

Para fines bibliográficos, este documento deberá ser citado como:

WICKI, G., 2003 “CULTIVO Y PRODUCCION DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*): INCIDENCIA DE DOS DIETAS DE DIFERENTE COMPOSICION Y DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA, EN SISTEMA DE CULTIVO SEMI-INTENSIVO

Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires – Tesis de Magíster Scientia, 82 p.

CAPITULO I

INTRODUCCION GENERAL

CULTIVO DEL PACU: ASPECTOS GENERALES Y ESTADO DEL CONOCIMIENTO.

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos bajo condiciones controladas o semicontroladas (Stickney, 1994). La actividad abarca los cultivos de animales y vegetales tanto en aguas continentales (dulces y salobres), como marinas.

Los productos de la acuicultura contribuyen actualmente en cantidad muy importante a la producción pesquera mundial de peces. Los registros de la FAO (2001) muestran una producción total de 39,43 millones de toneladas originadas en la actividad de cultivo, lo que corresponde a un 31,1% de la producción pesquera total (incluyendo todos los seres vivos pescados). La actividad a nivel mundial, exhibe una tasa de crecimiento anual del 11%, superior a las mostradas por la ganadería (3,1%) y las pesquerías marinas (0,8%) según FAO, 2001.

La especie *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) es un pez serrasálmido con cuerpo de contorno casi orbicular, perfil dorsal curvado y abdomen aserrado en la línea media preventral y postventral (Ringuelet et al., 1961) (Foto 1.1). A diferencia de *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), especie afín, perteneciente a la misma familia Characidae, carece de dientes maxilares y posee en promedio 38 branquiespinas en el primer arco branquial, mientras que el género *Colossoma* presenta entre 84 y 107, lo que le permite una mayor capacidad de filtración de microorganismos (Machado, 1980). La dentición mandibular es de tipo molariforme, especializada para cortar y moler los alimentos, presentando un tubo digestivo relativamente largo, lo que revela en conjunto un hábito alimentario de tipo frutívoro (frutas y semillas), herbívoro por excelencia (Pereyra de Godoy, 1975) y que puede, eventualmente tener hábito carnívoro (Ringuelet et al., 1961). Machado (1980) lo considera como un omnívoro con tendencia a hervívoro, de acuerdo a las características del tubo digestivo (esófago corto, estómago bien desarrollado, intestino largo y ciegos pilóricos en número de 37 a 40) y por su alimentación basada, en ambiente natural, en pequeños crustáceos, moluscos, peces de pequeño porte, hojas, frutas, semillas y raíces de plantas flotantes.

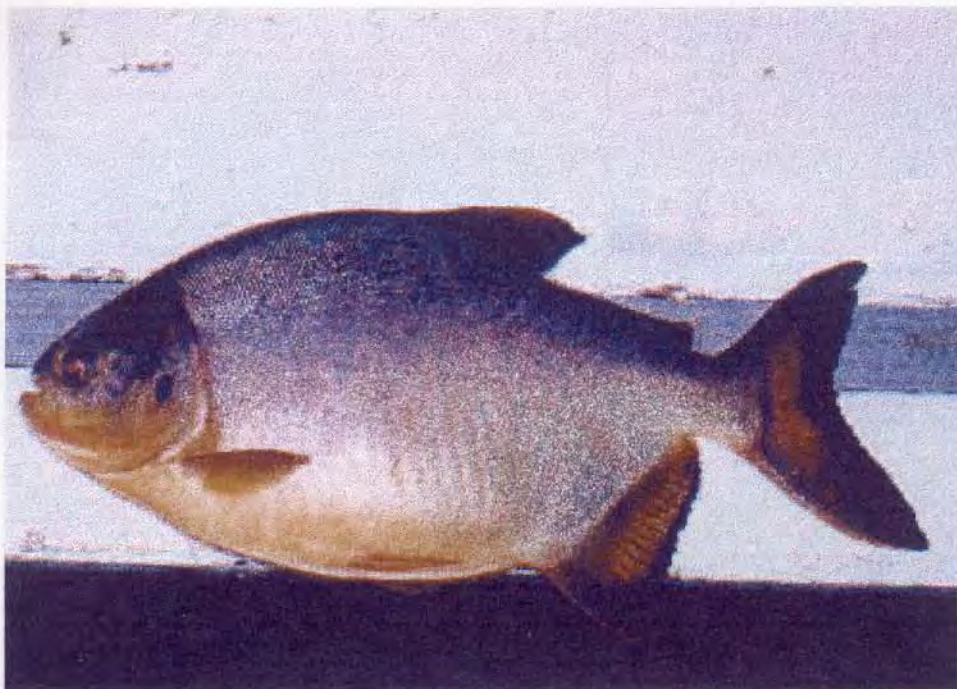


Foto 1.1.: Pacú, *Piaractus mesopotamicus*, de tamaño comercial (1.200 g)

Su distribución geográfica es amplia, encontrándose en la Cuenca del Plata, ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y río de la Plata, así como tributarios (Ringuelet, op cit). Fue introducido en el alto Paraná, en los ríos Grande y Moggi Guassu del Estado de San Pablo, con objetivo de piscicultura (Pereyra de Godoy, 1975). Actualmente se lo considera prácticamente desaparecido en el río de la Plata, bajo Paraná (por debajo de la localidad de Puerto Gaboto) y bajo Uruguay (Quirós, 1991). Este hecho se supone que es debido a los cambios producidos en la cuenca a partir de la regulación de los ríos, aumento de la contaminación y sobrepescas puntuales. Todos estos factores, han afectado a las pobla-

ciones de peces en general y en especial, a los de carácter migratorio. El pacú es una de las especies que junto al *Brycon orbygnianus* (Valenciennes, 1849), pirapitai y al *Pseudopimelodus Zungaro zungaro* (Mees, 1974), manguruyú, se han visto mayormente afectadas, habiendo disminuido su número en forma importante, dándose el caso de que las dos primeras, hayan desaparecido prácticamente del río Uruguay; mientras que, todas se reportan como muy escasas en el río Paraná, hasta aproximadamente los 30° S, en el límite superior del tramo considerado como Paraná Medio. El resultado, es que actualmente sus pesquerías han declinado sensiblemente mostrando además, pesos promedios que rondan los 3 kg/pieza, en la alta cuenca (Puerto de Corrientes y otros), constituyendo una excepción, la obtención esporádica de grandes piezas, antiguamente considerada importante (Luchini , 2002).

Saint Paul en 1991, consideró que para el caso de los géneros *Piaractus* y *Colossoma*, sus especies podrían contribuir significativamente a la producción acuícola en Latinoamérica, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales. Ello es debido en gran parte, a las excelentes tasas de crecimiento mostradas, a la posibilidad de alimentación con pelets compuestos por insumos de bajos costos y a su tolerancia a bajos tenores

de oxígeno disuelto en el agua. La FAO registró en 1999 una producción total para todas estas especies (cultivos de Colombia, Brasil y Venezuela) de 19.392 ton.

Debido a que las especies de los géneros *Colossoma* y *Piaractus* poseen espinas intramusculares (en i griega) que resultan francamente molestas para los consumidores al tratarse de tallas menores (Peralta & Teichert-Coddington, 1989), el productor deberá forzosamente alcanzar piezas mayores a 1,2 kg, con la finalidad de colocar un producto apetecible en el mercado de consumo argentino.

Durante los primeros seis meses del año 2001 se comercializaron, principalmente en la mesopotamia, 100 toneladas de pacú de tamaño igual o superior a 1200 g., provenientes de un establecimiento situado en Apóstoles, Misiones (SAGPyA, 2001).

Actualmente, se determinaron cerca de 300 toneladas en producción en sistemas de cultivo extensivo y semi-intensivo. La comercialización del producto proveniente de dos establecimientos situados en Misiones y Formosa, en forma eviscerado y congelado; se está realizando principalmente en supermercados, inclusive en la ciudad de Buenos Aires (Luchini & Wicki, 2002).

Las primeras experiencias en Argentina para el desarrollo de las

tecnologías referidas a su cultivo, se iniciaron en la Provincia de Corrientes alrededor de 1990 (Jacobó et al., 1992 y Fortuny, 1992) . Los ensayos llevados a cabo por Jacobó et al. (1992) y posteriormente por Roux & Bechara (1998) en las provincias de Corrientes y Santa Fe, informaron sobre los siguientes crecimientos. En el primer trabajo se obtuvieron ejemplares de 846 y 1.085 g al cabo de 431 días de cultivo, a densidades de 0,64 y 0,98 ind/m² . En el segundo, pesos de 700 y 900 g (en 365 días de cultivo), a densidades de 0,8 y 1 ind/m². Estas experiencias fueron realizadas en sistema de cultivo semiintensivo, manteniéndose la temperatura media del agua en torno a los 24°C. Otros ensayos experimentales, realizados en diferentes zonas de Brasil por Ferraz de Lima et al., 1992, Mendonca et al., 1988 (en la zona de San Pablo) y Silva et al., 1997, (en el nordeste, Estado de Ceará), mostraron pesos finales de 615 g luego de 80 días de cultivo (con peces de 375g promedio a la siembra) y con temperatura media de 24,6°C en el primer caso; peso promedio final de 340 g durante 140 días de cultivo (peces de 140 g sembrados a una densidad de 1 pez/m² y temperatura media de 26°C) para el segundo caso. Por último, Silva et al., lograron pesos promedios de 656 y 978 g durante 372 días de cultivo, a densidades de 1,0 y 0,5 ind /m², respectivamente. Es importante destacar que en ninguna de estas experiencias

se alcanzó el peso final con que es comercializado actualmente en nuestro país, superior a los 1.200 g.

Con respecto a las raciones alimentarias utilizadas en todos los casos analizados, las mismas presentaron gran variación en cuanto a los insumos empleados y sus contenidos proteicos. Mientras Jacobo et al (1992) utilizó en su ensayo, alimento peletizado comercial para caninos con un contenido del 25% de proteína bruta, Roux & Bechara (1998) emplearon un peletizado elaborado a base de expeler de soja, harinas de carne y maíz, con agregado de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales y un contenido de 31% de proteína bruta. En Brasil, Ferraz de Lima et al. (1992) utilizaron residuos frutihortícolas (vegetales y legumbres) de granjas sumados a vísceras de pollo y harina de maíz. En tanto que, Mendonca et al. (1988) y Silva et al. (1997), emplearon dietas con un contenido de 26 y 22% de proteína bruta, respectivamente. Wicki et al. (1998), para una experiencia de fase de pre-engorde realizada en jaulas suspendidas en estanques, utilizaron una ración peletizada con contenido de 35% de proteína bruta. La composición general de esta última resultó la misma que la utilizada como control en las experiencias realizadas durante el presente trabajo. Merola (1988) comparó también dietas de diferente tenor proteico, trabajando en jaulas suspendidas coloca-

das en un embalse.

