

CAPITULO 2:

EFECTO 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.

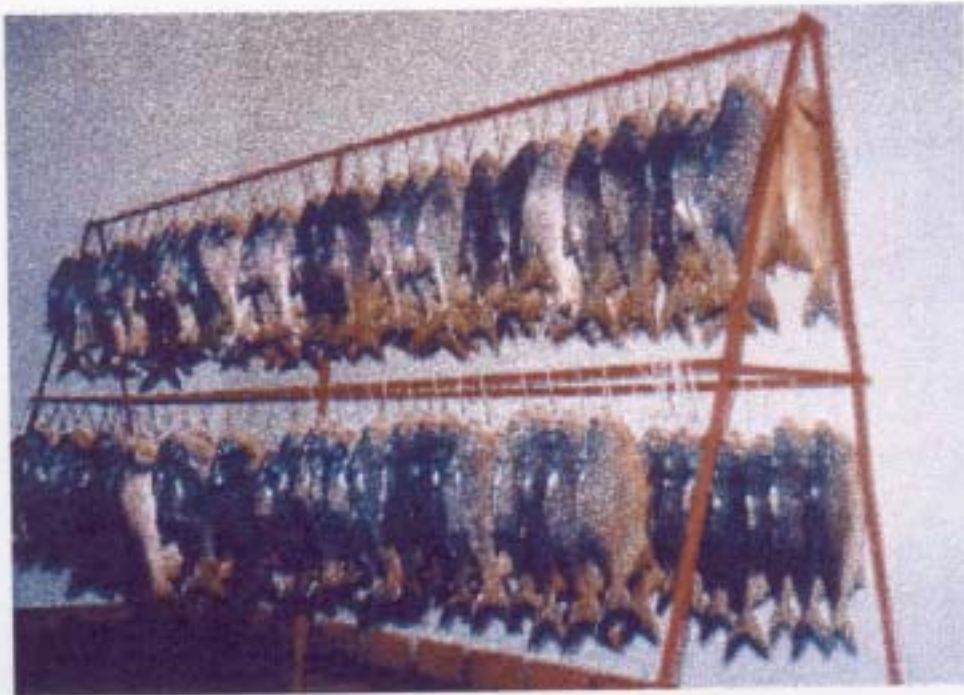


Foto 2.1.: Muestras de pacú de tamaño comercial utilizadas en la encuesta (Wicki et al., 2001)

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.

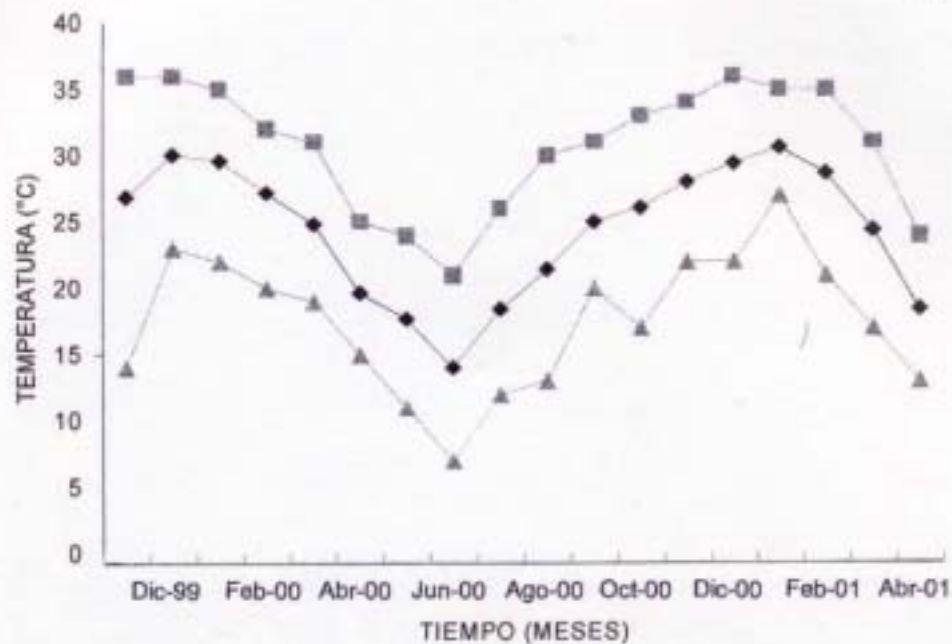


Figura 2.1: Temperaturas promedio, máximas y mínimas extremas en función del tiempo (período Diciembre 1999 – Abril 2001). Cultivo de *Piaractus mesopotamicus*. Mediante ■ se indican las temperaturas máximas, ▲ las temperaturas mínimas y ◆ el promedio entre ambas.

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.

