

Engorde final de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) con raciones basadas en subproductos de maíz, girasol y ensilado ácido

Gustavo Wicki, Fernando Rossi, Sebastián Martín, Santiago Panné Huidobro, Laura Luchini

Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Dirección de Acuicultura, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGYP)

Paseo Colón 982 (1063), Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentina)

e-mail: lluchi@minagri.gob.ar

Resumen

El presente estudio determinó crecimiento y conversión en raciones para cultivo de Pacú (engorde-sistema semi-intensivo) y factibilidad (viabilidad) de incluir subproductos de maíz, harina de girasol, ensilado ácido en reemplazo de harina de pescado ausente en la región del subtrópico argentino, donde fue desarrollado (Centro Nacional de Desarrollo Acuícola, CENADAC). Las fórmulas cumplieron los requisitos nutricionales de la especie: dos (control y ensilado) ensayadas con éxito previo y las restantes incluyeron nuevos insumos (girasol y maíz). Las experiencias por triplicado, se desarrollaron en estanques excavados sin recirculación de agua, registrándose diariamente las variables ambientales; mientras que biometrías mensuales se realizaron sobre el 10% de cada lote. En las cosechas finales se obtuvieron los pesos totales, producciones resultantes, FCR e IPD, así como sobrevividas (supervivencias). Las variables ambientales se consideraron normales para la época y región. Los pesos promedios, de entre 1 151 (control) y 1 081 g (maíz), no mostraron diferencias significativas, junto a los IPD promedios (2,45 a 2,89 g); al igual que los FCR (promedios 2,03 a 2,55). La sobrevivida (supervivencia) fue del 100%, a excepción de un lote con 26% de mortalidad. El análisis de costos, evidenció un ahorro de \$260 (paridad dólar americano de 1:3) por t, con la dieta girasol y de 275 para las de maíz y ensilado, frente al control conteniendo harina de pescado.

Palabras clave: *Piaractus mesopotamicus*, pacú, dietas, insumos alternativos.

Summary

The aim of the study was to determine the feasibility of the utilization of agriculture sub-products in replacement of fishmeal for the growth of Pacú in semi-intensive system. The formulated diets fulfilled the nutritional requirements of the species: two (control and silage) tested previously with positive results, and the others including two new ingredients (sunflower and corn). Triplicated essays were developed in excavated ponds (CENADAC, 27°37'S; 58°30'W), without water exchange. The environmental variables were daily recorded and 10% of each population was monthly sampled. At harvest the total weights, the resulting production, FCR and IPD (growth/day), values and survival rates were obtained. The environmental variables were considered normal for the period and region. The final average weights were 1 151 g (control), 1 121 g (sunflower), 1 089 g (silage) and 1 081 g (corn); and FCR values ranged between 2,03 and 2,55. Neither growth nor FCR showed significant differences among treatments. Survival rates were about 100%, except for one group with 26% mortality. Cost analysis revealed savings of \$260 (US\$ = \$3) per tonne with sunflower diet and about \$275 for the corn and silage diets, compared to the control diet containing fishmeal.

Key words: *Piaractus mesopotamicus*, pacú, silage, corn flour, sunflower flour diets

Introducción

La acuicultura en Argentina se desarrolla en forma lenta, comparada con otros países de la región latinoamericana, hecho debido especialmente a la alta competencia con las actividades agropecuarias tradicionales y a la ausencia de tradición en consumo de pescado entre otros factores. Actualmente, la producción acuícola se sitúa en más de

3 000 t (2008), de las que aproximadamente 700 t corresponden al Pacú, especie autóctona, cuyo cultivo ha venido incrementándose en los últimos años. La disminución de esta especie en toda la cuenca del Plata dentro del territorio argentino (Quirós, 1990), ha favorecido indudablemente el crecimiento de sus cultivos comerciales.