En lo referente a las metodologías de cultivo utilizadas por los diferentes autores, se observa que en la experiencia realizada por Jacobo et al.(1992), se empleó la metodología de “preengorde y engorde”, mientras que Roux & Bechara(1998) utilizaron el denominado “engorde directo” (sin fase de pre-engorde). Para el caso de los primeros autores, la fase inicial de pre-engorde tuvo una duración de 55 días , con peces de 3 g promedio al inicio, siendo las densidades empleadas, de 1,96 y 3 ind /m², y los pesos finales, de 60 y 65 g con sobrevividas del 72 y 68,5%, respectivamente. Posteriormente, Wicki et al. (1998), para cultivo de pre-engorde en jaulas de bajo volumen y alta producción, a una densidad de 300 ind/m², obtuvieron pesos finales promedio de 80 g en un ciclo que abarcó 105 días , con una sobrevivida del 100%. En la fase correspondiente al pre-engorde y según las investigaciones de Bernardino & Ferrari (1989) y Bechara et al. (1997) el alimento natural existente en los estanques de cultivo (compuesto por organismos de las comunidades bentónicas y planctónicas) es considerado de suma importancia, ya que además de contribuir en un importante porcentaje a la alimentación total de los juveniles, presenta un alto tenor proteico y calórico (Hepher, 1993); aunque su cantidad disminuye a medida que la biomasa de peces aumenta. Este

hecho ha sido comprobado también para otros peces y esta técnica posibilita la disminución de los costos en la primera etapa de cultivo.

HIPOTESIS Y OBJETIVO

Para el desarrollo de la investigación realizada en la presente tesis, se formularon las siguientes hipótesis:

- La densidad de cultivo está inversamente relacionada al tamaño final de las piezas a obtener a las cosechas.
- La calidad del alimento ración ofrecido está directamente relacionada al tamaño de los peces a la cosecha y a la producción total obtenida.

A los fines de comprobar las hipótesis enunciadas, se plantearon los siguientes objetivos:

- determinar la densidad de cultivo óptima, desarrollando un método de manejo apropiado de los cultivos en estanques;
- determinar la necesidad de efectuar un ciclo de pre-engor-

de, previo al engorde final;

- diseñar y elaborar una dieta para la fase referida al engorde, reduciendo el contenido del insumo harina de pescado (ausente en el norte del país), cumplimentando los requerimientos nutricionales conocidos hasta ahora para la especie;
- confrontar los resultados a obtener a través del manejo propuesto, con los obtenidos mediante una dieta control, actualmente en uso en el país para cultivo comercial de la especie.

Las experiencias desarrolladas en la presente tesis para lograr los objetivos propuestos, marcan un punto de partida en el ajuste de las tecnologías de cultivo de esta especie en Argentina. Dada la disparidad observada tanto en las modalidades de cultivo empleadas (según la bibliografía consultada) y los diversos tipos de raciones alimentarias utilizadas; unido al hecho de que los estudios analizados, fueron realizados en diferentes regiones geográficas. Estos hechos no solo dificultan la comparación entre los resultados existentes, sino que en ocasiones, los mismos son de escasa aplicación para cultivos comerciales.

MATERIALES Y METODOS

En este punto se exponen en forma general, los materiales y métodos empleados considerados comunes a todos los capítulos en que se divide el presente trabajo de tesis.

Las experiencias fueron llevadas a cabo en el Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), situado en clima subtropical, en la región del Noreste argentino, (27° 32' S y 58° 30' W) ubicado en el Departamento de Santa Ana, provincia de Corrientes.

Para la realización de las experiencias, se utilizaron 36 estanques excavados en suelo arcilloso, con superficies que variaron entre los 300 y 500 m² por estanque (Foto 1.2).

Cada uno de los tratamientos aplicados, fue realizado con tres réplicas . El tiempo de cultivo abarcó 16 meses en total (desde fines de 1999 hasta fines de abril del 2001). El sistema de cultivo empleado fue el conocido en acuicultura de aguas cálidas como semi-intensivo, sin recambio de agua.

Los estanques se sometieron, previo a la siembra, y por una única vez, a un tratamiento de fertilización. Para ello se utilizó abono orgánico proveniente de una granja avícola (gallinas ponedoras), a una tasa de

aplicación de 400 kg/ha y abono inorgánico (mezcla de urea y superfosfato triple) de 1,5 y 5 kg/ha, respectivamente (según Boyd, 1998). No se procedió a un encalado previo, por tratarse de unidades de primer uso en cultivo y de suelos no ácidos.



Foto 1.2.: Estancos excavados en tierra, CENADAC (Corrientes).

Para evitar el crecimiento posterior de vegetación sumergida ya existente en las unidades, se sembraron inicialmente carpas herbívoras adultas de la especie *Ctenopharingodon idella* (Valenciennes, 1844), con un rango de peso inicial entre 500 a 1.000 g, a una densidad de 150 ind/ha, las que brindaron una excelente respuesta, controlando satisfactoria-

mente la vegetación durante el período que abarcó la experiencia.

El agua de abastecimiento provino de extracción de pozo profundo, con las siguientes características generales : 7,9 de pH, 9,1 mg/L como CO_3Ca de alcalinidad total, 8,6 mg/L de dureza total como CO_3Ca y 2,85 ppm de oxígeno disuelto (OD) a la salida de la estación de bombeo. Al no existir recambio de agua, se completaron los niveles solamente a los efectos de compensación de pérdidas por evaporación y posibles filtraciones.

Las variables físicas y químicas, correspondientes a temperaturas, OD y pH, fueron obtenidos diariamente a primera hora de la mañana y por la tarde, antes del ofrecimiento de la última ración alimentaria. Los resultados de esta última medición (caso del OD y temperatura), determinaron el ofrecimiento de alimento durante el período estival, en la última fase del engorde final. Tanto la temperatura como el OD fueron medidos con una sonda limnológica YSI, modelo 55, mientras que las mediciones de pH, se obtuvieron por medio de un pHmetro HACH, modelo EC-10.

El análisis estadístico se efectuó sobre una única base de datos obtenida durante la presente experiencia. Se realizó aplicando análisis de varianza, con comparación última de las medias por test de Duncan y contrastes entre experiencias según las necesidades e interacciones entre

métodos, alimentos y densidades de cultivo, de acuerdo a Hintze (1998).

Las experiencias se desarrollaron considerando que para obtener una mayor talla comercial, la densidad de siembra deberá ser menor; a modo tal de regular la tasa promedio del crecimiento en los peces (Hepher y Pruginin, 1985).

Con el objetivo de estimar el tiempo requerido para que los peces alcanzaran la talla comercial, se compararon dos métodos de cultivo: 1) con fase de pre-engorde y engorde; 2) engorde directo. Se utilizaron dos raciones alimentarias denominadas: (a) control y (b) experimental. En ambos casos se utilizaron tres diferentes densidades de cultivo durante la fase de engorde final: A- 1,0 ; B- 0,5 y C- 0,3 individuo por m². Durante la fase de pre-engorde la densidad utilizada fue de 5 ind/m². Finalizada esta fase, se procedió a dividir a los animales en grupos que pasaron a la siguiente fase de engorde final; trabajándose esta última a las tres densidades determinadas, hasta la conclusión de las experiencias. En el tratamiento efectuado con fase de “engorde directo”, los pequeños peces fueron sembrados a las mismas densidades ya mencionadas (0,3 ; 0,5 ; y 1 ind/m²); manteniéndose estas condiciones hasta las cosechas finales. En todos los casos, se sembró por única vez al inicio de la experiencia, un

plus del 20 % de individuos para compensar la mortalidad natural estimada.

CAPITULO 2:

EFEECTO DE LA DENSIDAD DE CULTIVO SOBRE EL CRECIMIENTO DEL PACU.

INTRODUCCION

Las diferentes especies de peces responden a diversas formas de cultivo. Algunos animales muestran agresividad a bajas densidades y menor nivel de la misma, a medida que la densidad aumenta; mientras que otras especies pueden exhibir niveles crecientes de agresión o canibalismo, a medida que se aumenta la densidad (Stickney, 1994). El bagre del canal, la trucha y otras muchas especies pueden coexistir aún a condiciones de alto almacenamiento, aunque con otras especies sucede lo contrario. Las especies agresivas o caníbales son posibles de ser cultivadas, aunque la sobrevivencia a menudo no es buena comparada con aquellas especies que tienen compatibilidad social, derivando en ocasiones en una forma de estrés que aumenta las probabilidades de enfermeda-

des epizoóticas (Stickney, op cit).

En cultivo de peces de aguas cálidas, la densidad de siembra estará relacionada al sistema de cultivo empleado (intensivo o semiintensivo) y a la especie cultivada; disminuyendo el peso de los peces, la utilización de alimento y la sobrevivencia a medida que la densidad aumenta (Piper et al., 1986). Al respecto, Haskell (1955) postuló que la capacidad de carga está limitada por el consumo de oxígeno y la acumulación de productos metabólicos; los cuales son proporcionales a la cantidad de alimento consumido.

Si bien existe una relación directa entre la densidad de cultivo, el consumo de oxígeno y la producción de desechos metabólicos, Piper et al. (1986) informan que la reducción de la densidad se traduce en una mejor calidad de los peces; aún cuando no existan causas aparentes de estrés medio ambiental en la condición original de amontonamiento.

Hepher (1993) reporta que a mayor cantidad de biomasa en un estanque (debida a mayor densidad o a mayores pesos individuales); es mayor el requerimiento de oxígeno, al igual que la acumulación de catabolitos excretados por los peces (en especial amoníaco), que siendo tóxicos inhiben el crecimiento.

Aunque el cultivo de pacú fue iniciado experimentalmente en Argentina, a principios de la década del '90 y posteriormente se continuó

durante 1997 y 1998, ya existían numerosos antecedentes, con resultados obtenidos en monocultivo de estudios realizados en Brasil entre 1988 y 1998 por varios autores. Los datos que muestra la bibliografía son dispares en cuanto a crecimiento, mostrando diferencias entre 656 g y 1.085 g para cultivos realizados a densidad de 1 ind/m² (Silva et al., 1997; Jacobo et al., 1992) y entre estos valores extremos se observa un abanico de crecimientos a diferentes densidades. Asimismo, se observan resultados en donde densidades mayores producen pesos individuales mayores (Jacobo et al., op cit; Roux & Bechara, 1998; sin llegar a ser significativas); mientras que otros muestran lo contrario (Silva et al., 1997).

Este hecho, sumado a que las experiencias se realizaron a diferentes latitudes, con alimentos y métodos de cultivo diversos y en diferentes años calendario, hace difícil la comparación entre los resultados analizados.

El peso final obtenido en las citadas experiencias se encuentra por debajo del que actualmente es comercializada la especie en Argentina, peso mínimo que fuera corroborado en una encuesta realizada por Wicki et al. (2001), siguiendo una línea de restaurantes que abarcó desde Formosa al norte, hasta Paraná-Rosario al sur (que incluyó además a la ciudad de Buenos Aires) y en la que se obtuvieron los primeros datos referidos a su potencial en consumo. La encuesta, se acompañó con piezas de pacú

superiores a 1,2 kilos (Foto 2.1), provenientes de cultivo. De los resultados obtenidos, fueron extraídas las siguientes conclusiones principales:

- a) el 75% de los restaurantes encuestados, ofrecen u ofrecerían a sus clientes esta especie, ya que ella es demandada;
- b) las casas de comida, accederían a pagar hasta 4 - 4,5 \$/kg en piezas de tamaño similar al encuestado, o más grandes.
- c) el peso de las piezas a servir, se estima en 1,2 kg como mínimo.



Foto 2.1.: Muestras de pacú de tamaño comercial utilizadas en la encuesta (Wicki et al., 2001)

MATERIALES Y METODOS:

Las densidades iniciales programadas en los tratamientos diseñados para el engorde, fueron las ya mencionadas previamente de: A- 1,0; B- 0,5 y C- 0,3 individuos /m². La densidad D resultó de las altas mortalidades producidas inicialmente en los estanques sembrados a las densidades originales. El alimento utilizado correspondió a dos dietas que fueron formuladas de manera isoproteica e isocalórica con 35% de proteína cruda y 3360 kcal/kg, detallándose las mismas en el capítulo 3. Los insumos utilizados fueron harina de pescado, de carne, de soja, de maíz, de trigo, afrecho de arroz y aceite de soja, junto a una mezcla de vitaminas y minerales adecuados. A excepción de la harina de pescado, el resto de los insumos se encuentran generalmente disponibles en la región del noreste argentino (NEA).

