas de cuadrados.	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-V
Entre grupos	12305,7	2	6152,87	2,49	0,1382 <sup>NS</sup>
Intra grupos	22275,4	9	2475,05		
<b>Total (Corr.)</b>	34581,2	11			

<sup>NS</sup> No presenta diferencia estadística significativa ( $P \leq 0,05$ )

Gl. = Grados de libertad

P- V = Valor de Probabilidad de F.

### Anexo C. Análisis de varianza para incremento de peso diario

<b>Fuente</b>	<b>Sumas de cuadrados.</b>	<b>Gl.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-V</b>
<b>Entre grupos</b>	28,0772	2	14,0386	27,34	0,0002**
<b>Intra grupos</b>	4,62187	9	0,513542		
<b>Total (Corr.)</b>	32,6991	11			

\*\* Presentó diferencia estadística altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ )

Gl. = Grados de libertad

P- V = Valor de Probabilidad de F.

## Anexo D. Prueba de Tukey para incremento de peso diario

<b>Método: Tukey HSD al 95 %</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
Tratamiento 2	4	11,475	X
Tratamiento 1	4	13,7225	X
Tratamiento 3	4	15,195	X

<b>Contraste</b>	<b>Diferencias</b>	<b>+/- Límites</b>
Tratamiento 1 - Tratamiento 2	*2,2475	1,41462
Tratamiento 1 - Tratamiento 3	*-1,4725	1,41462
Tratamiento 2 - Tratamiento 3	*-3,72	1,41462

\* Indica diferencia significativa.

### Anexo E. Análisis de varianza para incremento de peso mensual

<b>Fuente</b>	<b>Sumas de cuadrados.</b>	<b>Gl.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-V</b>
<b>Entre grupos</b>	25270,6	2	12635,3	27,33	0,0002**
<b>Intra grupos</b>	4161,35	9	462,372		
<b>Total (Corr.)</b>	29431,9	11			

\*\* Presentó diferencia estadística altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ )

Gl. = Grados de libertad

P- V = Valor de Probabilidad de F.

## Anexo F. Prueba de Tukey para incremento de peso mensual

<b>Método: Tukey HSD al 95 %</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
Tratamiento 2	4	344,225	X
Tratamiento 1	4	411,668	X
Tratamiento 3	4	455,825	X

<b>Contraste</b>	<b>Diferencias</b>	<b>+/- Límites</b>
Tratamiento 1 - Tratamiento 2	*67,4425	34,3957
Tratamiento 1 - Tratamiento 3	*-44,1575	34,3957
Tratamiento 2 - Tratamiento 3	*-111,6	34,3957

\* Indica diferencia significativa.

### Anexo G. Análisis de varianza para Incremento diario de longitud total

Fuente	Sumas de cuadrados.	G.I	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-V
<b>Entre grupos</b>	0,00124817	2	0,000624083	5,91	0,0230*
<b>Intra grupos</b>	0,00095075	9	0,000105639		
<b>Total (Corr.)</b>	0,00219892	11			

\* Presentó diferencia estadística significativa, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,05$ )

GI. = Grados de libertad

P- V = Valor de Probabilidad de F.

## Anexo H. Prueba de Tukey para incremento diario de longitud total

Método: Tukey HSD al 95 %

Nivel	Frecuencia	Media	Grupos homogéneos
Tratamiento 1	4	0,13875	X
Tratamiento 2	4	0,138	X
Tratamiento 3	4	0,16	X

Contraste	Diferencias	+/- Límites
Tratamiento 1 - Tratamiento 2	0,00075	0,0202891
Tratamiento 1 - Tratamiento 3	*-0,02125	0,0202891
Tratamiento 2 - Tratamiento 3	*-0,022	0,0202891

\* Indica diferencia significativa.

### Anexo I. Análisis de varianza para incremento mensual de longitud total

Fuente	Sumas de cuadrados.	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-V
Entre grupos	1,03355	2	0,516775	8,30	0,0091**
Intra grupos	0,560475	9	0,062275		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>1,59402</b>	<b>11</b>			

\*\* Presentó diferencia estadística altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ )

Gl. = Grados de libertad

P- V = Valor de Probabilidad de F.

## Anexo J. Prueba de Tukey para incremento mensual de longitud total

<b>Método: Tukey HSD al 95 %</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
Tratamiento 2	4	4,16	X
Tratamiento 1	4	4,17	X
Tratamiento 3	4	4,7875	X

<b>Contraste</b>	<b>Diferencias</b>	<b>+/- Límites</b>
Tratamiento 1 - Tratamiento 2	-0,01	0,492616
Tratamiento 1 - Tratamiento 3	*-0,6275	0,492616
Tratamiento 2 - Tratamiento 3	*-0,6175	0,492616

\* Indica diferencia significativa.

### Anexo K. Análisis de varianza para Conversión alimenticia

<b>Fuente</b>	<b>Sumas de cuadrados.</b>	<b>Gl.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-V</b>
<b>Entre grupos</b>	0,18215	2	0,091075	0,34	0,7230 <sup>NS</sup>
<b>Intra grupos</b>	2,43715	9	0,270794		
<b>Total (Corr.)</b>	2,6193	11			

<sup>NS</sup> No presenta diferencia estadística significativa ( $P \leq 0,05$ )

Gl. = Grados de libertad

P-V = Valor de probabilidad de F.

## Anexo L. Análisis de varianza para Relación eficiencia proteica

Fuente	Sumas de cuadrados	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-V
<b>Entre grupos</b>	1,55015	2	0,775075	10,54	0,0044**
<b>Intra grupos</b>	0,66205	9	0,0735611		
<b>Total (Corr.)</b>	2,2122	11			

\*\* Presentó diferencia estadística altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ( $P \leq 0,01$ )

Gl. = Grados de libertad

P- V = Valor de Probabilidad de F.