Esta especie posee hábito alimentario omnívoro con pronunciada tendencia herbívora (Pereira de Godoy, 1975; Machado-Allison, 1980). En los cultivos desarrollados en el país bajo sistema semi-intensivo, se lo alimenta con raciones balanceadas, que en ocasiones no contienen harina de pescado, con resultados disímiles. Estudios experimentales realizados en el Centro Nacional de Desarrollo Acuícola, CENADAC (27°37'S y 58°30'W) han demostrado que la biología de esta especie permite desarrollar la fase de engorde con dietas de bajo contenido en harina de pescado, incluyendo ensilado ácido en su reemplazo sin pérdida de respuesta en cuanto al crecimiento. Por otra parte, las diferentes áreas geográficas, así como los ingredientes disponibles en cada zona actual de su producción, obliga a una evaluación de estos últimos para su empleo en cultivos comerciales.

Debido a que Argentina es un país de alta producción agrícola, con numerosos insumos y subproductos existentes en su mercado, se exploró en el presente estudio, la factibilidad de emplear durante la fase de engorde final de la especie, los subproductos del maíz, junto a otros insumos alternativos (no empleados anteriormente en formulaciones ensayadas) como es, por ejemplo, el expeller de girasol. De esta forma, agregando mayores porcentajes de estos materiales junto al empleo de ensilado ácido desarrollado, se experimentó la supresión de la harina de pescado, ausente en la región de cultivo del Pacú y de alto costo en el mercado.

Materiales y métodos

Las experiencias se llevaron a cabo en el CENADAC, situado en la zona subtropical de Argentina, donde la estación de crecimiento es de 210 días al año. Se utilizaron doce estanques excavados en tierra de una superficie individual de 500 m², efectuándose tres réplicas para cada una de las fórmulas alimentarias diseñadas. Los estanques fueron secados previamente y su llenado se realizó previo a la siembra. El sistema de cultivo desarrollado, fue en modalidad semi intensiva sin recambio de agua, reponiéndose la misma solamente en caso de pérdidas debidas a filtración y/o evaporación.

Los peces a la siembra, provenían de un cultivo de primera fase de engorde (Wicki y cols., 2004a), y tenían un peso promedio de alrededor de 500 g. La densidad de cultivo utilizada fue de 0,2 ind/m².

El período de cultivo abarcó 215 días y dentro del mismo, los peces recibieron alimento durante 151 días. La composición de las dietas elaboradas se muestra en la Tabla 1. Las denominadas Ensilado y Control ya habían sido utilizadas con buenos resultados en la primera fase del engorde; mientras que las denominadas Maíz y Girasol se formularon durante el presente estudio. Todas las fórmulas cumplieron con los requerimientos nutricionales conocidos hasta ahora para la especie, según Cantelmo (1993). Los porcentajes de aminoácidos esenciales se calcularon según valores de tablas, sugeridos por Tacon (1987, 1989) para peces omnívoros.

El ensilado ácido se elaboró en forma artesanal, utilizando vísceras de pescado de río como materia prima y siguiendo el protocolo detallado por Manca y Carrizo (2002), picando las vísceras con una máquina provista de disco con orificios de 4 mm. Seguidamente, se agregó ácido fórmico mezclándose hasta la obtención de una pasta

homogénea y en cantidad suficiente, midiéndose el pH hasta obtención de un valor de 3,5. Esta variable fue controlada a las 24, 48 y 72 h de iniciado el proceso, agregándose mayor cantidad de ácido en caso necesario para mantener el valor mencionado.

Tabla 1. Composición porcentual (%) de los alimentos experimentalmente empleados

Ingredientes	Control	Ensilado	Girasol	Maíz
Harina de pescado	20	-	-	-
Harina de carne	10	18	23	16
Ensilado	-	20	18	-
Harina de soja	27	42	20	25
Aceite de soja	-	-	2	-
Harina de maíz	11	-	-	-
Harina de gluten maíz	-	-	-	9
Gluten feed (maíz)	-	-	-	25
Almidón de maíz	-	-	-	2
Harina de girasol	-	-	20	-
Afrechillo de arroz	30	18	15	21
NaCl- Vitaminas	2	2	2	2
Total	100	100	100	100

El consumo promedio de ácido fórmico para todas las experiencias realizadas fue de 2,1%. El tiempo de elaboración del ensilado varió según la temperatura ambiente, acelerándose la actividad de las enzimas proteolíticas a temperaturas mayores a 30°C. La composición promedio de los ensilados ya elaborados, fue de:

- Proteína bruta, 12,8%
- Extracto etéreo, 8,6%
- Humedad, 76,8%
- Cenizas, 1,6%

Las raciones alimentarias fueron suministradas en una sola toma, durante 6 días de la semana, en una única entrega diaria efectuada por la tarde y la tasa de alimentación se fijó en el 1% de la biomasa bajo cultivo para cada unidad.