En cuanto a la alimentación (Foto 2.2), la misma fue ofrecida en forma diaria, manualmente y al voleo, con aplicación dentro del último tercio de los estanques (en las cercanías del desagüe). Al inicio y desde el mes de Diciembre a Marzo del año 2000, se ofreció la ración correspondiente en 3 horarios diarios, a las 10.00, 14.00 y 19.00 horas. Posteriormente, durante el período comprendido entre el mes de Abril y Mayo

siguiente, se disminuyó a dos veces/día a las 13.00 y 17.00 horas. Finalmente, durante el invierno, se efectuó un solo ofrecimiento semanal a las 17.00 horas (mes de Junio hasta fines de Agosto). Desde inicios del mes de Septiembre del 2000, se retomó la alimentación con dos ofrecimientos diarios, a las 11.00 y 16.00 horas; mientras que a partir del mes de Noviembre y hasta la finalización del cultivo, se ofreció una sola toma diaria a partir de las 16.00 horas. Respecto de la tasa de alimento ofrecido, la misma varió entre un 10 % del peso corporal al inicio del cultivo, disminuyendo hasta el 4 % al mes de Marzo del 2000 y a un 2 % en Octubre del mismo año; regulándose posteriormente en 45 kg/ha/día, al registrarse bajos contenidos de oxígeno disuelto al amanecer. Debido a este hecho no se alcanzó el valor máximo de 80 kg/ha/día dado por Bernardino et al (1998) para sistemas similares. Durante la etapa invernal, no se ofreció alimento a temperaturas existentes por debajo de los 20°C y en el período correspondiente al estío, se suspendió la alimentación según lectura de OD, menor a 2 mg/L y temperaturas del agua, por encima de los 35°C. La cantidad de alimento ofrecida diariamente se registró en base de datos para el posterior cálculo del factor de conversión relativo (Tabla 3.1 anexo). El peso promedio de los peces, al inicio de la experiencia, fue de 0,25 gramos y provenían de la empresa Isla-Pé



Foto 2.2.: Alimentación de pacú.



Foto 2.3.: Serie de rutina de muestreo, redada en estanque de 300 m², pesaje colectivo y pesaje y medición individual.

(provincia de Formosa), dentro de la misma región subtropical.

Durante el transcurso de las experiencias, fueron efectuados muestreos con una periodicidad aproximada de 30 días (por medio de red de arrastre con copo, Foto 2.3) sobre un 10% de cada población bajo cultivo, obteniéndose así, los pesos promedios correspondientes a los lotes submuestreados. De este modo se siguió la evolución del crecimiento y se efectuaron las correcciones correspondientes a la regulación de la ración alimentaria ofrecida, en función de la biomasa estimada periódicamente.

Debido al comportamiento que presenta el pacú de formar cardumen comunmente se captura una alta proporción del total de la población en la primera redada. Durante todos los muestreos efectuados se realizó el conteo de los peces capturados en la primera redada, esta tarea que en la mayoría de los estanques mostró una captura superior al 50 %, en ocasiones alcanzando el 100 % de la población, permitió controlar que la cantidad de animales sembrados correspondiera a la densidad asignada. Este control que no es determinante, mostro a partir del segundo muestreo (28/02/2000) y posteriormente durante todo el ciclo, las irregularidades de seis estanques de cultivo, que se confirmaron a la cosecha final determinando la densidad D.

A los 495 días de cultivo (final de las experiencias), se procedió a la cosecha total de los ejemplares por redadas sucesivas y drenaje total de las unidades de cultivo. Asimismo, fueron determinadas las sobrevidas obtenidas y las producciones resultantes, estimándose el factor de conversión relativa (alimento ofrecido/ganancia en peso) y la tasa específica de crecimiento ($G = (\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) \times 100 / \text{tiempo}$) expresada en porcentaje de crecimiento por día, para cada unidad a la densidad establecida o bien, la determinada a la cosecha final (caso D).

RESULTADOS Y DISCUSION

VARIABLES AMBIENTALES

En las Figuras 2.1 y 2.2, se presentan los datos obtenidos sobre calidad de agua (temperatura y OD) a través del ciclo total de cultivo. Los promedios de temperaturas máximas y mínimas fueron de 31°C y 14°C (Figura 2.1). La temperatura más baja (7°C) determinó una mortalidad despreciable de peces, que no fueron repuestos.

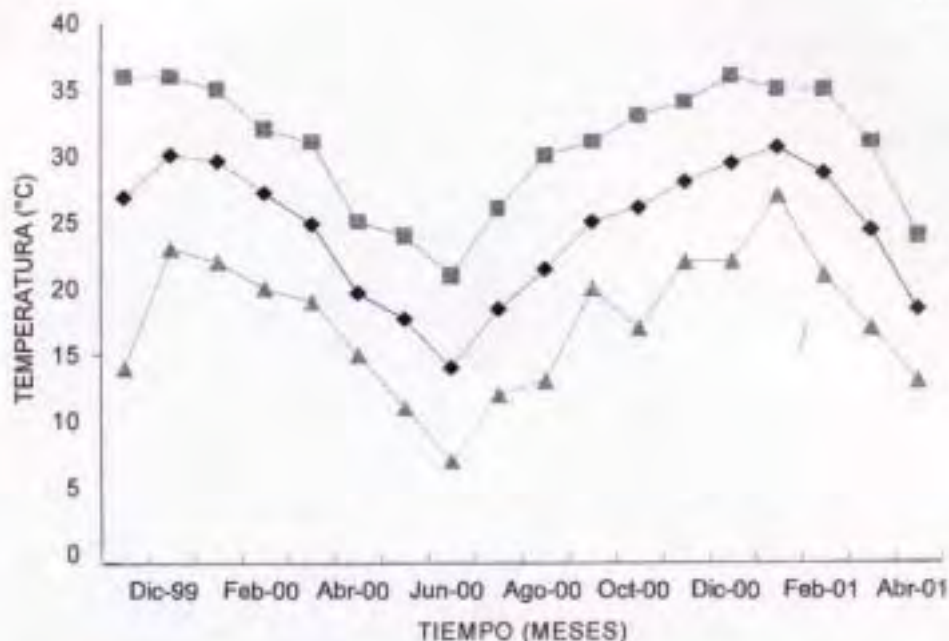


Figura 2.1: Temperaturas promedio, máximas y mínimas extremas en función del tiempo (período Diciembre 1999 – Abril 2001). Cultivo de *Piaractus mesopotamicus*. Mediante ■ se indican las temperaturas máximas, ▲ las temperaturas mínimas y ◆ el promedio entre ambas.

Las lecturas de OD (Figura 2.2), se mantuvieron mayores que 3ppm durante todo el ciclo de cultivo, salvo durante el segundo verano en el que se registraron valores extremos a primera hora de la mañana (<1ppm) por efecto de las altas temperaturas y las altas biomásas de peces existentes en los estanques, así como sobresaturación vespertina debida a sobrecarga de algas. En un único caso aislado, se produjo una mortalidad del 80%, debido a una brusca disminución del OD durante la noche, por cuanto se descartó este estanque en el análisis final, que se realizó así, sobre un total de 35 unidades. Las lecturas de pH mostraron valores que

fluctuaron entre 6,6 y 8,0, con muy poca variación tanto diaria como estacional.

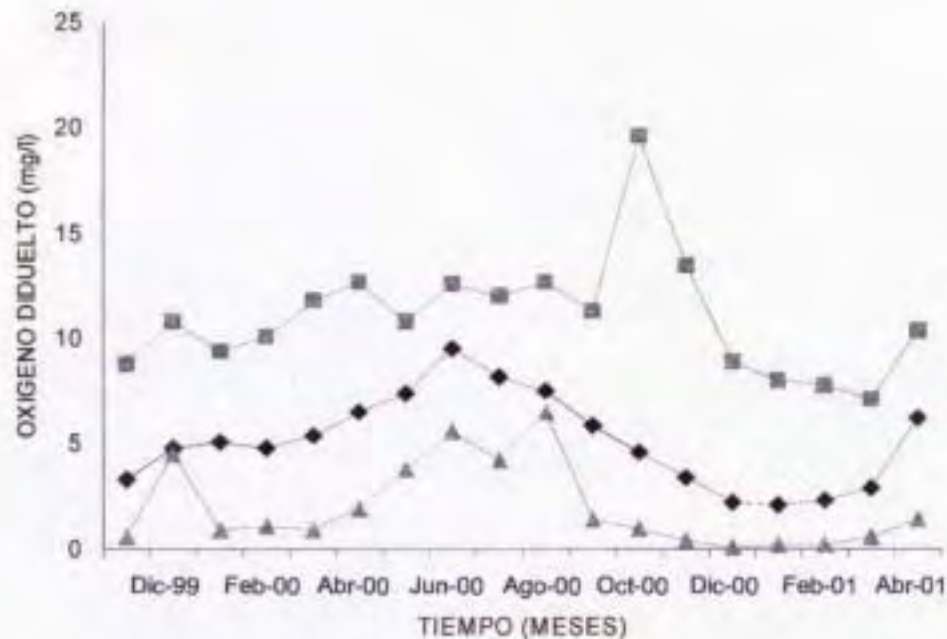


Figura 2.2: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L), obtenido a los horarios de lecturas en todos los estanques (Diciembre 1999 - Abril 2001). Cultivo de *Piaractus mesopotamicus*. Los valores máximos obtenidos se indican mediante ■, ▲ los mínimos y ◆ el promedio entre ambos.

Resultados obtenidos en las experiencias de crecimiento

El peso final medio del pacú bajo cultivo, se muestra en la Figura 2.3, para todas las densidades empleadas y resultantes (A, B, C y D), que se detallan más abajo. En la Tabla 2.1, figuran los datos finales promediados, para todos los ítems registrados y referidos al crecimen-

to. La densidad D, resultó de la alta mortalidad registrada en 6 de los estanques sometidos a igual tratamiento, como se explica en el párrafo correspondiente.

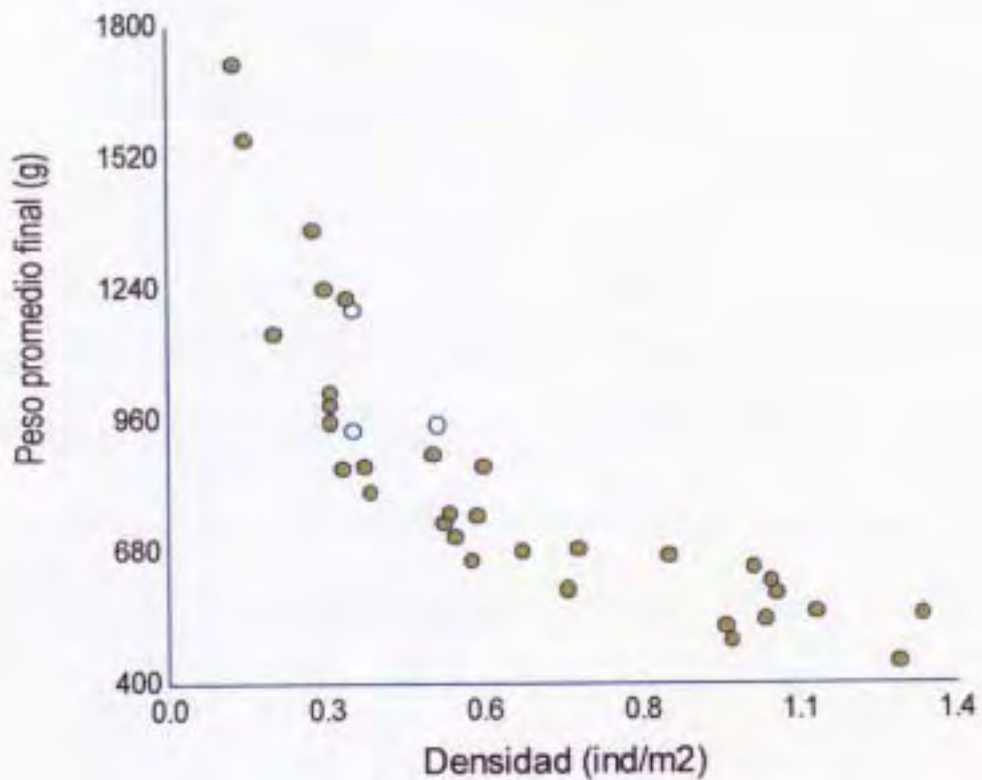


Figura 2.3: Peso promedio final de *Piaractus mesopotamicus* en cultivo a diferentes densidades.