## Anexo M. Prueba de Tukey para Relación eficiencia proteica

Método: Tukey HSD al 95 %

Nivel	Frecuencia	Media	Grupos homogéneos
Tratamiento 2	4	2,1075	X
Tratamiento 1	4	2,2075	X
Tratamiento 3	4	2,915	X

Contraste	Diferencias	+/- Límites
Tratamiento 1 - Tratamiento 2	0,1	0,535397
Tratamiento 1 - Tratamiento 3	*-0,70	0,535397
Tratamiento 2 - Tratamiento 3	*-0,8075	0,535397

\* Indica diferencia significativa.

**Anexo N. Análisis bromatológico de juveniles de tilapia roja *Oreochromis sp***

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
SECCION LABORATORIOS  
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA**

Fecha de recepción: Mayo 20 de 2004 Análisis: 4769  
Fecha de entrega: Junio 3 de 2004  
Muestra: Juveniles de tilapia roja *Oreochromis sp.*  
Procedencia: Centro Experimental Amazónico – Mocoa – Putumayo  
Análisis: Proximal, Calcio y Fósforo.  
Solicitante: Ruth D. Lucero S. y Wilmer Sanguino O.

Análisis	Juveniles tilapia roja	
	% Base húmeda	% Base seca
Humedad	74,80	
Materia seca	25,20	
Ceniza	4,63	18,37
Extracto etéreo	4,65	18,45
Fibra cruda	0,16	0,62
Proteína	15,03	59,64
Extracto libre de nitrógeno	0,73	2,91

**GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVAÉZ**  
Tec. Quim. Lab. Bromatología

## Anexo O. Análisis bromatológico músculo pirarucú *Arapaima gigas*

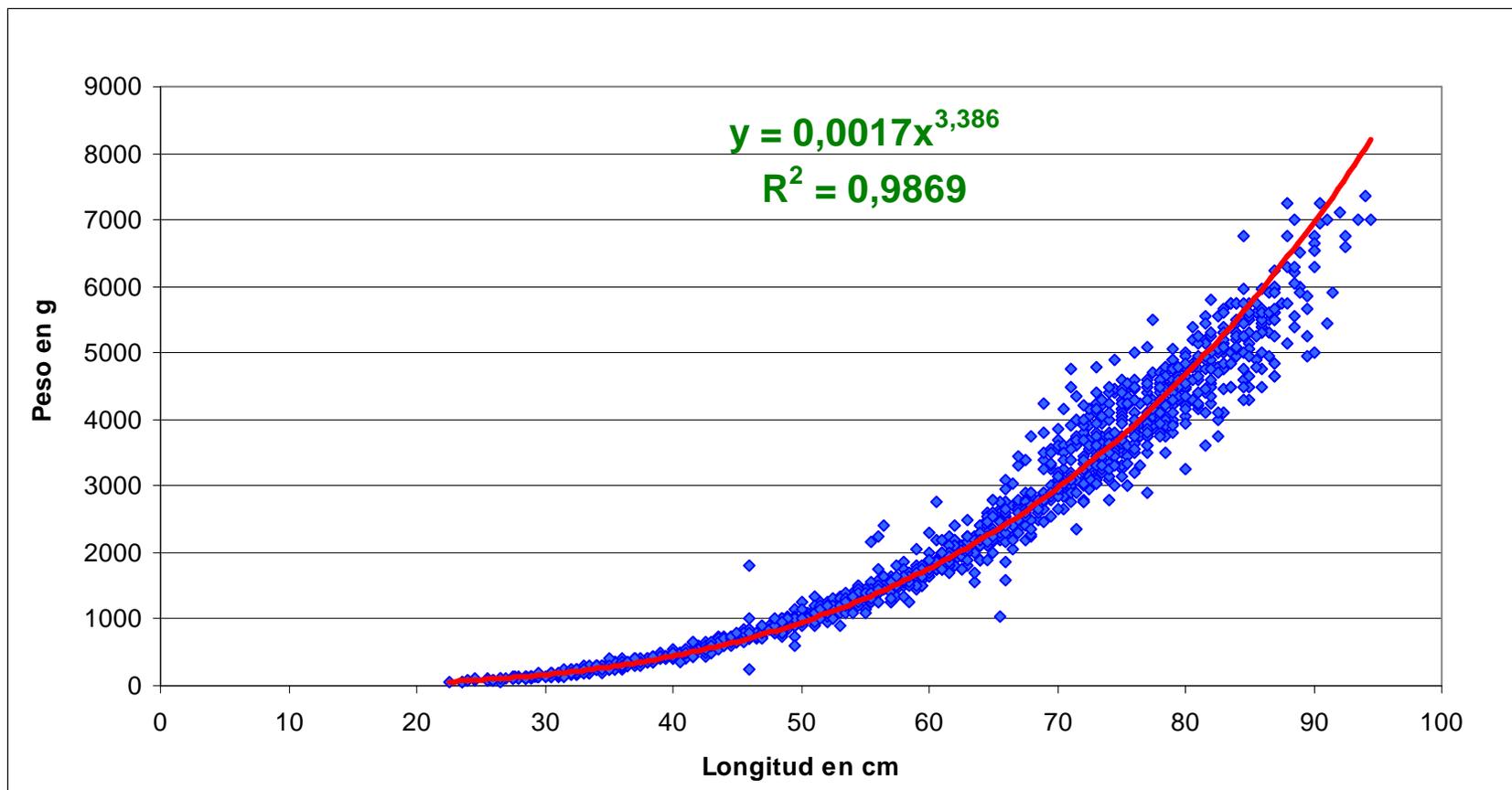
UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
SECCION LABORATORIOS  
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

Fecha de recepción: Mayo 20 de 2004 Análisis: 4769  
Fecha de entrega: Junio 3 de 2004  
Muestra: Músculo de Pirarucú *Arapaima gigas*.  
Procedencia: Centro Experimental Amazónico – Mocoa – Putumayo  
Análisis: Proximal, Calcio y Fósforo.  
Solicitante: Ruth D. Lucero S. y Wilmer Sanguino O.