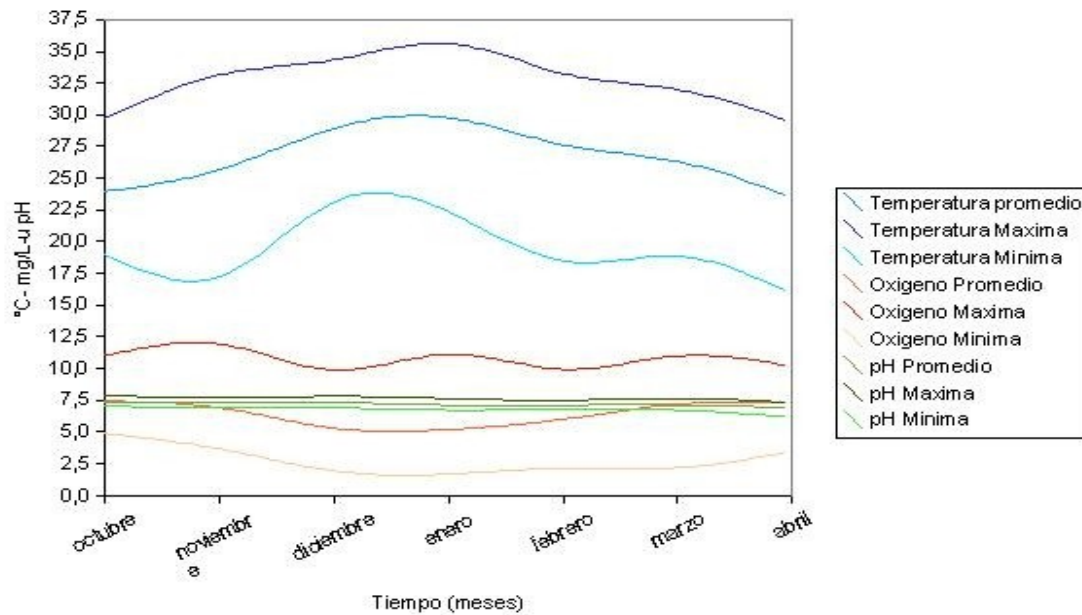
Se determinaron las variables ambientales de pH, concentración de oxígeno disuelto y temperatura, registrándose sus valores a primera hora de la mañana y por la tarde antes de administrar la ración diaria. Las biometrías fueron llevadas a cabo una vez al mes sobre una submuestra del 10% de cada población bajo cultivo y a la finalización del estudio se procedió a las cosechas respectivas, pesándose la totalidad de cada una de las poblaciones.

Se obtuvieron los Factores de Conversión ($FCR = \text{alimento ofrecido} / \text{ganancia en peso}$), Incrementos de Peso Diario ($IPD = (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{tiempo}$) y se determinó la sobrevida para cada unidad experimental. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el análisis de varianza de una vía (nivel de significancia $p < 0,05$).

Resultados

Los valores máximos, mínimos y promedio de las variables de pH, temperatura y concentración de Oxígeno Disuelto, pueden observarse en la Figura 1.

Figura 1. Variables ambientales registradas durante el ciclo de cultivo: Temperatura (°C) y Oxígeno Disuelto (mg/l).



Los valores de pH se mantuvieron entre 6,2 y 7,9, con un promedio general de 7,2. La temperatura mostró registros de entre 35,6 y 16,0°C, con un promedio de 26,5°C para la totalidad del ciclo de cultivo y el oxígeno disuelto osciló entre 1,7 mg/l de mínima y 11,9 mg/l de máxima, con un valor promedio de 6,5 mg/l. Los análisis realizados en laboratorio sobre los diferentes alimentos empleados concordaron con lo previamente formulado y los mismos pueden ser apreciados en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de los análisis proximales realizados en laboratorio.