A.- Densidad de 1 ind./m²: se computaron los datos procedentes de 10 estanques de 300 y 500 m², de los 12 sembrados inicialmente a esa densidad. El peso final promedio obtenido fue de 560,2 g (rango de 443,3 a 672,7 g). El Factor de Conversión Relativo (FCR) promedio se situó en

to. La densidad D, resultó de la alta mortalidad registrada en 6 de los estanques sometidos a igual tratamiento, como se explica en el párrafo correspondiente.

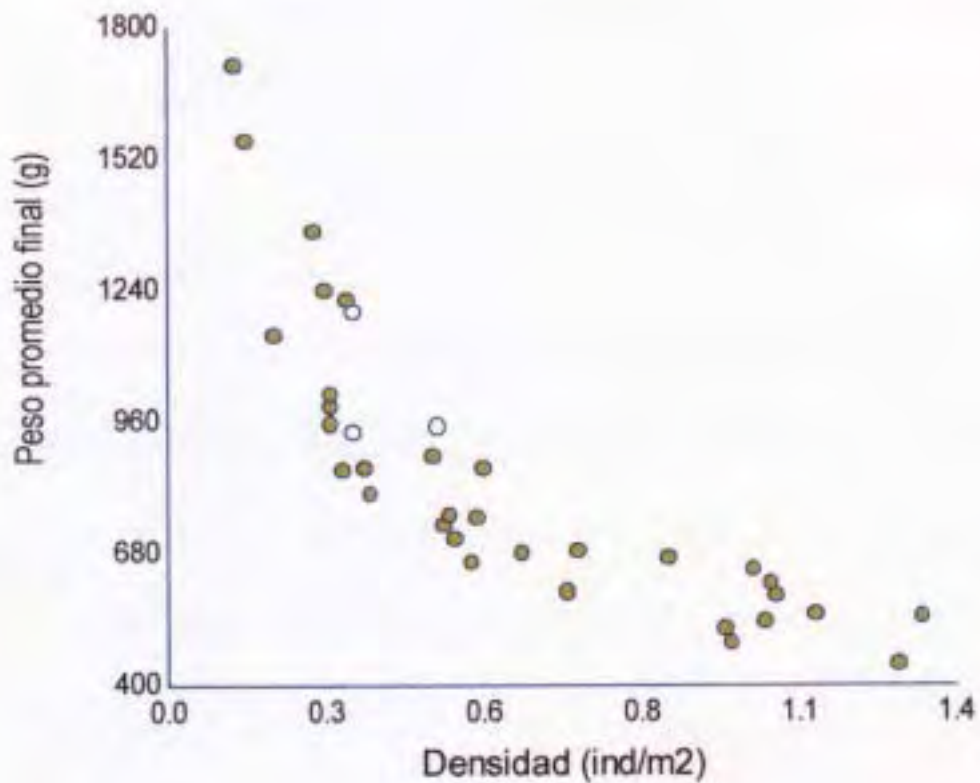


Figura 2.3: Peso promedio final de *Piaractus mesopotamicus* en cultivo a diferentes densidades.

A.- Densidad de 1 ind./m²: se computaron los datos procedentes de 10 estanques de 300 y 500 m², de los 12 sembrados inicialmente a esa densidad. El peso final promedio obtenido fue de 560,2 g (rango de 443,3 a 672,7 g). El Factor de Conversión Relativo (FCR) promedio se situó en

1,45 (rango de 1,30 a 1,66).

B.- Densidad de 0,5 ind./m²: se computaron los resultados provenientes de 11 estanques de 300 y 500 m², de los 12 inicialmente sembrados a esa densidad. El peso promedio final obtenido fue de 753,7 g (rango de 597,3 a 950,3 g). El FCR promedio resultante se situó en 1,56 (rango de 1,40 a 1,78).

C.- Densidad de 0,3 ind./m²: se computaron los resultados obtenidos de 8 estanques, de 300 y 500 m², de los 12 sembrados inicialmente a esa densidad. El peso final promedio obtenido correspondió a 953,0 g (rango de 807,9 a 1.195, 2 g). El FCR promedio resultante fue de 1,75 (rango de 2,03 a 1,45).

D.- Densidad menor a 0,3 ind./m²: se analizaron los resultados provenientes de 6 estanques de 300 y 500 m² en los cuales los ejemplares que fueran sembrados inicialmente a las densidades de 1; 0,5 y 0,3 ind/m², sufrieron mortalidades iniciales altas. Este hecho se debió probablemente al efecto de predación por aves; quedando posteriormente (a las cosechas finales), a densidades ubicadas en promedio final a 0,21 ind/m² (rango

de 0,3 a 0,12 ind./m²). Durante todo el ciclo de cultivo se produjo una sobreoferta de alimento, la que se reflejó en los FCR individuales resultantes. El peso promedio obtenido a la finalización de estas experiencias fue de 1.374,2 g (rango de 1.142 a 1.720,2 g). El FCR promedio obtenido correspondió a 2,70 (rango de 2,02 a 4,10).

Estadísticamente, se encontraron diferencias significativas entre los pesos promedios de las densidades empleadas (A, B, C; $P < 0,05$ en detalle en Tabla 2.1 del anexo); mientras que la comparación de las medias por aplicación del test de Duncan, mostró diferencias significativas entre cada par de densidades analizadas. La densidad D ($< 0,3$ ind/m²) se analizó separadamente resultando significativa la diferencia de peso tanto a la finalización de invierno (Octubre), como a la cosecha final (Tabla 2.2 anexo).

El incremento promedio del peso diario abarcó un rango desde 1,13 g/día (densidad de 1 ind./m²) a 2,77 g/día (densidad $<$ de 0,3 ind./m²) y la tasa promedio de conversión alimentaria relativa (FCR) varió entre 1,45 y 1,75 para las densidades establecidas de A, B y C; mientras que mostró ser pobre (2,70), para los 6 estanques (densidad D) que

fueron sobrealimentados por efecto de la alta mortalidad constatada a la cosecha final.

Densidad	A (1 ind/m ²)	B (0,5ind/m ²)	C (0,3ind/m ²)	D (<0,3ind/m ²)
Peso inicial promedio (g)	0,25	0,25	0,25	0,25
Peso final Promedio (g)	560,2	753,7	953,0	1.374,2
Días cultivo	495	495	495	495
Cantidad estanques	10	11	8	6
Ganancia promedio (g)	559,8	753,5	952,8	1.374,0
Incremento peso (g/día) promedio	1,13	1,52	1,92	2,77
Tasa específica de crecimiento promedio ⁽¹⁾	1,56	1,62	1,66	1,74
Tasa alimentaria inicial (%)	10	10	10	10
Tasa alimentaria promedio final (%) ⁽²⁾	1,15	1,15	1,15	1,15
FCR promedio ⁽³⁾	1,45	1,56	1,75	2,70
Sobrevida (%)	97,5	99,7	99,1	43,8
Producción promedio (kg/ha)	6.071	4.170	3.027	2.890

⁽¹⁾ Tasa Específica de Crecimiento (G) = (In PF - In Pi) x 100 / t = %/día

⁽²⁾ Promedios determinados a la cosecha para cada densidad. Rango 0,75 - 1,5 %

⁽³⁾ Factor de Conversión Relativa (FCR) = Alimento ofrecido/Ganancia promedio en peso. Calculado en detalle en Tabla 3.1 anexo.

Tabla 2.1: Variables determinadas para crecimiento de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) en cultivo, a las densidades A, B, C y D (Nov.1999-Abril 2001).

La tasa específica de crecimiento (Hepher, 1993), tomada como

promedio para cada uno de los grupos establecidos en los estanques, según densidades, fue menor para la mayor densidad, aumentando en promedio desde 1,56 hasta 1,74, a medida que disminuyeron las densidades; siguiendo el esquema del incremento promedio del peso diario. A similares lapsos de cultivo, las tasas específicas de crecimiento obtenidas durante los presentes experimentos, fueron superiores a las de otros autores (Tabla 2.3).

En lo referido a las producciones finales estimadas (kg/ha), se presentaron diferencias significativas entre A y B que además fueron las mayores obtenidas, con peces de menor talla; mientras que ambas se diferenciaron significativamente ($P < 0,05$) de C y D, que no mostraron diferencias entre sí (Tabla 2.3 anexo). La última densidad considerada (D) compensó con mayores pesos individuales, de tal forma que se obtuvo prácticamente, igual producción que en C (2.890 vs 3.027 kg/ha). De la misma Tabla 2.3, se desprende que los FCR obtenidos en el presente estudio, resultaron superiores a los de otros autores analizados, a excepción del correspondiente a la densidad D, por efecto de la sobreoferta de alimento mencionada con anterioridad.

Referido al crecimiento y sobre el análisis de las curvas obtenidas (Figura 2.4) se pueden diferenciar tres fases bien definidas: una de cre-

cimiento prolongado, que abarca desde el inicio del cultivo hasta el ingreso a la estación invernal de bajas temperaturas, otra donde la especie muestra un estancamiento en su crecimiento, que abarca desde el mes de Abril (temperaturas medias de 25°C) hasta inclusive el mes de Septiembre (temperaturas medias de 22°C); período en el cual disminuye el incremento de peso diario (Tabla 2.2) para todas las densidades con respecto al mes anterior (Marzo – Mayo del 2000) y al mes posterior (Octubre – Noviembre del 2000). Se concuerda en este caso, con Roux & Bechara (1998) cuando señalan que la especie posee requerimientos térmicos típicos de la zona subtropical. Es importante señalar que el año 2000, fue considerado como “frío” para la región del subtrópico argentino y que algunos productores de pacú en ese mismo año (ubicados a mayor latitud), perdieron gran parte de los cultivos por efecto del agudo invierno.

Finalmente, una tercera fase, durante el período Enero – Marzo del 2001, donde se observó una disminución de los incrementos de peso diario, menos pronunciada con respecto a la invernal (Tabla 2.2). Esta se corresponde con los picos máximos de temperatura y los bajos tenores de OD registrados en los estanques de cultivo, ya en la fase de finalización del engorde, con altas cargas de peces.