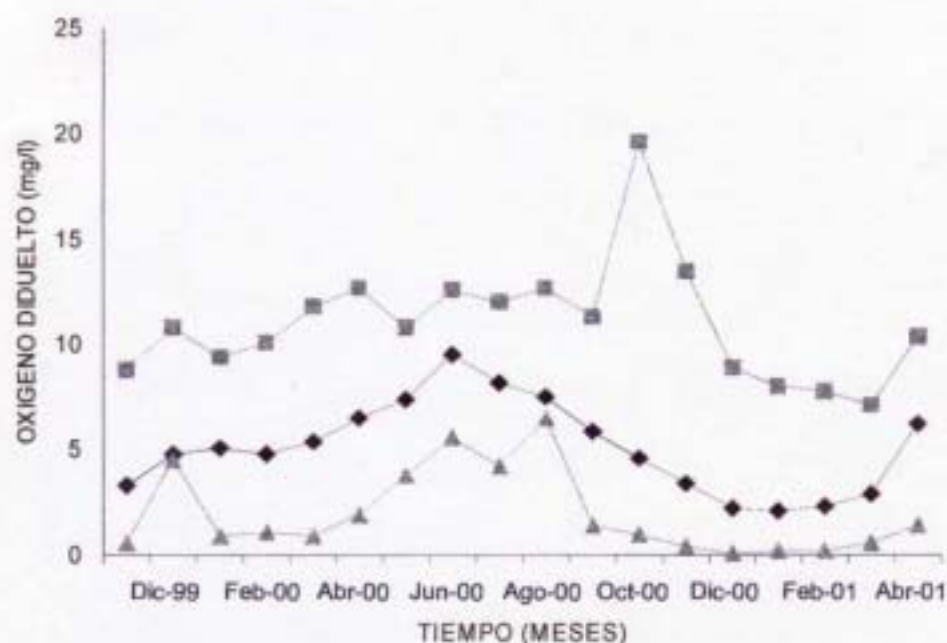


Figura 2.2: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L), obtenido a los horarios de lecturas en todos los estanques (Diciembre 1999 - Abril 2001). Cultivo de *Piaractus mesopotamicus*. Los valores máximos obtenidos se indican mediante ■, ▲ los mínimos y ◆ el promedio entre ambos.

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.

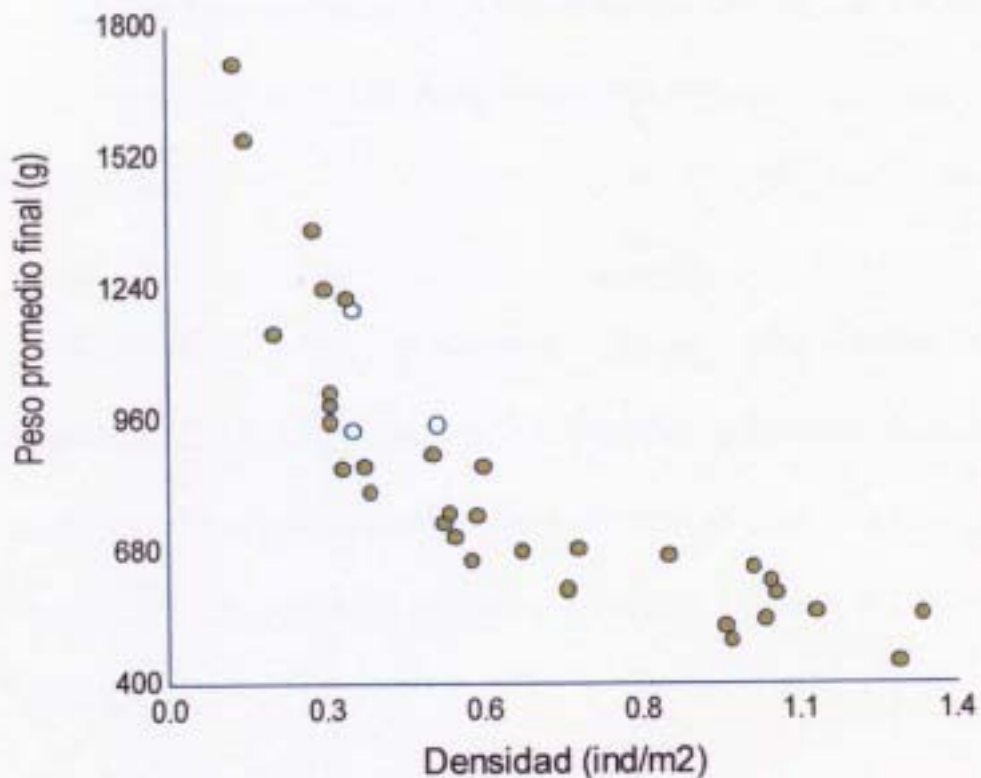


Figura 2.3: Peso promedio final de *Piaractus mesopotamicus* en cultivo a diferentes densidades.