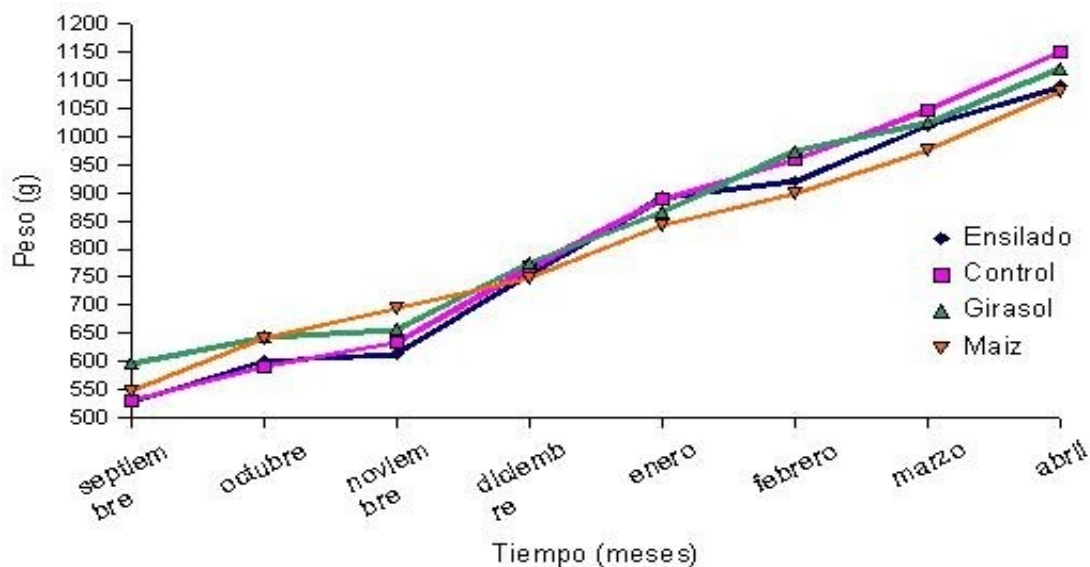
Alimento	Proteína total (%)	Grasa (%)	Fibra bruta (%)	Hidratos de Carbono (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
Control	36,3	7,6	6,3	26,8	13,7	10,2
Ensilado	36,2	6,4	6,7	24,3	14,5	11,8
Maíz	31,8	6,2	7,2	34,3	10,7	9,8
Girasol	34,8	9	9,8	20,7	16,1	9,6

A la finalización de la experiencia, los peces obtuvieron pesos promedios similares para todos los tratamientos efectuados. Aquellos alimentados con la dieta Control, mostraron un peso promedio de 1 151 g, seguido por los alimentados con el denominado Girasol con 1 121 g y finalmente, los denominados Ensilado y Maíz, con 1 089 y 1 081 g, respectivamente.

En la Figura 2 se pueden observar las curvas correspondientes al crecimiento de los peces, graficadas a partir de los datos obtenidos de cada uno de los tratamientos efectuados. No fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de los pesos promedios correspondientes a los diferentes lotes analizados ($F=1,24$; $p=0,3$).