Análisis	Músculo pirarucú	
	% Base húmeda	% Base seca
Humedad	79,27	
Materia seca	20,73	
Ceniza	1,07	5,14
Extracto etéreo	0,46	2,23
Fibra cruda	0,20	0,99
Proteína	18,37	88,63
Extracto libre de nitrógeno E.N.N.	0,62	3,01
Calcio	0,02	0,07
Fósforo	0,20	0,97

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVAÉZ  
Tec. Quim. Lab. Bromatología

## Anexo P. Curva de regresión entre el peso y la longitud total



**Anexo Q. Promedio de los parámetros físico químicos para cada tratamiento durante los 12 meses de estudio.**

	Temperatura			pH			Oxigeno disuelto mg/l			Amonio mg/l			Dureza mg/l CaCO <sub>3</sub>			Alcalinidad mg/l CaCO <sub>3</sub>		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<b>Agosto</b>	23,2	23,18	23,19	7,2	7,14	7,14	8,8	8,86	8,87	0	0	0,00	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Septiembre</b>	28	27,87	27,99	6,5	6,50	6,50	8,6	8,62	8,62	0,2	0,20	0,20	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Octubre</b>	27,1	27,23	27,14	7	7,00	7,00	8,1	8,12	8,10	0,2	0,21	0,20	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Noviembre</b>	25,8	25,76	25,86	6,8	6,82	6,72	8,4	8,82	8,72	0,32	0,32	0,31	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Diciembre</b>	26,8	26,92	26,86	6,5	6,50	6,50	10,3	10,48	10,34	0,15	0,14	0,15	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Enero</b>	26,2	26,19	26,24	6,5	6,79	6,50	9	8,98	9,06	0,1	0,17	0,10	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Febrero</b>	25,5	26,79	25,76	6,9	6,72	6,86	10	9,00	9,94	0,1	0,21	0,10	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Marzo</b>	25,5	25,46	25,57	6,9	6,86	6,86	10	10,28	10,18	0,1	0,10	0,10	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Abril</b>	26,8	26,22	26,54	6,88	6,74	6,82	9	9,51	9,18	0,16	0,19	0,16	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Mayo</b>	25,2	25,22	25,38	6,92	6,92	6,82	9,6	9,00	9,20	0,16	0,16	0,16	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Junio</b>	24,8	24,82	24,88	6,59	6,71	6,69	6,79	6,81	6,83	0,62	0,61	0,62	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Julio</b>	26	26,05	26,08	6,7	6,72	6,70	7,25	7,25	7,29	0,65	0,67	0,65	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
<b>Promedio</b>	<b>25,91</b>	<b>25,98</b>	<b>25,96</b>	<b>6,78</b>	<b>6,79</b>	<b>6,76</b>	<b>8,82</b>	<b>8,81</b>	<b>8,86</b>	<b>0,23</b>	<b>0,25</b>	<b>0,23</b>	<b>17,1</b>	<b>17,1</b>	<b>17,1</b>	<b>17,1</b>	<b>17,1</b>	<b>17,1</b>

## Anexo R. Análisis de varianza para los parámetros físico químicos

### TEMPERATURA

Fuente	Sumas de cuadrados.	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P- V
Entre grupos	0,0262167	2	0,0131083	0,01	0,9914 <sup>NS</sup>
Intra grupos	49,8919	33	1,51188		
<b>Total(Corr.)</b>	<b>49,9181</b>	<b>35</b>			

### POTENCIAL DE HIDROGENACIÓN

Fuente	Sumas de cuadrados.	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P- V
Entre grupos	0,00487222	2	0,00243611	0,06	0,9435 <sup>NS</sup>
Intra grupos	1,37922	33	0,0417944		
<b>Total(Corr.)</b>	<b>1,38409</b>	<b>35</b>			

### OXIGENO DISUELTO

Fuente	Sumas de cuadrados.	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P- V
Entre grupos	0,0170056	2	0,00850278	0,01	0,9927 <sup>NS</sup>
Intra grupos	38,065	33	1,15348		
<b>Total(Corr.)</b>	<b>38,082</b>	<b>35</b>			

### AMONIO

Fuente	Sumas de cuadrados.	Gl.	Cuadrado Medio	Cociente-F	P- V
Entre grupos	0,00281667	2	0,00140833	0,03	0,9661 <sup>NS</sup>
Intra grupos	1,34646	33	0,0408018		
<b>Total(Corr.)</b>	<b>1,34928</b>	<b>35</b>			

<sup>NS</sup> No presenta diferencia estadística significativa ( $P \leq 0,05$ )

Gl. = Grados de libertad

P-V = Valor de probabilidad de F.