Densidad	A (1 ind/m ²)	B (0.5 ind/m ²)	C (0.3 ind/m ²)	D (<0.3 ind/m ²)
IPD Mar-May	1.32	1.59	1.87	2.04
IPD May-Oct	0.43	0.34	0.48	0.66
IPD Oct-Nov	2.58	2.83	3.39	4.29
IPD Nov-Dic	3.02	3.50	3.94	4.95
IPD Dic-Ene	1.33	3.04	4.04	5.52
IPD Ene-Feb	1.07	2.22	2.97	4.21
IPD Feb-Mar	0.85	1.57	2.24	5.18
IPD Mar-Abr	2.36	3.79	5.16	4.70

Tabla 2.2: Incrementos de peso diario (IPD en g/día) para *Piaractus mesopotamicus*, cultivado a cuatro densidades diferentes (Marzo 2000 – Abril 2001).

Los pesos promedios registrados en el mes de Octubre del 2000 (Figura 2.4) no muestran diferencias entre sí a las densidades originales de 1 y 0,5 ind/m² (A: 221,8g; B: 222,8g P=0,4), diferenciándose significativamente la densidad C (C: 268 g, P=0,01). Ninguna de las densidades ha completado la carga máxima de los estanques (de acuerdo a Bernardino, et al., 1998) y los incrementos en peso diario fueron crecientes. En el mes de Febrero del 2001, los pesos promedios de las 4 densidades difieren significativamente entre sí, de acuerdo a los contrastes realizados (A: 447,7 g, B: 565,0 g, P=0,03 ; C: 692,6 g, P=0,02 ; D: 1.017,5 g, P< 0,05).

Las diferencias resultantes entre los pesos de los peces a las densidades estudiadas, se hacen mayores en los meses subsiguientes, lo que hace suponer que la densidad A se encuentra próxima a la máxima capacidad sustentable que rondaría los 500- 600 g /m², según Bernardino et al. (1998). Al momento de la cosecha final, la densidad A, mostró una carga de 607 g/m², mientras que la B, una carga de 417 g/m², ambas con incrementos de peso diario inferiores a 3 g/día; mientras que las densidades C y D con cargas de alrededor de 300 g/m², mantuvieron un incremento de peso diario entre 4,5 y 5,1 g/día (Tabla 2.2).

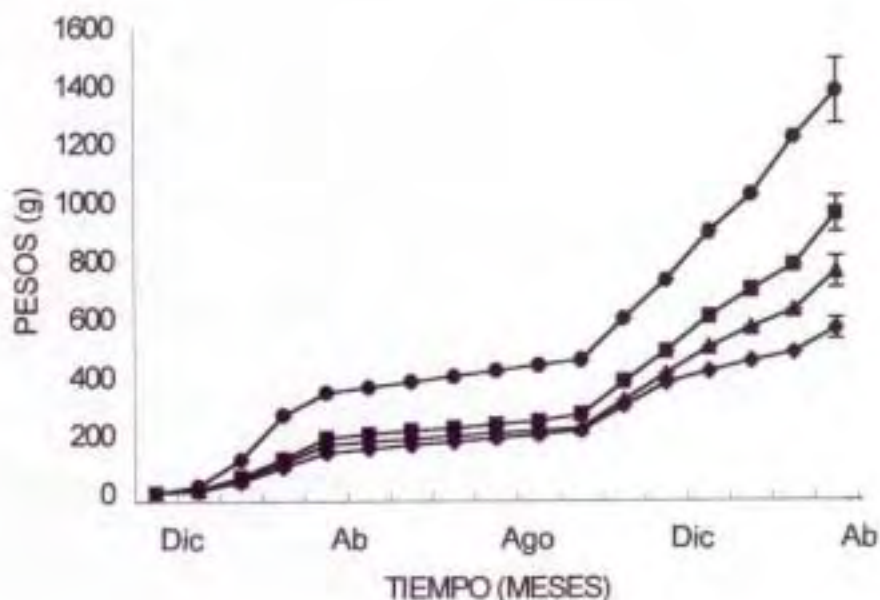


Figura 2.4: Curva de crecimiento de *Piaraactus mesopotamicus* en cultivo, a diferentes densidades de siembra (A ◆, B ▲, C ■ y D ●).

Sobrevida

Esta variable resultó alta en todas las poblaciones bajo cultivo a las densidades A, B y C (rango entre 97,5 y 99,7 %); con la excepción de la obtenida en los 6 estanques de cultivo analizados, correspondientes a la densidad final D, donde la sobrevida fue del 43,8 %. Durante todo el período de cultivo, no se registraron mortalidades significativas relacionadas a enfermedades o parasitosis. Tampoco fueron observadas otras anormalidades durante los submuestreos periódicos realizados. Esto demuestra que la especie es altamente resistente frente a las condiciones de cultivo semiintensivo y al manejo manual efectuado, hecho que la sitúa sin duda, positivamente, para proceder a su cultivo y producción a escala comercial.

A diferencia de lo obtenido por Jacobo et al. (1992) y Roux & Bechara (1998), en el presente estudio, las densidades menores resultaron en pesos mayores, indicando diferencias significativas ($P < 0,05$) entre densidades. Los resultados de este trabajo son similares a lo determinado en el estudio desarrollado por Silva et al., 1997 para Brasil (Ceará, sin estación invernal marcada), donde se analizaron dos diferentes densidades a través de un período de más de un año, con alimento de menor contenido proteico (22%). Las diferencias entre los estudios publicados,

se muestran en la Tabla 2.3, con mayor detalle.

Autores	Jacobo, W (1992)		Silva y otros (1997)		Roux y Bechara, (1998)				Este trabajo			
Densidad (ind/m ²)	0,98	0,64	1,0	0,5	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,5	0,3	0,21
P.inic(g)	3,0	3,0	27,0	33,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,25	0,25	0,25	0,25
P.final (g)	1.085	846,0	656,0	978,0	880,0	740,0	670,0	649,0	560,2	753,7	953,0	1.374,2
Días cultivo	431	431	375	375	350	350	350	350	495	495	495	495
Cantidad estanques	1	1	3	3	1	1	1	1	10	11	8	6
FCR	1,8	2,79	4,94	4,4	1,9	2,5	2,3	2,5	1,45	1,56	1,75	2,70
G ⁻¹	1,36	1,30	0,86	0,91	0,84	0,82	0,78	0,78	1,56	1,62	1,66	1,74
Produc. (kg/ha)	10.182	5.032	5.717	4.582,8	8.900	5.920	6.700	5.129	6.071	4.170	3.027	2.890

G⁻¹ Tasa específica de crecimiento

Tabla 2.3: Comparaciones entre cultivos experimentales de *Piaractus mesopotamicus*, efectuados por diferentes autores.

CONCLUSION

Se puede concluir que la especie se muestra altamente dependiente de la densidad para el caso de cultivo en sistema semi-intensivo, sin renovación permanente de agua ni aireación suplementaria. En base a los resultados obtenidos se aconseja alcanzar cargas máximas sostenibles entre 300 y 500 g/m², si se pretende lograr tallas de tamaño superiores a los 1200 gramos.

En conclusión, y en función del objetivo inicialmente planteado,

así como los resultados obtenidos en las presentes experiencias, la densidad a utilizarse para el engorde final en el caso de esta especie, deberá situarse en menos de 0,3 ind/m². Aconsejándose para el caso de producciones comerciales con destino a consumo en el subtrópico argentino (y dadas sus características climáticas particulares), las de 0,2 ind/m². Con esta técnica se obtendrán ejemplares individualmente mayores a 1,2 kg, en un ciclo de cultivo que englobe dos veranos.

CAPITULO 3

INCIDENCIA DE DOS DIETAS EXPERIMENTALES EN EL CRECIMIENTO DEL PACÚ

INTRODUCCIÓN

La producción y la rentabilidad de un cultivo de peces depende en gran parte de la cantidad y calidad del alimento suplementario proporcionado. A medida que se intensifica un sistema de cultivo, mayor es la importancia del alimento complementario y mayor será su incidencia en los costos operativos totales; pudiendo superar el 50 % de éstos (Hepher, 1993). Una alimentación escasa hace que la mayor parte del alimento se utilice para mantenimiento, mientras que por el contrario, una alimentación excesiva produce como resultado un bajo valor de aprovechamiento y desperdicio de alimento. En ambos casos la eficiencia del alimento será baja y se incrementará la conversión alimentaria. La eficiencia del aprovechamiento del alimento para crecimiento, depende de varios factores,

entre los que se pueden mencionar, tamaño del pelet, la frecuencia y horarios de alimentación; considerándose como factor principal, la composición del pelet y su compatibilidad con los requerimientos nutricionales determinados para la especie. Si la nueva dieta formulada llegara a ser deficiente en cualquier elemento esencial para el crecimiento, como un aminoácido, un ácido graso, vitaminas o minerales, se requerirá una mayor cantidad de alimento para satisfacer la necesidad del elemento deficiente (Hepher ,op cit).

Si bien se realizan cultivos comerciales de pacú en Argentina desde mediados de la década del '90 (iniciados en Brasil con anterioridad), no se conocen en detalle los componentes esenciales que cumplan con los requerimientos nutricionales de la especie (aminoácidos, ácidos grasos y otros). Las primeras experiencias de cultivo se llevaron a cabo con alimentos balanceados para caninos (Jacobo et al.,1992); para aves (Cantelmo & Souza ,1988; Silva et al.,1997) y residuos de granja (Ferraz de Lima et al , 1992). Además, fueron formuladas raciones específicas para la especie por Merola & Cantelmo (1987) y Carneiro et al. (1992). En 1993, Cantelmo estudió los requerimientos en proteínas y lípidos. Basados en estos antecedentes y con la finalidad de reducir costos , aprovechar materias primas disponibles en la zona nordeste del país y dismi-

nuir en la ración la cantidad de harina de pescado (ausente en la zona), se formuló una dieta experimental para ser comparada a otra, ya probada por Wicki et al. (1998), y de uso actual en cultivos comerciales en la provincia de Misiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para estas experiencias, se formuló una dieta que cumpliera con los requerimientos nutricionales conocidos para la especie. Los mismos fueron (para alevinos, juveniles y fase de engorde): 30, 26, 25% de proteína; 2.800-3.200; 3.000 y 2800 kcal/kg de energía; 4% de fibra y un mínimo de 8 - 5 % de lípidos, respectivamente, según Cantelmo (1993). El balance de aminoácidos esenciales se efectuó de acuerdo a los valores de tablas de niveles de nutrientes recomendados para peces omnívoros (Tacon, 1989). Estos son, en porcentajes del total del alimento: 1,51 para arginina; 0,64 para histidina; 0,98 para isoleucina; 1,79 para leucina; 0,27 para lisina; 0,67 para metionina; 0,24 para cistina; 1,02 para fenilalanina; 0,81 para tirosina; 1,13 para treonina; 0,21 para triptofano y 1,16 para valina.