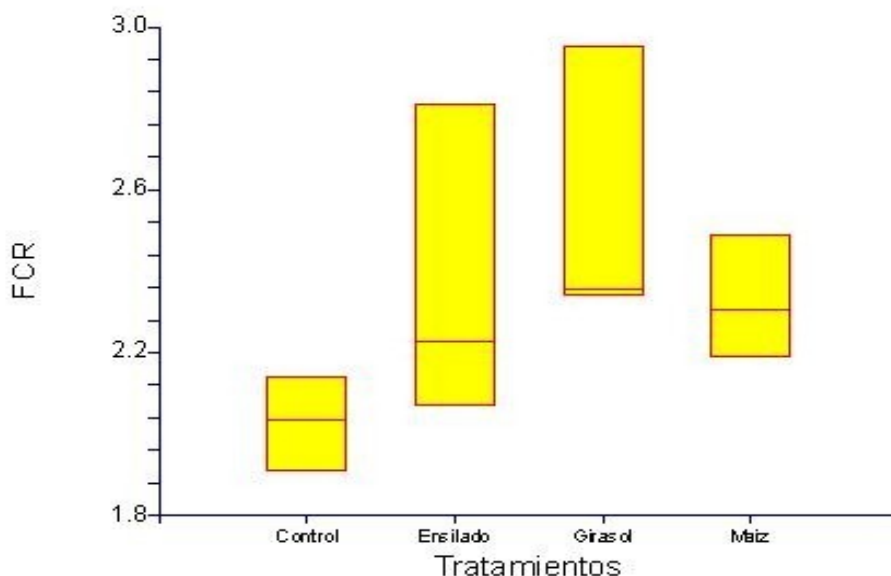
Asimismo, los incrementos en el peso diario alcanzado por los peces, oscilaron entre 2,45 g/día (girasol) y 2,89 g/día (control) en los distintos tratamientos, no encontrándose tampoco diferencias significativas entre los mismos ($F=1,61$; $p=0,26$).

Figura 2. Curva de crecimiento obtenida con las diferentes dietas.



En lo que respecta al Factor de Conversión (Figura 3) los datos analizados tampoco evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos ($F=1,81$; $p=0,22$); resultando en un promedio de 2,03 para los que consumieron alimento control, 2,33 para los que ingirieron alimento maíz, 2,37 en los que se ofreció alimento ensilado; así como 2,55 para los que recibieron alimento girasol.

Figura 3. Factores de conversión obtenidos con las diferentes dietas.



La supervivencia resultante fue del 100% en once de los doce estanques de cultivo experimental, registrándose una mortalidad de 26% en la unidad restante, debido a una disminución brusca del nivel de oxígeno disuelto en una única oportunidad.

Las producciones registradas fueron muy similares para todos los tratamientos ($F=2,17$; $p=0,1$), resultando en promedio de 2 361 kg/ha para los que consumieron ración Control; 2 185 kg/ha para las dietas Girasol y Maiz y 2 142 kg/ha para la dieta Ensilado. Para realizar los análisis correspondientes a los costos, se emplearon los precios de insumos al consumidor, de septiembre de 2005, considerándose en pesos

(\$ - moneda de curso legal en Argentina a una paridad con el dólar estadounidense (US\$) de 1 a 3).

Este análisis de costos para cada una de las raciones elaboradas fue comparado con el correspondiente a la dieta denominada control. Los datos analizados mostraron que la dieta de menor costo resultó ser la del alimento Girasol, seguida por la de Maíz, Ensilado y finalmente Control. En la Tabla 3 puede observarse que por tonelada de producto producido, se genera un ahorro de entre 260\$ con el uso de dieta girasol y hasta 275\$ con las dietas maíz y ensilado; evaluando el costo de cada una a partir de su rendimiento y comparándolas con el costo y rendimiento de la dieta control.

Tabla 3. Análisis de costo de las diferentes dietas. Ahorro generado por cada tonelada de producto con respecto a la dieta control.

Ingredientes	Costo insumo (\$/t)	Maíz	Girasol	Control	Ensilado
Harina de pescado	1 900			380	
Harina de carne	480	76,8	110,4	48	86,4
Harina de soja	700	175	140	189	294
Harina e maíz	504			55,44	
Aceite de soja	2 000		40		
Harina gluten maíz	1 250	112,5			
Gluten feed (maíz)	220	55			
Almidón de maíz	1 700	34			
Harina de girasol	300		60		
Afrechillo de arroz	220	46,2	33	66	39,6
Ensilado	340		61,2		68
Sal/Vitaminas	19 970	199,7	199,7	199,7	199,7
Total		699,2	644,3	938,14	687,7
FCR		2,33	2,55	2,03	2,37
Costo producto (\$/t)		1 629,136	1 642,965	1 904,4242	1 629,849
Ahorro		275,2882	261,4592		274,5752