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.

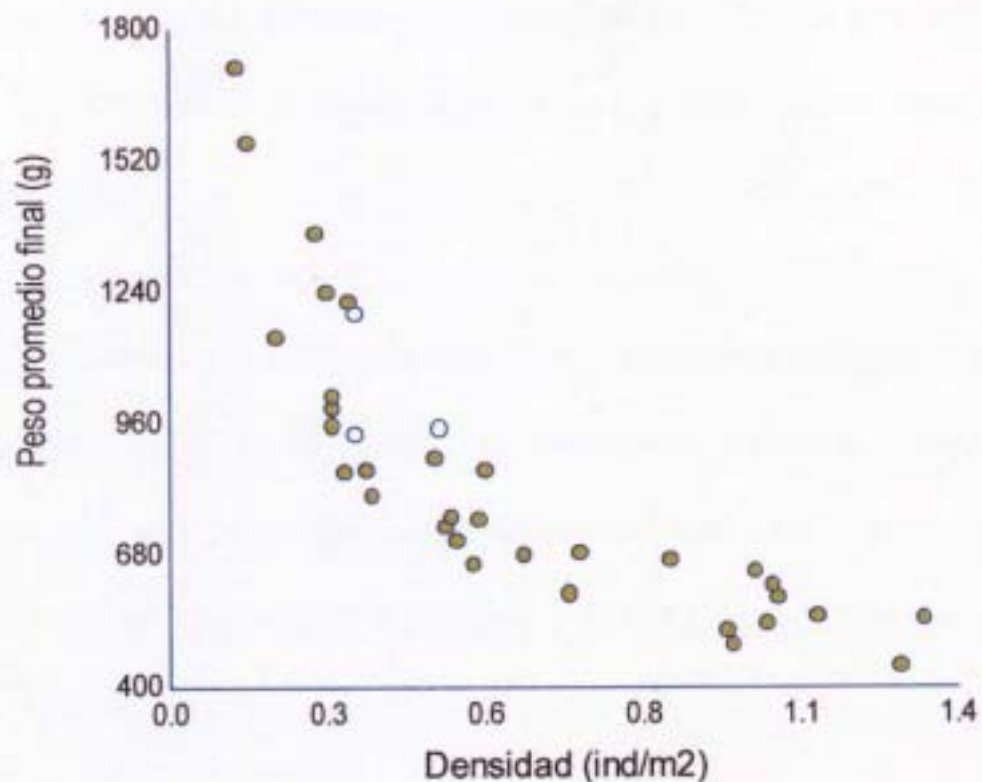


Figura 2.3: Peso promedio final de *Piaractus mesopotamicus* en cultivo a diferentes densidades.

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 (Hepper, 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).

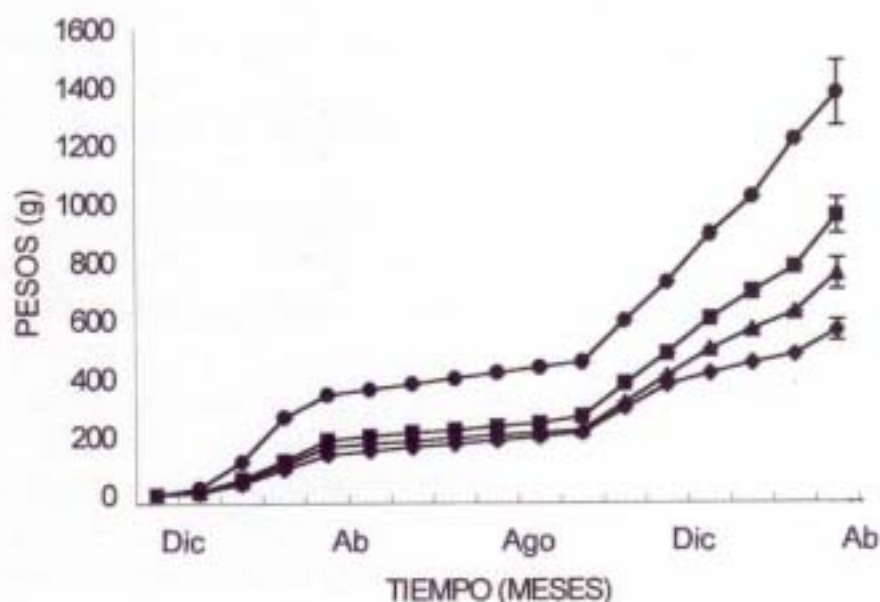


Figura 2.4: Curva de crecimiento de *Piaraactus mesopotamicus* en cultivo, a diferentes densidades de siembra (A ◆, B ▲, C ■ y D ●).

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 ⁰	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

G⁰: 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.