## Anexo S. Registros de peso para el tratamiento 1.

Datos	Siembra	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	125	200	350	500	750	1000	1650	2150	2750	3400	3800	4100	4500
2	150	200	450	550	850	1000	1800	2250	2750	3400	4050	4200	4500
3	175	250	500	550	900	1500	1800	2400	3000	3700	4250	4600	4750
4	175	250	500	650	1250	1600	1900	2450	3000	3750	4450	4700	5150
5	200	250	550	850	1250	1850	1900	2800	3200	3750	4450	4800	5250
6	250	300	550	850	1400	2050	2100	2900	3500	4300	4700	4900	5300
7	250	350	550	950	1500	2250	2300	3250	3900	4400	4900	5150	5750
8	250	350	600	1150	1650	2400	2500	3350	4100	4700	5200	5250	5950
9	300	400	700	1200	1800	2600	2800	3750	4100	4800	5200	5650	6750
10	350	450	750	1350	1900	2750	3250	4000	4550	4850	5750	5950	7250
1	150	200	350	500	700	1250	1450	2200	2650	3100	3550	3700	4050
2	150	200	400	550	700	1300	1450	2250	2800	3300	4000	4400	4250
3	150	250	400	600	750	1300	1550	2400	2900	3750	4150	4400	4300
4	150	250	400	700	800	1350	1700	2500	3000	3800	4150	4500	4550
5	150	350	500	800	1050	1400	1750	2650	3150	3900	4150	4500	5050
6	175	400	635	1000	1300	1450	2000	2750	3400	4000	4250	4600	5550
7	175	400	650	1250	1650	1500	2300	2890	3600	4000	4750	4800	5750
8	175	450	800	1300	1950	1700	2500	3050	3700	4100	4900	5050	5750
9	250	450	1050	1650	2050	2200	2700	3100	3800	4450	5500	5800	6750
10	300	550	1150	1650	2300	3000	3000	3150	4000	4600	5600	6250	7000
1	150	200	300	400	600	900	1800	2500	2950	3500	3800	4000	4300
2	175	200	400	400	800	1150	1800	2550	3000	3550	3900	4050	4300
3	200	250	400	450	1000	1450	1800	2550	3000	3550	3950	4050	4300
4	200	250	450	500	1050	1450	1800	2600	3000	3550	3950	4100	4450
5	200	300	500	700	1100	1450	1900	2650	3000	3600	4000	4300	4650
6	250	350	550	750	1250	1500	1900	2700	3050	3600	4000	4400	4800
7	250	350	600	800	1260	1650	1900	2700	3100	3650	4150	4900	5400
8	350	350	600	950	1300	1750	2000	2750	3250	3700	4150	4900	5450
9	350	400	700	1200	1550	2150	2500	2900	3500	3750	5000	5000	5500
10	375	700	1400	2050	2750	2650	2600	3100	3650	4550	5100	5300	5550
1	150	250	450	650	750	1050	1250	2200	2750	3500	4000	4250	4450
2	150	250	450	650	800	1100	1450	2250	2800	3500	4150	4250	4500
3	150	300	500	650	950	1250	1550	2250	2850	3500	4150	4300	4600
4	150	300	550	700	1000	1350	1700	2350	3000	3600	4150	4300	4750
5	200	300	550	800	1000	1400	1850	2500	3150	3700	4200	4500	4750
6	200	350	700	800	1200	1550	2050	2800	3300	3800	4300	4600	4950
7	200	400	700	950	1350	1750	2200	2900	3400	3900	4400	4600	5000
8	250	450	800	1300	1750	2300	2250	2950	3450	4200	4450	4600	5300
9	250	500	1000	1400	1900	2400	2550	3200	3700	4250	4500	4950	5500
10	400	500	1000	1400	1900	2450	2650	3600	3800	4350	4800	5150	5600

## Anexo T. Registros de longitud para el tratamiento 1.

Datos	Siembra	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	29,00	32,50	35,50	40,50	48,50	52,00	56,50	62,00	67,50	72,50	75,00	76,00	78,50
2	29,00	33,50	38,50	42,50	49,50	52,50	57,50	63,00	69,00	73,00	75,50	77,00	79,00
3	31,00	33,50	39,00	43,00	49,50	54,50	59,00	66,50	70,00	74,00	76,00	80,00	79,00
4	31,50	33,50	40,00	43,50	50,00	56,00	61,00	67,00	71,50	74,50	78,50	81,00	81,00
5	33,50	34,50	40,00	48,50	53,50	58,00	62,00	68,00	73,50	75,00	78,50	81,00	83,00
6	35,00	36,50	41,00	49,00	55,50	59,00	62,50	68,00	74,50	78,00	81,00	83,00	84,00
7	35,00	37,50	41,50	50,00	57,50	61,50	64,00	70,50	75,00	79,00	81,50	84,00	85,00
8	36,00	37,50	42,00	52,00	57,50	62,00	64,50	72,00	77,50	80,50	82,00	86,00	87,00
9	36,50	39,50	43,50	53,50	60,50	64,50	68,00	74,50	78,50	81,50	83,00	88,00	90,00
10	37,50	41,50	43,50	55,50	61,50	66,00	69,50	76,00	80,50	83,50	84,50	88,00	90,50
1	29,00	31,00	35,00	41,50	44,90	52,50	55,50	62,00	66,00	70,50	72,00	73,50	78,00
2	29,00	32,50	36,00	42,50	45,50	53,00	56,00	63,50	67,00	71,00	73,00	75,50	78,00
3	29,00	34,00	37,00	43,00	46,00	53,00	58,00	64,00	68,00	71,50	74,00	78,50	78,50
4	29,00	34,00	37,00	44,00	48,50	53,50	58,50	65,50	69,00	72,50	74,00	79,00	78,50
5	29,50	37,00	39,00	45,50	52,00	55,50	60,50	65,50	71,00	72,50	78,50	79,00	82,50
6	31,00	37,00	43,00	49,50	54,00	56,00	63,00	65,50	71,50	72,50	79,00	81,50	84,50
7	31,50	38,50	43,50	54,00	59,50	56,50	65,00	68,00	73,00	74,50	80,00	83,50	84,50
8	32,00	39,50	46,00	54,00	62,50	59,50	66,00	70,00	74,00	76,50	82,00	84,00	85,50
9	35,00	40,00	49,00	57,00	63,50	60,50	66,50	70,50	75,00	77,50	82,50	84,50	92,50
10	36,00	42,00	49,50	58,00	65,50	70,00	71,00	73,00	75,50	85,50	87,00	88,50	94,50
1	31,00	32,50	35,00	40,00	44,50	50,00	61,00	63,00	69,00	72,00	75,00	73,50	78,00
2	31,00	33,50	38,00	41,00	48,00	53,00	61,50	64,50	69,50	72,00	75,00	77,00	78,50
3	31,30	34,00	38,00	42,50	49,00	55,50	62,00	65,50	69,50	73,00	75,00	77,50	79,50
4	33,00	34,50	40,00	42,50	51,00	57,00	63,00	65,50	70,00	73,00	76,00	78,50	79,50
5	33,50	35,50	40,50	45,50	52,00	57,50	64,00	67,00	70,00	73,50	76,00	78,50	79,50
6	34,00	38,00	42,00	48,50	53,00	59,00	64,00	67,00	70,50	74,00	77,00	80,50	80,00
7	35,00	38,00	43,50	48,50	54,00	60,00	64,00	67,50	71,00	75,00	79,00	82,50	80,50
8	37,50	38,50	44,00	48,50	54,50	60,50	65,00	67,50	72,50	75,00	79,00	83,00	81,50
9	37,50	40,00	45,50	51,50	59,00	64,50	67,00	70,50	73,00	76,00	80,00	84,00	86,50
10	38,50	46,50	56,00	62,00	66,00	67,00	68,50	72,50	75,50	77,00	82,00	84,00	88,50
1	29,50	35,00	41,50	44,50	45,50	50,50	58,50	64,50	69,50	71,00	72,00	76,00	78,00
2	29,50	35,50	41,50	44,50	45,50	51,50	59,00	65,50	69,50	72,00	73,00	76,00	79,50
3	30,50	35,50	41,50	45,00	48,00	53,00	63,50	66,50	70,50	73,00	77,00	79,00	81,00
4	31,00	37,00	42,00	46,00	48,00	54,00	63,50	67,00	71,50	73,00	78,00	79,50	81,00
5	31,50	37,50	43,00	48,50	50,00	55,50	66,00	67,50	71,50	73,00	78,00	80,00	81,50
6	32,00	38,00	44,50	48,50	53,50	58,00	66,50	69,50	72,00	75,00	78,00	80,00	81,50
7	33,50	39,00	46,00	50,00	55,00	60,00	67,50	70,50	72,50	75,00	79,00	83,00	84,00
8	33,50	40,50	48,00	54,00	59,00	64,00	68,00	72,50	73,50	76,00	78,00	84,00	85,00
9	35,00	41,50	49,00	56,00	60,00	65,50	69,50	73,50	74,00	80,00	81,00	85,00	87,00
10	40,50	43,00	51,00	56,00	61,00	65,50	70,50	77,00	75,50	85,00	86,00	87,00	87,00