Discusión

Los crecimientos obtenidos en todos los tratamientos fueron similares a los informados por Wicki (2003) de 3,5 y 2,8 g/día para la etapa de finalización de engorde a las densidades de siembra de 0,3 y 0,5 ind/m². En experiencias anteriores realizadas en el mismo sitio (Wicki y Luchini, 2004) habían sido observados incrementos diarios en peso (IPD) superiores a los presentados en este estudio, resultando los mismos entre 4,4 y 5,8 g/día en un período de cultivo similar de fase terminal de engorde que abarcó 146 días.

En la primera fase de engorde de los peces cultivados y empleados en el presente estudio (Wicki y cols., 2004a), se alcanzaron pesos promedios de entre 570 y 670 g. Durante el período invernal (con duración de 150 días) dichos peces no habían recibido alimento complementario alguno, hecho que ocasionó una pérdida de peso promedio del 15%.

Souza y cols. (2000) observaron que al finalizar un período de restricción alimentaria fijado en 60 días (para la misma especie), con resultado de pérdida de grasa, los

tejidos volvieron a hidratarse, recuperándose el peso anterior. En el presente caso el peso previo no se mantuvo, sufriendose inclusive una disminución del mismo. Sin embargo, en anteriores experiencias, había sido observada la recuperación satisfactoria de los ejemplares luego (después) de periodos de ayuno más prolongados (Wicki y cols., 2004b); mientras que en el presente estudio, la tasa de crecimiento diario no mostró diferencias con respecto a la de lotes cultivados sin retención previa de crecimiento.

En los resultados obtenidos acerca de los Factores de Conversión no fueron observadas diferencias significativas entre las distintas dietas elaboradas. El alimento Control (FCR=2,03) mostró rendimientos similares a los informados anteriormente por Wicki y Luchini (2004), con un promedio resultante de 2,02. El alimento denominado Maíz obtuvo un buen rendimiento, con un FCR promedio de 2,33.

Estos resultados permiten concluir que sería factible desarrollar la fase de terminación del engorde de la especie, con alimentos balanceados que no incluyan en sus formulaciones ni harina de pescado, ni ensilado ácido.

Los alimentos Ensilado y Girasol mostraron FCR ligeramente superiores (2,37 y 2,55). En el primer caso podría interpretarse este hecho por el alto contenido de harina de soja en la ración y a los factores antinutricionales que contiene este insumo; ya que en ensayos *in vitro* realizados con juveniles de la misma especie se demostró la existencia de un alto grado de inhibición de las proteasas alcalinas, frente a moderadas concentraciones de extracto de soja (Pérez y cols., 2003).

Asimismo, en la primera fase del cultivo de engorde (previamente realizada), los rendimientos obtenidos basados en fórmulas diseñadas con alta inclusión de harina de soja había resultado ser inferiores al alimento control (Wicki y cols., 2004a).

La menor eficiencia obtenida en la conversión con el uso del alimento Girasol, podría referirse al alto porcentaje de inclusión de fibra en su formulación (9,8%) que fue la de mayor contenido, dentro de las cuatro formulaciones analizadas; así como el alto contenido en cenizas (16,1%) por efecto de un elevado porcentaje de harina de carne y hueso; hecho que deberá tenerse en cuenta al emplear este insumo; ya que en experiencias previas realizadas en similar localización durante la fase de engorde del pez Randiá (*Rhamdia quelen*), Luchini y Wicki (1992) informaron de un incremento del FCR de 1,41 a 1,76 cuando se suplantó el 50% de la harina de soja por harina de girasol (11,7% de la fórmula ración); observándose crecimientos similares en ambos lotes.

Conclusiones

Si bien se concluye que es factible el engorde de Pacú con dietas sin inclusión de harina de pescado o ensilado ácido, se observa la necesidad de realización de mayores estudios sobre la fisiología digestiva de la especie para determinar la digestibilidad de los diferentes insumos utilizados.