Para facilitar la comparación de la dieta control con la experimen-

tal, la misma fue diseñada de tal forma que resultara isoproteica e isocalórica con el control. Para la formulación se utilizaron como indicativos los valores de tabla dados para diferentes ingredientes por Tacon (1987). La composición de las dietas fue la siguiente:

Ingredientes (%)	Alimento control	Alimento experimental
Harina pescado	32	20
Harina carne	8	11
Harina soja	20	27
Harina trigo	18	-
Harina maíz	16	10
Afrechillo arroz	-	30
Aceite soja	3	-
Vit y minerales	3	2
TOTAL	100	100
Proteína Bruta (PB)	35	35
Lípidos	6,8	7,98
Energía digestible estimada (kcal/kg)	3.355	3.360

Tabla 3.1: Composición de las dietas utilizadas durante la experiencia

La elaboración del alimento fue realizada en una primera etapa en forma artesanal, mezclándose las harinas en seco hasta homogeneizar la mezcla, a la que le fue agregada un porcentaje de agua de alrededor del 30 % del peso seco de los ingredientes; continuándose el proceso de mezclado en fase húmeda, hasta lograr la hidratación de las fibras. Finalmente, esta mezcla fue pasada por una máquina picadora eléctrica, formándose los pelets, que una vez obtenidos, fueron secados al sol en

bandejas apropiadas hasta la obtención de una humedad conveniente (<9%) para permitir su almacenamiento. En el inicio del cultivo, para la elaboración de los pelets, se utilizó un disco con orificios de 2 mm, y los pelets obtenidos fueron empleados durante toda la fase correspondiente al alevinaje. Posteriormente, fueron suplantados por pelets de 4mm y finalmente por los de 6 mm hasta la finalización de la experiencia. A partir del fin del primer invierno (año 2000) y por tratarse de cantidades considerables de alimento (al aumentar la biomasa de los peces en cultivo), la elaboración de ambas dietas fue encargada a una empresa comercial, que solamente agregó a las formulaciones originales, linosulfonato como aglutinante y BHT como antioxidante. Los análisis proximales de los alimentos fueron realizados por el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Las técnicas utilizadas en los mismos fueron: para determinación de proteínas el método de Kjeldahl, para las grasas el método de Twisselmann, en medio de extracción con éter de petróleo (35-65°C); para humedad el método de desecación en estufa a 105°C hasta peso constante, para cenizas calcinación a 600°C, y para hidratos de carbono la estimación fue realizada por diferencia.

En lo referente a la programación de la alimentación y a las tasas de ración alimentaria ofrecidas, las mismas se encuentran relatadas deta-

lladamente en el ítem Materiales y Métodos del Capítulo 2, de la presente tesis.

El análisis de los datos se realizó sobre un total de 29 estanques de cultivo, los 6 restantes (mencionados en el capítulo anterior como densidad D) no fueron considerados. Este hecho fue debido a que sufrieron altas mortalidades iniciales, en un promedio del 56,2% y en un rango que abarcó entre 41,5 y 59,0%, corroborado al final de la experiencia a la cosecha total. Esta mortalidad ocasionó una sobreoferta de alimento durante el ciclo total de cultivo. El peso promedio de estos peces a la finalización de la experiencia fue de 1.374,2 g (rango entre 1.142,0 y 1.720,2 g), mientras que el promedio de los FCR fue de 2,70 (rango entre 2,02 y 4,10). Las bajas densidades resultantes y el exceso de alimentación, demostrado por el bajo rendimiento del alimento (altos FCR), hicieron posible que se obtuviera el máximo crecimiento potencial (Hepher, 1993) para esta especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis proximales realizados, (Tabla 3.2) mostraron una diferencia en el contenido de proteínas de ambos alimentos con respecto a lo previamente formulado. Esto podría deberse a que

la formulación fue realizada en base a valores obtenidos de tablas, indicándose para la soja un 44 % de proteína. En el análisis practicado sobre este insumo, el porcentaje de proteína resultante fue del 39,9 %; mientras que por el contrario, el análisis correspondiente al afrechillo de arroz se ajustó al valor de tablas, del 11,3 % de proteína.

Tipo de Alimento	Fecha	Ø Pelet (mm)	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Ceniza (%)	Hidrato carbono (%)
Control	03-2000	2	33,6	5,4	8,9	11,7	40,4
Experim	03-2000	2	32,8	6,8	8,8	15,3	36,3
Control	11-2000	2	36,3	5,6	6,9	14,5	36,7
Experim	11-2000	2	33,1	7,7	6,0	14,0	39,2
Control	12-2000	4	34,9	7,8	6,7	15,2	35,4
Experim	12-2000	4	33,6	8,9	7,1	14,8	35,6
Control	02-2001	6	37,8	8,0	9,2	15,2	29,8
Experim	02-2001	6	35,8	7,9	11,8	11,6	32,9

Tabla 3.2: Resultados de los análisis proximales realizados a las dietas utilizadas.

Durante los 495 días que abarcó el cultivo experimental, los peces recibieron alimento en un total de 283 días. Estos no fueron alimentados los domingos, días de lluvia (16 días), temperaturas elevadas (4 días) y bajos tenores de oxígeno (8 días). De todas maneras el período de menor alimentación correspondió al invierno del 2000 (meses de Mayo a Septiembre, 150 días) durante el cual se los alimentó un total de 48 días.

Con los datos parciales obtenidos de los muestreos realizados durante ese lapso, se calcularon los factores relativos de conversión alimentaria (FCR) para el período, los que resultaron relativamente altos comparados con los finales, de un rango entre 1,79 y 11,0, concordando así con Wang (2000) cuando expresa que la tasa metabólica y la necesidad de alimento decrecen, a medida que las temperaturas del agua se alejan del rango óptimo de la especie.

Al finalizar la experiencia a los 495 días del cultivo, los FCR obtenidos resultaron en un rango de 1,30 a 1,76 (promedio de 1,47) para el alimento experimental (calculado sobre un total de 11 estanques de cultivo) y rango de 1,30 a 2,03 (promedio de 1,64) para el alimento control; obtenidos sobre un total de 18 estanques de cultivo (Tabla 3.1 anexo). Las diferencias entre ambos valores de FCR resultaron significativas ($P < 0,05$; Tabla 3.2 anexo).

El peso promedio (Figura 3.1), para los peces alimentados con la dieta experimental fue de 816,0 g con un rango que abarcó entre 545,3 y 1.195,2 g; mientras que para la dieta control el promedio fue de 696,7 g y el rango entre 443,3 y 1.018,4 g. La variación fue debida en ambos casos a las diferentes densidades empleadas (1; 0,5 y 0,3 ind/m²). Las diferencias en peso resultaron significativas ($P=0,0002$) entre los prome-

dios obtenidos con ambas dietas (tabla 2.1 anexo).

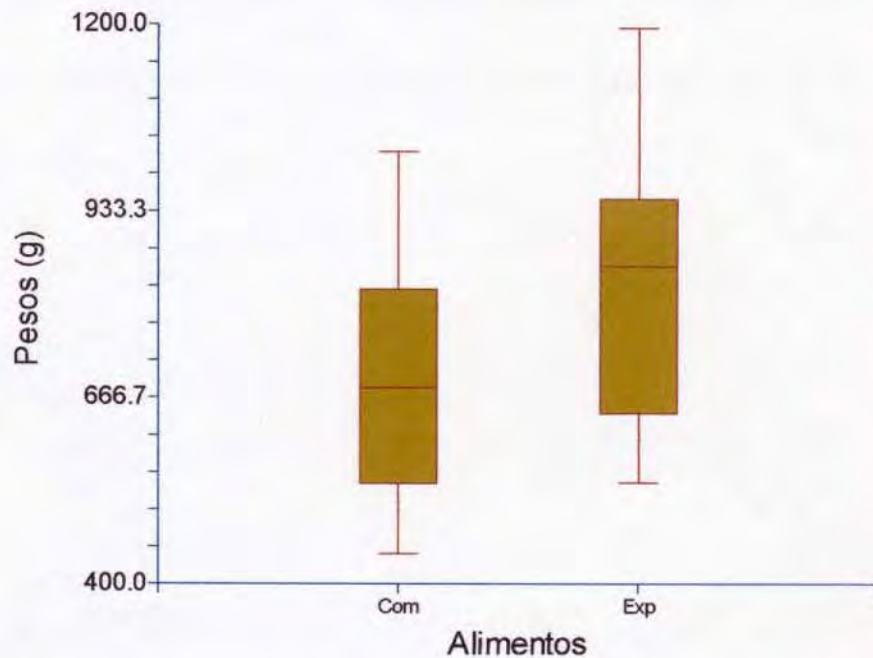


Figura 3.1: Pesos finales obtenidos con alimento comercial (Com) y experimental (Exp)

La dieta experimental mostró un mejor desempeño en cuanto a conversión alimentaria y se obtuvieron diferencias en cuanto a crecimiento. Los pesos en los dos lotes comienzan a separarse progresivamente durante el segundo verano de engorde, como se muestra en la figura 3.2. Una hipótesis (a confirmar en futuras experiencias) sería que la especie, que según Pereyra de Godoy (1975) manifiesta características hervíboras, aproveche con alta eficiencia los hidratos de carbono como fuente de energía (similarmente a lo que sucede en el caso de la carpa común,

Cyprinus carpio, de habitat alimentario omnívoro). Al respecto, Chow et al. (1980), informan de una digestibilidad del 48% de almidón en la dieta para carpa común, mientras que Degani et al. (1997) reportan una digestibilidad entre 81 y 93 % para los carbohidratos en tilapias adultas (250 –400g).

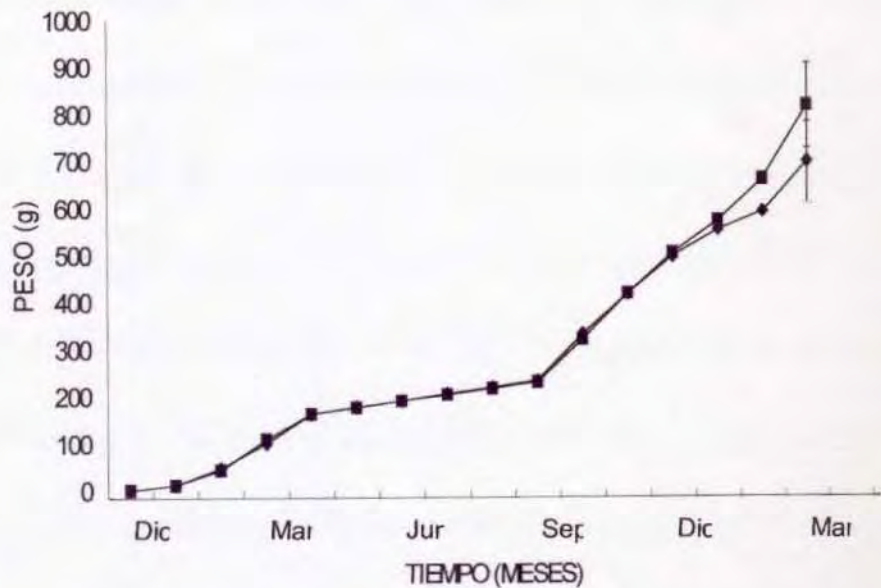


Figura 3.2: Curvas de crecimiento obtenidas para *Piaractus mesopotamicus* en el total del cultivo, comparadas entre dieta experimental ■ y control ▲.

Se tomó como patrón de “calidad de proteína” la harina de pescado, debido a su adecuado balance de aminoácidos esenciales (alta disponibilidad de lisina y metionina, deficientes en harinas de origen vegetal), alta

digestibilidad y buena palatabilidad para la mayoría de los peces (Wang, 2000). Por lo que la dieta experimental podría considerarse como de una “calidad de proteína” inferior, debido a la menor proporción de aminoácidos esenciales (como consecuencia de la disminución en la harina de pescado), ésta última parecería ser suficiente como para cumplir con los requerimientos de la especie. La mayor proporción de hidratos de carbono incluidos en la dieta experimental podría haber influido en el mejor desempeño reflejado; coincidiendo con lo expuesto por Bowen (1987) cuando sugiere que la diferencia absoluta en los requerimientos nutricionales de los peces estaría en referencia a su requerimiento en energía y no en proteína. Por su parte, Rosamond et al. (2000), señalan también (según De Silva & Anderson, 1994) que los peces herbívoros, omnívoros y carnívoros, requieren todos la misma cantidad de proteína dietaria por unidad de peso y que los peces herbívoros y omnívoros de agua dulce (como la carpa) utilizan proteínas y aceites vegetales mejor que los carnívoros; requiriendo mínimas cantidades de harina de pescado para abastecerse de los aminoácidos esenciales.