## Anexo U. Registro de peso del tratamiento 2.

Datos	Siembra	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	75	250	350	450	500	650	1050	1750	2000	2300	2900	3100	3700
2	75	250	350	550	550	700	1100	1750	2050	2600	2900	3200	3750
3	75	250	350	550	700	900	1200	1800	2100	2600	3000	3250	3850
4	100	300	400	600	750	1000	1250	1800	2200	2650	3000	3300	3900
5	100	300	450	650	800	1100	1250	1800	2300	2650	3050	3350	3950
6	100	300	450	750	1000	1300	1500	1850	2350	2750	3150	3450	3950
7	150	300	550	800	1100	1400	1700	2250	2800	3200	3500	3500	4050
8	175	300	550	800	1100	1500	1750	2500	3000	3500	3650	3800	4250
9	200	300	600	850	1200	1650	2000	2500	3000	3550	3800	3900	4350
10	250	300	650	950	1250	1650	2000	2500	3050	3550	3850	4300	4550
11	300	350	900	1400	2750	3450	3750	2900	3250	3600	4000	4300	4750
12	50	150	300	500	700	850	1000	1250	1900	2050	2400	2650	3100
13	100	250	400	550	750	900	1000	1300	2000	2050	2500	2800	3150
14	125	250	400	600	800	900	1150	1500	2100	2300	2500	3200	3500
15	150	250	450	650	800	1000	1250	1700	2350	2500	2750	3200	3750
16	150	300	500	750	1000	1050	1250	2000	2450	2900	3000	3600	4150
17	175	300	550	800	1100	1500	1650	2200	2550	3100	3300	3850	4350
18	200	300	600	850	1250	1500	1750	2250	2700	3250	3750	4100	4600
19	200	350	650	900	1400	1800	1900	2270	2700	3550	4000	4300	4750
20	225	350	650	1000	1400	1850	2200	2850	3000	4000	4450	4600	5000
21	225	350	700	1000	1400	1900	2250	2850	3250	4100	4500	4850	5200
22	300	450	750	1000	1450	2000	2500	2950	3300	4150	4600	4900	5400
23	75	150	350	550	800	950	1100	1300	1750	2150	2500	2750	3150
24	125	150	350	600	850	1000	1250	1350	1750	2200	2600	2800	3300
25	125	200	350	650	900	1150	1300	1500	1900	2250	2600	2850	3350
26	125	200	400	650	900	1200	1300	1650	2100	2600	2800	3050	3450
27	125	200	400	650	1000	1200	1400	2200	2700	3100	3400	3750	4050
28	125	250	450	700	1150	1350	1500	2250	2750	3100	3500	3850	4150
29	150	300	450	750	1150	1450	1700	2350	2850	3500	3750	4050	4500
30	150	300	450	750	1200	1600	1950	2600	3100	3650	4000	4200	4750
31	150	300	550	850	1300	1650	2100	2650	3100	3750	4000	4500	5050
32	150	350	550	900	1350	1800	2200	2650	3250	3750	4100	4500	5150
33	150	500	750	950	1500	2000	2300	2750	3250	3800	4250	4650	5250
34	75	150	200	350	500	600	900	1250	1500	2000	2300	2600	3050
35	75	150	300	400	600	750	1000	1300	1750	2050	2350	2700	3150
36	100	200	350	450	700	950	1250	1650	2250	2800	3350	3850	4350
37	100	200	400	700	850	1100	1350	1900	2500	3150	3650	4000	4600
38	100	250	400	700	900	1250	1600	2200	2750	3300	3750	4100	4600
39	100	250	450	750	950	1450	1750	2250	2900	3300	3750	4150	4600
40	100	300	500	850	1150	1550	1900	2500	2900	3500	3800	4100	4650
41	100	300	550	850	1250	1600	2100	2650	3150	3600	3950	4400	4800
42	150	300	550	900	1500	1900	2150	2750	3200	3950	4200	4650	4850
43	150	300	600	900	2150	2400	3200	3700	4250	4600	4800	5050	5100
44	150	350	650	1350	2400	2800	3400	3800	4500	5000	5400	5650	6000