Las dietas sin contenido de harina de pescado (Maíz, Girasol y Ensilado) promovieron un crecimiento similar al de la dieta Control, aunque los rendimientos obtenidos para estos alimentos, en función de los FCR analizados, fueron menores sin alcanzar a detectarse diferencias significativas.

La utilización de ensilado ácido, tanto como la supresión de harina de pescado y su reemplazo por subproductos de maíz y/o girasol, permite abaratar los costos de producción al suplantarse en los alimentos este insumo de alto valor comercial actual y futuro. Por último, al realizar los ensayos de consumo de los peces producidos, no se

detectaron diferencias organolépticas al degustar los productos resultantes de cada una de las dietas elaboradas y empleadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa Corn Products International, de Argentina, así como al Ing. Germán Mauro y al Ing. Pablo Tami, por el aporte de los subproductos de maíz utilizados, así como las sugerencias aportadas. Asimismo, se agradece al Laboratorio Central del SENASA por los análisis proximales realizados para las diferentes raciones elaboradas.

Bibliografía

1. Cantelmo, O.A. (1993). *Níveis de proteína e energia em dietas para o crescimento do Pacú*. Dissertação apresentada para obtenção do título do Mestre em Aquicultura. UFSC.
2. Luchini, L y G. Wicki. (1992). Experiencia de engorde para producción de catfish sudamericano, *Rhamdia sapo* con variación de la fórmula alimentaria. *VII Simposio Latinoamericano de Acuicultura*. Memorias, 173-180. Barquisimeto, Venezuela.
3. Machado Allison, A. (1980). Estudio sobre las subfamilias Serrasalimidae, Teleostei, Characidae. Parte 1. Estudio comparado de los juveniles de las cachamas de Venezuela (Géneros *Colossoma* y *Piaractus*). *Acta Biológica Venezolana*, 11(3):1-101.
4. Manca, E. y J.C. Carrizo. (2002). *Informe final de producción y utilización de ensilados en la formulación de dietas*. Proy DNA/INIDEP, Expte 4961.
5. Pereira de Godoy, M. (1975). *Peixes do Brasil. Subordem characoidei*. Volume II. Editorial franciscana. SP, Brasil. 217-397.
6. Pérez, J.J., G. Wicki, F.J. Moyano y F.J. Alarcón. (2003). Evaluación del efecto de inhibidores de proteasas presentes en ingredientes vegetales utilizables en piensos para dos especies piscícolas cultivadas en argentina; Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y Pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2003*. 442-454. Disponible en URL: <http://www.revistaaquatic.com/civa2003>
7. Quiros, R. (1990). The Paraná river basin development and the changes in the lower basin fisheries. *Interciencia*, 15(6):442-451.
8. Souza, V.L., E.G. Oliveira y E.C. Urbinatti. (2000). Effects of food restriction on energy stores and growth of Pacú, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *J. aqua. Trop.*, 15(4):371-379.
9. Tacon, A.G. (1987). *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp- A training manual*. Vol 2: Nutrient sources and composition, 5. FAO field document. FAO. Roma.
10. Tacon, A.G. (1989). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación*. FAO Documento de campo,4. FAO. Roma.
11. Wicki G., F. Rossi y L. Luchini. (2004b). Crecimiento compensatorio en *Piaractus mesopotamicus* y su importancia en la producción. *XI Congreso Latinoamericano de Acuicultura*, Tabasco, Mexico
12. Wicki, G. (2003). *Cultivo y producción de Pacú (Piaractus mesopotamicus): Incidencia de dos dietas de diferente composición y de la densidad de siembra en sistema de cultivo semiintensivo*. Tesis de Magister Scientia. Facultad de Agronomía, UBA.
13. Wicki, G. y L. Luchini. (2004). Development of practical diets for Pacú. A south american freshwater fish species. *International Aquafeed*, 7(3):23-29.
14. Wicki, G., F. Rossi, S. Martin, H.S. Panne y L. Luchini. (2004a). Utilización de ensilado ácido, harina de soja y pluma en diferentes dietas utilizadas en la primera fase de engorde de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*). *III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2004*. 246-254. Disponible en URL: <http://www.revistaaquatic.com/civa2004>