En experiencias de laboratorio con *Colossoma macropomun*, Van der Meer et al (1996) sustituyeron la harina de pescado por harina de soja como principal fuente proteica. Obteniendo los mismos pesos finales en-

tre dietas sin harina de soja y otra con 100% de inclusión. Los mismos autores encontraron que el alimento con un 40% de inclusión de harina de soja tendió a promover un mejor crecimiento (sin ser significativo) que las que incluyeron 0 y 100% de soja.

Los datos obtenidos por otros autores (Tabla 3.3), muestran FCR más altos que los obtenidos en el estudio emprendido en la presente tesis. En todos los casos analizados, fueron utilizadas dietas con menores contenidos proteicos, pudiéndose suponer que la calidad de la proteína empleada, también fuera inferior. Asimismo las experiencias de Van der Meer et al (op.cit) demuestran que el crecimiento se redujo un 50% al reducir el porcentaje de proteína del 43% al 22%, con un incremento de los FCR de 1,05 a 1,56.

Comparando los datos obtenidos en las presentes experiencias (FCR promedio experimental de 1,47 y FCR promedio control de 1,64) y salvando las diferencias en cuanto a clima, métodos de cultivo, etc., se puede observar que la eficiencia del alimento disminuye, a medida que disminuye el tenor proteico.

Autor	Proteína (%)	FCR	Días cultivo	P inicial (g)	P final (g)
Roux y Bechara (1998)	31	2,3	350	1,0	734,7
Jacobo et al (1992)	25	2,29	431	3,0	965,5
Silva et al (1997)	22	4,67	375	30,0	817,0
Bernardino y Ferrari (1989)	22	2,47	365	11,4	624,0

Tabla 3.3: Dietas con diferentes contenidos de proteína bruta y eficiencia alimentaria utilizadas por diversos autores.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, puede afirmarse que es posible suplantarse la harina de pescado en las cantidades utilizadas por otras fuentes alternativas de proteínas. Esto se podría lograr utilizando una calidad de proteína menor (de origen vegetal u animal) que permitiría disminuir el costo del alimento y ajustar futuras dietas a los requerimientos nutricionales de la especie. Para este fin se necesitaría obtener un mayor conocimiento biológico referido a las adaptaciones digestivas de la especie en cuestión, tanto respecto del requerimiento mínimo de harina de pescado (Van der Meer, et al., 1996, Rosamond, et al., 2000) como al probable aprovechamiento de los hidratos de carbono como fuente de

energía observado en carpas y tilapias (Chow et al.,1980; Degani et al.,1997).

CAPÍTULO 4:

INCIDENCIA DEL METODO DE PREENGORDE Y ENGORDE Y METODO DE ENGORDE DIRECTO EN EL CRECIMIENTO DEL PACÚ

INTRODUCCION

En piscicultura comercial se trabaja normalmente con dos fases de cultivo: pre-engorde y engorde. En la fase de pre-engorde los “alevinos” se confinan en estanques de menor superficie que aquellos destinados al engorde final y denominados “estanques nurserie”; cuya área generalmente varía entre los 200 y 1000 m². La densidad empleada en esta fase de cultivo es alta (entre 5 y 25 ind/m²), manteniéndose los “alevinos” hasta que alcanzan un peso que dependiendo de la densidad empleada y su peso inicial, variará entre 15 y 30 g, durante un período de cultivo de 30 a 60 días (Martins de Proenca & Leal Bittencourt, 1994). Las ventajas de esta modalidad de cultivo se refieren a un mayor control ejercido

durante la fase inicial del mismo y a la menor mortalidad producida, por efectos de predación, (correspondiente tanto a larvas como adultos de insectos acuáticos y a aves) al llenarse estos estanques en unos pocos días (Luchini, 1990; Martins de Proenca & Leal Bittencourt, 1994).

El “engorde directo” (sin fase previa de pre-engorde) es una tecnología de cultivo que ha comenzado a utilizarse en el país en la producción comercial de pacú y sobre la que no existen suficientes datos bibliográficos acerca de su resultado y rendimiento. El sistema consiste en la siembra inicial de los alevinos directamente a la densidad predeterminada para su engorde final, manteniéndose de esta forma el cultivo, hasta alcanzar la talla comercial requerida. El sistema no utiliza estanques de menor superficie para pre-engorde y evitaría además el posible estrés provocado en los peces a la finalización de la primera fase del cultivo, al momento de su traslado hacia los estanques preparados para el engorde final.

MATERIALES Y METODOS

La fase de pre-engorde fue realizada utilizando seis estanques de 300 y 500 m², con una densidad de siembra inicial de 5 ind /m². El

período de cultivo abarcó 65 días, procediéndose luego a un desdoble y utilizando 18 estanques a las densidades finales estipuladas para el engorde final (1; 0,5 y 0,3 ind /m²). El cultivo de “engorde directo” se llevó a cabo en estanques (18), cuyas características fueron similares en tratamiento y donde se sembraron los peces a las densidades especificadas. En todas las experiencias, efectuadas con tres réplicas, se agregó un plus del 20% de “alevinos” solamente al momento de la siembra, para compensar las mortalidades iniciales. El peso promedio individual de los “alevinos” al inicio, fue de 0,25 gramos.

RESULTADOS Y DISCUSION

A la finalización del período de pre-engorde de 65 días, los peces cosechados mostraron un rango de peso que abarcó entre 24,3 y 44,8 g, con un promedio de 30,4 g; mientras que aquellos que fueron cultivados en “engorde directo”, registraron al muestreo correspondiente (Febrero 2000) un rango de pesos que abarcó entre 41,5 y 111,1 g y un promedio de 64,7 g (Figura 4.1). Las diferencias en pesos, observadas entre ambos sistemas de cultivo, se mantuvieron y a la finalización del invierno (Octubre 2000) resultaron ser significativas ($P < 0,05$, Tabla 4.1 anexo). La

sobrevida obtenida durante la fase de pre-engorde (24 Diciembre 1999 a 26 Febrero 2000) se situó en un rango de 64 y 100%, con un promedio del 85,1 por ciento (Tabla 4.1).

Estanque (m ²)	Siembra (N° ind)	Cosecha (N° ind)	Sobrevida (%)
300	1800	1605	89
300	1800	1397	77,6
300	1800	1908	100
500	3000	1928	64
500	3000	2853	95
500	3000	2541	85
Promedio			85,1

Tabla 4.1: Sobrevidas determinadas para la fase de pre-engorde en *Piaractus mesopotamicus* , período 24 de Diciembre de 1999 - 26 de Febrero del 2000.

A la finalización de la experiencia, 495 días de cultivo, de los 35 estanques analizados fueron obtenidos los siguientes resultados:

En sistema de pre-engorde, se obtuvo una sobrevida del 81 al 100% en 17 estanques, mientras que en el estanque restante fue del 58,5 %. Probablemente, la mortalidad registrada se debió a robo. En sistema de engorde directo las sobrevidas resultaron ser del 100 % en 12 estanques; mientras que cinco estanques, sufrieron altas mortalidades iniciales explicadas en los capítulos precedentes (entre 42,7 y 74,0% y un promedio del 59,1%). Los pesos observados a la finalización de la expe-

riencia total, con la técnica que incluye el pre-engorde, abarcaron entre 489,9 y 1.018,4 g, con un promedio de 745,2 g; mientras que, para el método de “engorde directo”, el rango obtenido fue de entre 443,3 y 1.195,2 g, con un promedio de 737,3 g (Figura 4.1). Las diferencias entre ambos sistemas de cultivo no fueron significativas ($P=0,22$, tabla 2.1 anexo).

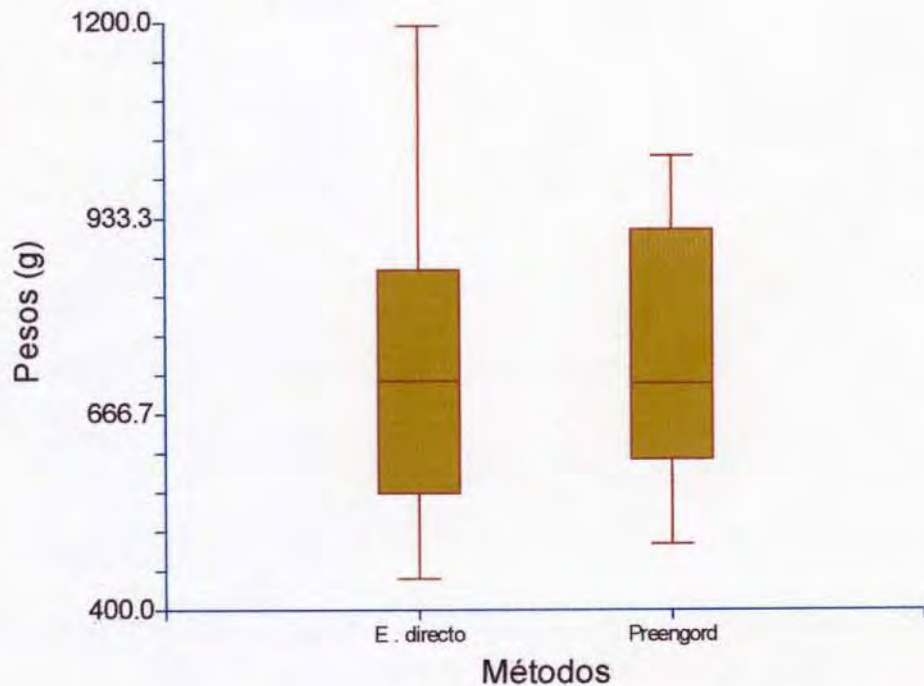


Figura 4.1.: Pesos finales de *Piaractus mesopotamicus*, obtenidos en cultivo con fase de pre-engorde (Preengord) y “engorde directo” (E. directo)

Los mayores crecimientos registrados en las poblaciones de los estanques que sufrieron altas mortalidades, aparentemente, no fueron debidas al sistema de cultivo utilizado, sino a la baja densidad resultante y

a la sobrealimentación a que fueron sometidos los peces, tal como fue explicado en los capítulos correspondientes. Los peces cultivados con fase de pre-engorde, mostraron (al momento del desdoble) una diferencia significativa en peso, frente a los cultivos con técnica de “engorde directo”. En los mismos se observó un mayor crecimiento durante la fase posterior de engorde, igualando en peso al otro lote hacia el final de la experiencia; como muestra la figura 4.2.