## Anexo V. Registro de longitud para el tratamiento 2.

Datos	Siembra	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	24,50	31,50	35,50	38,50	40,50	45,00	50,50	56,00	60,00	64,00	67,50	71,50	74,00
2	25,50	32,00	35,50	41,00	43,50	46,00	53,50	60,00	63,00	65,00	69,50	72,50	75,00
3	26,00	33,50	38,50	41,50	45,00	48,50	54,00	60,00	64,00	65,50	71,00	73,50	77,00
4	26,50	34,00	38,50	43,50	46,50	50,50	56,00	60,50	64,50	67,00	72,00	74,00	77,00
5	27,00	34,00	39,00	44,00	47,00	52,00	57,00	61,00	65,00	68,50	72,00	74,50	77,50
6	28,50	34,00	39,50	46,50	50,00	52,50	57,50	61,50	65,00	69,00	74,00	75,50	77,50
7	30,50	34,00	42,00	46,50	51,00	54,00	60,00	66,00	68,00	71,00	75,00	78,50	77,50
8	30,70	34,00	42,00	47,00	51,00	56,00	61,00	67,00	70,00	71,00	75,50	78,50	80,00
9	32,60	34,50	43,00	47,50	54,00	56,50	62,50	67,00	71,00	73,50	76,00	79,00	80,00
10	35,00	35,00	44,50	48,00	55,50	58,00	63,00	68,00	72,00	74,50	76,00	80,50	82,00
11	36,00	35,50	49,00	55,50	60,50	67,00	73,00	77,00	80,00	81,50	82,50	84,50	86,00
12	23,50	29,00	34,50	40,50	43,50	48,00	51,50	53,00	60,50	62,50	65,50	68,50	72,50
13	25,60	32,00	38,00	42,50	45,50	48,50	52,50	54,50	63,00	63,00	67,50	69,00	73,00
14	27,70	33,00	38,50	43,00	46,50	49,50	55,00	59,50	64,50	65,50	68,50	70,00	74,50
15	29,40	34,00	39,50	45,50	47,00	50,00	55,50	61,50	64,50	66,00	72,00	75,50	78,00
16	30,50	34,50	40,00	47,00	49,00	52,00	57,00	63,50	65,00	69,00	74,50	76,00	79,50
17	31,00	34,50	41,50	47,00	51,00	56,00	58,00	65,00	66,00	70,00	75,00	76,00	80,00
18	32,50	35,00	42,50	48,00	52,00	56,50	60,50	65,50	67,00	72,00	75,00	77,00	82,50
19	32,50	35,50	42,50	48,50	54,50	61,00	64,50	68,00	67,50	74,50	77,50	79,00	82,50
20	32,50	36,50	44,00	50,00	55,00	61,50	65,50	69,00	74,00	75,00	78,50	79,50	83,00
21	33,00	37,00	45,00	50,00	55,00	61,50	66,00	70,50	75,00	77,00	80,00	82,00	84,00
22	35,80	39,50	46,00	50,50	55,50	61,50	67,50	71,00	75,50	81,00	84,50	85,50	88,50
23	25,50	27,50	35,50	41,50	45,50	49,00	52,00	57,00	60,00	64,50	67,00	70,50	74,00
24	28,00	29,50	36,50	43,00	46,00	51,00	53,00	58,00	62,50	66,00	68,00	72,00	74,50
25	28,50	30,50	37,00	43,50	46,00	51,00	55,00	59,00	63,00	66,00	68,50	73,00	75,00
26	28,50	32,00	38,50	43,50	47,00	51,00	55,50	59,50	64,00	66,50	72,00	74,00	76,50
27	28,50	33,00	39,00	44,50	50,00	51,50	57,00	61,00	67,00	70,00	73,50	76,00	77,50
28	29,00	35,00	39,50	45,00	51,00	54,50	58,00	63,50	68,50	74,00	76,00	76,00	78,00
29	29,00	35,30	40,00	45,00	51,50	56,50	59,00	65,00	69,00	75,00	77,00	80,00	83,00
30	29,20	36,00	40,50	46,00	52,50	57,50	62,50	67,00	72,00	76,00	78,00	81,00	83,50
31	29,50	36,50	42,00	48,00	53,50	58,50	64,00	68,50	72,50	76,00	79,00	82,00	85,00
32	29,50	37,00	43,00	48,00	54,00	61,50	65,50	70,00	73,00	77,00	81,50	86,00	88,00
33	31,50	40,00	46,00	48,50	56,00	62,00	67,00	71,00	75,00	78,50	82,00	87,00	89,50
34	24,00	29,00	33,00	35,00	42,50	46,00	50,50	54,00	59,00	61,00	64,50	65,00	66,50
35	26,00	30,00	34,50	38,00	43,00	49,50	53,00	54,50	60,00	63,00	68,00	68,50	70,00
36	27,50	30,50	35,50	39,50	44,00	51,00	56,00	59,50	64,00	67,00	69,50	70,00	71,50
37	28,00	30,50	38,50	44,50	47,00	53,00	57,50	60,00	66,00	69,50	73,50	74,00	77,00
38	28,00	32,50	39,00	45,00	47,50	53,50	59,50	62,00	67,00	71,00	74,50	75,00	78,00
39	28,50	34,00	39,50	45,00	52,00	54,50	60,00	63,00	69,50	72,50	77,00	77,50	80,00
40	28,50	35,00	41,50	45,50	54,00	58,00	61,50	66,00	70,00	73,00	78,50	78,00	80,50
41	28,50	35,00	42,50	46,00	54,00	58,50	63,50	67,00	71,00	74,00	79,00	79,00	80,50
42	29,00	35,00	43,00	48,50	54,50	61,00	65,00	67,50	72,00	76,50	79,00	80,00	82,50
43	29,50	35,50	43,50	49,00	55,50	64,50	70,00	74,50	78,00	81,00	82,50	83,00	83,00
44	30,50	35,50	44,00	51,00	56,50	65,00	70,50	76,00	80,00	82,50	86,00	86,00	87,00

### Anexo W. Registros de peso del tratamiento 3.

Datos	Siembra	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	125,00	200,00	450,00	700,00	900,00	1200,00	1650,00	2000,00	2550,00	3100,00	3500,00	3900,00	4450,00
2	200,00	350,00	750,00	1100,00	1300,00	1550,00	1850,00	2200,00	2800,00	3300,00	3750,00	4300,00	4850,00
3	250,00	400,00	800,00	1200,00	1400,00	1700,00	2100,00	2600,00	3050,00	3600,00	4100,00	4400,00	5000,00
4	250,00	400,00	850,00	1250,00	1500,00	1750,00	2150,00	2900,00	3600,00	4150,00	4700,00	5250,00	5750,00
5	275,00	450,00	850,00	1300,00	1800,00	2100,00	2650,00	3100,00	3850,00	4400,00	4950,00	5300,00	5900,00
6	278,00	500,00	900,00	1400,00	1900,00	2250,00	2750,00	3250,00	3950,00	4550,00	5000,00	5600,00	6050,00
7	300,00	500,00	950,00	1450,00	2000,00	2600,00	3150,00	3750,00	4500,00	5050,00	5550,00	6000,00	6650,00
8	450,00	650,00	1000,00	1600,00	2100,00	2850,00	3500,00	4100,00	4900,00	5450,00	5900,00	6500,00	7100,00
9	50,00	200,00	400,00	700,00	1150,00	1400,00	1650,00	2000,00	2800,00	3150,00	3300,00	3750,00	4350,00
10	100,00	250,00	500,00	800,00	1200,00	1350,00	1750,00	2200,00	2950,00	3400,00	3700,00	4500,00	5100,00
11	125,00	250,00	550,00	900,00	1350,00	1450,00	1900,00	2450,00	3250,00	3800,00	4100,00	4600,00	5250,00
12	150,00	300,00	600,00	1000,00	1350,00	1600,00	2150,00	2850,00	3450,00	4000,00	4450,00	4800,00	5250,00
13	150,00	300,00	650,00	1050,00	1600,00	2200,00	2900,00	3600,00	4300,00	4800,00	5200,00	5600,00	6300,00
14	150,00	350,00	750,00	1450,00	1700,00	2250,00	2900,00	3600,00	4300,00	4900,00	5300,00	5650,00	6300,00
15	250,00	400,00	1000,00	1500,00	2000,00	2550,00	3100,00	3750,00	4450,00	5000,00	5600,00	6300,00	7000,00
16	250,00	450,00	1200,00	1800,00	2100,00	2750,00	3450,00	3950,00	4650,00	5450,00	6200,00	6950,00	7350,00
17	100,00	200,00	350,00	800,00	1000,00	1200,00	1750,00	2250,00	2900,00	3350,00	3800,00	4300,00	4850,00
18	100,00	200,00	350,00	800,00	1000,00	1300,00	1750,00	2400,00	3100,00	3750,00	4000,00	4500,00	4950,00
19	100,00	250,00	450,00	1000,00	1300,00	1500,00	2100,00	2650,00	3250,00	3750,00	4100,00	4750,00	5250,00
20	100,00	300,00	500,00	1000,00	1200,00	1650,00	2250,00	2800,00	3400,00	3800,00	4250,00	5100,00	5500,00
21	150,00	300,00	650,00	1000,00	1400,00	1750,00	2250,00	2850,00	3450,00	4000,00	4500,00	5300,00	5850,00
22	175,00	350,00	700,00	1000,00	1600,00	1900,00	2400,00	3000,00	3650,00	4200,00	4750,00	5300,00	5900,00
23	200,00	450,00	800,00	1700,00	2000,00	2300,00	2700,00	3250,00	4200,00	5000,00	5600,00	5900,00	6550,00
24	300,00	500,00	1100,00	1750,00	2300,00	2800,00	3750,00	4250,00	5000,00	5500,00	6000,00	6550,00	7000,00
25	50,00	200,00	350,00	650,00	950,00	1250,00	1550,00	1950,00	2600,00	3250,00	3550,00	3950,00	4500,00
26	60,00	200,00	350,00	650,00	1000,00	1300,00	1750,00	2150,00	2800,00	3300,00	3600,00	4100,00	4650,00
27	75,00	200,00	400,00	750,00	1200,00	1500,00	1950,00	2350,00	3000,00	3500,00	3900,00	4400,00	4950,00
28	75,00	250,00	450,00	800,00	1200,00	1550,00	2000,00	2450,00	3050,00	3650,00	3950,00	4450,00	4950,00
29	75,00	250,00	450,00	850,00	1300,00	1600,00	2100,00	2650,00	3300,00	3900,00	4150,00	4650,00	5000,00
30	100,00	250,00	500,00	900,00	1300,00	1650,00	2100,00	2700,00	3400,00	4000,00	4350,00	4850,00	5450,00
31	100,00	300,00	550,00	950,00	1400,00	1700,00	2200,00	2950,00	3800,00	4300,00	4500,00	4950,00	5650,00
32	100,00	300,00	600,00	1100,00	1550,00	1850,00	2300,00	2900,00	3850,00	4550,00	5050,00	5750,00	6600,00