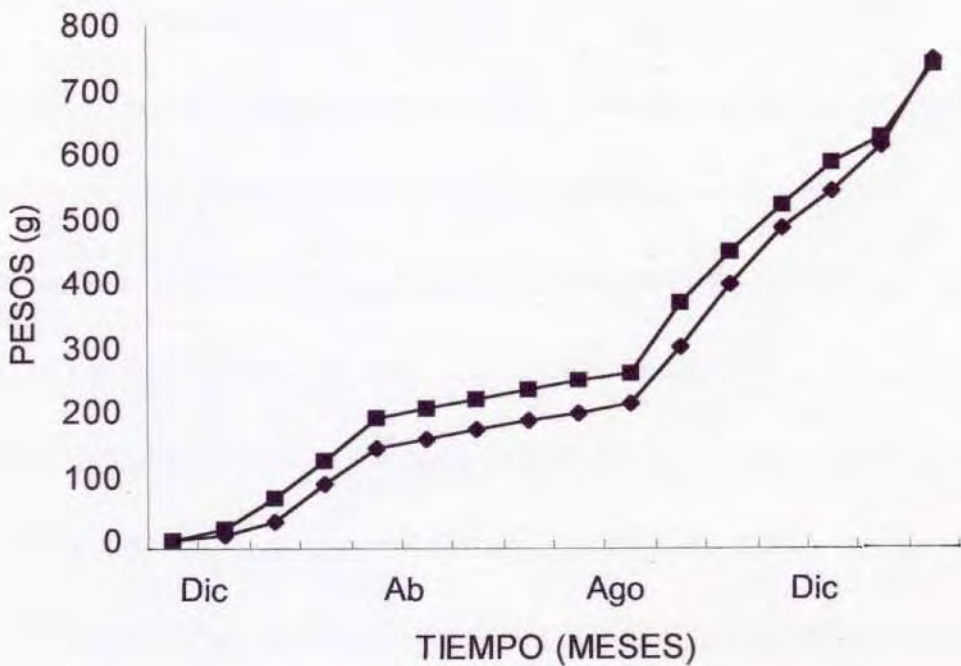


Figura 4.2.: Curvas de crecimiento comparativas entre los resultados obtenidos en cultivo de *Piaractus mesopotamicus*, con fase de pre-engorde ◆ y “engorde directo” ■.

Este hecho concuerda con lo expuesto por Heredia & Gonzalez

(1990) para el caracínido, *Colossoma macropomum*, donde los autores demostraron que ejemplares retenidos en su crecimiento inicial, evidenciaron durante el cultivo posterior, con aporte de alimentación externa, un “crecimiento compensatorio”. De acuerdo a Avault (2000), este crecimiento compensatorio en peces (determinado para salmón del atlántico y bagre del canal, entre otras especies) es una característica por la cual, los peces sin alimento crecen más rápido y eficientemente al retomar la alimentación.

Experiencias realizadas en Brasil (Souza et al., 2000) mostraron que ejemplares de pacú que no fueron alimentados por un plazo de 60 días durante la estación invernal movilizaron sus reservas grasas, contribuyendo de esta manera a sostener su requerimiento energético. El peso no sufrió variaciones, ya que ante la pérdida de grasas se produjo la hidratación de los tejidos evitando la disminución en peso. Al retomar la alimentación, durante un período de 30 días, los peces mostraron un crecimiento mayor al de los lotes alimentados durante toda la experiencia, presentando capacidad de crecimiento compensatorio sin daño en los tejidos corporales. Estos resultados pueden ser utilizados con éxito, permitiéndose la no alimentación de los peces durante la fase invernal del subtrópico, compensando el peso en la siguiente estación. Heredia &

Gonzalez (1990) sugieren además, que la retención inicial del crecimiento durante la etapa correspondiente al pre-engorde, constituye una técnica que permitiría obtener producción masiva de “alevinos” retenidos (sin alimento) que compensarían normalmente su crecimiento durante la etapa posterior con alimento. Debido al corto período reproductivo del *Colossoma macropomum* (2 meses), similar al del *Piaractus mesopotamicus* esta estrategia permitiría la utilización de alevinos retenidos fuera del período reproductivo de la especie.

CONCLUSION

Los resultados obtenidos muestran que los cultivos de “engorde directo”, no ofrecen ventajas comparativas respecto de los que incluyen una fase de pre-engorde y un posterior engorde. Los peces bajo cultivo no difieren en cuanto a rendimientos finales debido al crecimiento compensatorio observado en los cultivos de preengorde y engorde. Las mortalidades producidas durante el ciclo de pre-engorde son bajas. El traslado hacia los estanques de engorde exige recuento y control de los ejemplares (pero posibilita un mayor ajuste de la densidad de engorde), y

además, la mortalidad juvenil en la última fase es prácticamente nula. Por otra parte, durante los desdobles de peces para traslados hacia otros estanques y prosecución del cultivo, el estrés ocasionado no se refleja en mortalidades posteriores o en retardo en el crecimiento.

CAPÍTULO 5 :

DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

Del análisis efectuado (Tabla 2.1 anexo) sobre los métodos de cultivo utilizados se desprende que no existe diferencia significativa alguna ($P=0,2$), en tanto que el efecto debido a las densidades programadas y determinadas al final de la experiencia, así como de los alimentos utilizados resultaron significativos ($P<0,05$). Ninguna de las interacciones dobles resultaron significativas. La interacción alimento x densidad x método resultó significativa ($P<0,05$). Probablemente esto se debe a una sola observación en dos tratamientos (engorde directo, alimento experimental, densidades de 1 y 0,3 ind/m²) y un cambio en el ranking de valores medios que se ordenan en forma descendente entre pares de lotes alimentados con ambas dietas, salvo el caso del par método de preengorde, densidad de 0,3 ind/m², donde los pesos de los alimentados con la dieta control es levemente superior a los alimentados con la dieta experimental, lo que aumenta la variabilidad del análisis (Tabla 5.1 anexo). Por lo

tanto esta interacción puede ser considerada un artefacto del diseño experimental, que no puede ser atribuida a una explicación biológica definida. De este modo la evaluación de los efectos principales por separado resulta válida para la interpretación de los resultados.

De acuerdo a lo expuesto se puede concluir que:

- a) la ganancia en peso final está determinada por la densidad de siembra y menores densidades inciden en el logro de pesos mayores,
- b) el alimento debe cumplimentar los requerimientos nutricionales de la especie, que no debe ser alto (>20%) en contenido de harina de pescado (como principal fuente proteica),
- c) el método de cultivo con fase de preengorde y engorde presenta igual rendimiento que el de engorde directo, debido a la característica de crecimiento compensatorio observada.

Cada una de estas conclusiones se discute a continuación según los resultados obtenidos en los capítulos precedentes.

La densidad de cultivo está inversamente relacionada a la talla de los peces a la cosecha, concordando así con Opuszynski & Shireman (1994) en utilizarse una densidad tal que produzca peces del tamaño

final deseado, en una producción que optimice los beneficios económicos.

En el caso del pacú, el peso mínimo individual logrado habilita su acceso al mercado de consumo local y regional (>1200 g). El mismo debe lograrse en un período de cultivo que abarca dos veranos, dado que el crecimiento de la especie se detiene prácticamente durante el invierno y la extensión del período de cultivo aumentaría los costos operativos y la superficie a utilizar. Los resultados obtenidos indican que la especie es altamente dependiente de la densidad para el sistema de cultivo propuesto, debiéndose utilizar las menores a $0,3$ ind /m² y aconsejándose la correspondiente a $0,2$ ind/m². Esto, permitiría alcanzar tallas superiores a 1200 g en 16 meses de cultivo con producciones similares a las logradas a la densidad de $0,3$ ind/m². Las cargas finales a utilizar no deberían superar los $300-500$ g/m², ya que en los resultados obtenidos en la presente experiencia, el crecimiento tiende a detenerse al superar dichos valores (ya señalados por Bernardino et al., 1998), para un sistema de cultivo como el descrito.

Con respecto a la dieta que fuera formulada con menor proporción de harina de pescado, se puede concluir que mostró un mejor desempeño que la considerada como control, y los factores de conversión fueron

significativamente más bajos, con un mejor crecimiento. Los resultados ponen en evidencia la necesidad de mayor conocimiento de la fisiología digestiva de la especie. Pereira de Godoy (1975) señala al pacú como herbívoro de acuerdo a su dentición y longitud del tracto digestivo. Machado (1980) determinó la relación entre el tracto digestivo y longitud de este pez entre 1,6 a 2,4 (corroborada durante la presente experiencia resultando de $2,27 \pm 0,14$) considerando a la especie como omnívora con tendencia a herbívora.

Opuszynski & Shireman (1994) señalan que el requerimiento medio en proteína de los herbívoros, es igual al de los carnívoros y que los herbívoros evolucionaron morfológica y fisiológicamente, adaptando su comportamiento para mantenerse con una menor proporción de proteína en su dieta. A su vez Bowen (1987) informa que la diferencia absoluta en el requerimiento nutricional de los peces, estaría relacionada a su requerimiento de energía y no de proteína. Por último, Rosamond et al. (2000) señalan que los peces omnívoros y herbívoros de agua dulce utilizan proteínas y aceites vegetales mejor que los carnívoros.

Estas afirmaciones permitirían adelantar que la dieta experimental utilizada contuvo una adecuada relación proteína/energía. El balance previamente definido según tabla de aminoácidos para esta dieta resultó apro-

piado. Se necesitarían futuras experiencias que determinaran (de ser posible), la disminución en dicho balance a valores para peces considerados herbívoros en su fase de engorde, disminuyendo la calidad proteica.

Según la Figura 3.2, ambas fórmulas alimentarias se comportaron de manera similar respecto del crecimiento hasta fines del invierno del 2000 (500 g de peso promedio en ambos lotes). Las curvas de crecimiento comenzaron a separarse hacia la primavera del 2000; acentuándose a través del período de cultivo, llegando a ser significativo al final de la experiencia. Esto permitiría suponer que los requerimientos nutricionales en “alevinos” y juveniles avanzados, estarían cubiertos por esta dieta; pero que en la fase de engorde la necesidad de proteína basada en harina de pescado de la dieta control no sería necesaria en las proporciones utilizadas.

Los métodos de cultivo de “preengorde y engorde” y “engorde directo” utilizados, no mostraron diferencias en cuanto al crecimiento en ambos lotes. Los peces sometidos a un preengorde inicial y luego desdoblados a densidades de engorde, mostraron a la entrada del invierno del 2000, ser significativamente menores a los sembrados directamente a las densidades finales. Sin embargo a la finalización del cultivo, el peso promedio de lo últimos, no mostró diferencias con el cultivo en sistema de

“siembra directa”. Se puede concluir que el método de “preengorde y engorde final” posee algunas ventajas comparativas sobre el de “engorde directo”, ya que la especie presenta capacidad de recuperación del peso resignado durante el período de preengorde (mediante la estrategia de crecimiento compensatorio). Por otra parte, al realizar un preengorde previo, las mortalidades obtenidas son menores, resultando una mayor sobrevivencia en la fase posterior de engorde final; asimismo el traslado de los peces a los estanques de engorde facilita el conteo y control.

Como desventaja puede mencionarse la necesidad de construcción de estanques de preengorde (300 a 1000 m²). Lo que no se consideraría como tal, porque ellos pueden ser utilizados para el engorde, estabulación de peces con destino a mercado o el mantenimiento de alevines retenidos.

Como corolario se concluye que la experimentaciones efectuadas durante el presente trabajo de tesis, lograron el objetivo principal propuesto: mejoramiento de las tecnologías de cultivo para la producción del pacú dentro del clima subtropical argentino. Se permitió definir las mejores densidades en cultivo semi-intensivo, corroborando la hipótesis de obtención de mayores tallas a menores densidades de siembra de la especie. Asimismo, formular una dieta con menor contenido de harina de

pescado disminuyendo los costos de producción, y acompañar estas técnicas con un diseño de manejo apropiado para cultivo en estanques.

Por otra parte, dentro del contexto de los análisis efectuados sobre los resultados obtenidos, se pudo confirmar la incidencia negativa de las bajas temperaturas del período invernal, como así también poner de manifiesto la existencia de la característica de “crecimiento compensatorio” propio de la especie. Esta última podrá utilizarse estratégicamente en producción: a) escalonando el envío de producto terminado a mercado, b) reteniendo los alevines (privándolos temporariamente de alimento suplementario), manteniendo mayor cantidad de animales en espacio reducido y liberando el crecimiento, a requerimiento del productor.