### Anexo X. Registros de longitud del tratamiento 3.

Datos	Siembra	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	28,50	32,00	40,00	44,00	46,00	53,00	58,00	61,50	65,00	71,00	74,00	78,00	80,00
2	32,50	36,00	46,50	53,50	47,00	56,00	60,50	64,00	69,00	73,00	76,00	79,00	81,50
3	35,00	38,00	46,50	54,00	53,50	58,00	62,00	67,00	70,50	73,00	78,00	81,50	86,00
4	35,00	38,00	48,00	54,50	54,50	59,00	63,00	70,00	74,00	77,50	82,50	84,00	88,00
5	35,50	39,00	48,00	54,50	56,00	59,50	66,00	71,00	76,00	79,00	84,00	86,00	88,50
6	35,70	41,00	49,00	54,50	60,00	63,00	67,50	72,00	77,00	80,00	84,50	86,00	89,00
7	36,00	41,50	49,50	55,00	61,50	66,00	72,50	75,00	79,50	82,50	85,00	87,00	90,00
8	40,50	44,50	50,00	58,00	62,50	68,00	73,00	77,00	81,50	84,50	86,50	89,00	92,00
9	23,50	31,00	37,50	44,50	51,50	54,00	57,50	61,00	65,00	70,00	74,50	78,00	80,00
10	28,50	32,50	41,00	45,50	52,00	55,50	60,00	64,00	66,00	71,00	75,00	82,00	84,00
11	29,00	32,50	41,50	48,50	54,00	56,00	61,00	65,50	69,00	74,50	79,00	82,00	84,50
12	30,50	33,50	43,50	48,50	55,00	64,50	63,00	69,50	72,00	78,00	81,50	85,50	87,00
13	30,50	36,00	44,00	49,50	58,50	64,50	68,00	74,00	76,00	79,50	83,00	86,50	88,50
14	31,50	36,00	46,00	54,50	58,50	66,00	69,00	75,50	77,00	82,00	83,00	87,00	90,00
15	34,00	37,50	50,00	58,50	62,00	67,50	72,60	76,50	79,00	83,50	85,00	88,00	91,00
16	34,50	40,00	52,00	59,50	63,00	67,50	73,00	77,00	81,00	86,00	88,50	90,50	94,00
17	26,50	29,50	36,50	45,50	48,00	52,00	61,00	65,00	69,50	75,50	78,00	78,00	81,50
18	27,50	30,50	38,50	46,00	49,00	57,00	62,00	66,00	71,00	77,00	78,50	79,00	83,50
19	28,50	33,00	40,50	48,50	53,00	57,50	62,50	67,50	72,00	77,00	81,00	82,00	85,50
20	28,50	35,00	41,00	48,50	53,50	59,50	63,00	69,00	73,50	78,50	83,00	83,00	87,00
21	30,00	36,00	43,00	49,50	55,00	59,50	65,00	70,00	74,00	79,00	83,00	86,00	89,50
22	32,50	37,00	47,00	49,50	57,00	61,50	66,50	70,00	74,00	80,00	84,50	86,50	90,00
23	32,50	39,50	47,00	58,50	62,00	65,00	68,50	73,50	78,50	82,00	85,00	87,00	91,50
24	36,50	40,50	51,00	59,00	64,00	67,50	74,00	78,00	82,00	86,00	89,00	90,00	93,50
25	22,50	32,00	36,50	41,50	48,50	53,50	57,00	61,50	67,50	73,50	76,00	80,00	83,50
26	24,00	32,00	37,00	41,50	50,00	55,50	61,00	64,50	69,00	74,00	77,00	81,00	85,00
27	24,50	33,00	37,50	44,50	52,00	57,50	61,00	68,00	72,00	76,00	78,00	82,50	87,00
28	26,00	33,00	39,50	45,00	52,50	58,00	61,50	68,50	72,50	76,00	78,50	83,00	89,50
29	26,00	34,00	40,00	47,50	53,50	58,50	61,50	69,00	73,00	76,00	80,00	85,00	89,50
30	26,50	34,00	41,50	48,00	54,00	58,50	62,00	70,00	75,50	77,00	82,00	86,50	90,00
31	26,50	35,00	42,50	48,50	55,50	59,00	63,50	71,50	76,00	77,00	84,00	87,00	91,00
32	27,50	46,00	43,00	55,00	58,00	61,50	66,00	71,50	77,00	78,00	84,50	87,50	92,50

## Anexo Y. Registro de rendimiento en canal de 3 especies comerciales y pirarucú.

Especie	Sábalo ( <i>Brycon melanopterus</i> )									
	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%
Pez con vísceras Eviscerado (Rendimiento en canal)	1585,20	100	1581,90	100	1580,50	100	1584,20	100	1582,85	100
Vísceras	1390,50	87,71	1387,95	87,74	1386,71	87,74	1389,84	87,73	1388,96	87,75
Cabeza	194,70	12,28	193,95	12,26	193,79	12,26	194,36	12,27	193,89	12,25
<b>Promedio</b>	199,50	12,58	199,20	12,59	197,95	12,52	198,12	12,51	198,99	12,57
<b>1582,93</b>										

Especie	Cachama ( <i>Piaractus brachypomus</i> )									
	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%
Pez con vísceras Eviscerado (Rendimiento en canal)	1517,50	100	1520,30	100	1522,30	100	1520,80	100	1523,80	100
Vísceras	1261,20	83,11	1262,30	83,03	1264,12	83,04	1262,60	83,02	1264,90	83,01
Cabeza	256,30	16,89	258,00	16,97	258,18	16,96	258,20	16,98	258,90	16,99
<b>Promedio</b>	232,50	15,32	235,00	15,46	230,45	15,14	233,45	15,35	231,52	15,19
<b>1520,94</b>										

Especie	Tilapia ( <i>Oreochromis sp</i> )									
	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%
Pez con vísceras Eviscerado (Rendimiento en canal)	536,50	100	540,12	100	541,67	100	543,98	100	540,89	100
Vísceras	475,50	88,63	477,49	88,40	478,80	88,39	479,99	88,24	478,95	88,55
Cabeza	61,00	11,37	62,63	11,60	62,87	11,61	63,99	11,76	61,94	11,45
<b>Promedio</b>	139,50	26,00	139,50	25,83	139,89	25,83	141,12	25,94	138,79	25,66
<b>540,63</b>										

Especie	Pirarucú ( <i>Arapaima gigas</i> )									
	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%
Pez con vísceras Eviscerado (Rendimiento en canal)	3750,00	100	3790,00	100	4000,00	100	3800,00	100	3900,00	100
Vísceras	3467,00	92,45	3500,00	92,35	3694,65	92,37	3510,78	92,39	3609,22	92,54
Cabeza	283,00	7,55	290,00	7,65	305,35	7,63	289,22	7,61	290,78	7,46
<b>Promedio</b>	396,50	10,57	400,13	10,56	402,67	10,07	399,78	10,52	408,56	10,48
<b>3848</b>										