

**DISTINTOS NIVELES DE
FITOESTEROL EN DIETA
DE PACÚ Y SU
INCIDENCIA EN EL
NIVEL DE COLESTEROL
DEL TEJIDO MUSCULAR**



**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**

Distintos niveles de fitoesterol en dieta de pacú y su incidencia en el nivel de colesterol del tejido muscular

Wicki G., Hernández R., Merino Galli O.,
Sal F. y Candarle P.

Edición: Guillermina Dapello
Febrero de 2025

Resultados presentados en: III Foro Internacional sobre Introducción del
Pescado en la Alimentación Infantil y Escolar. Infopesca – SAGyP, CABA, 2017.



**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**

RESUMEN

Se muestran los resultados de una experiencia realizada con la especie Pacú para determinar el efecto de agregado en la dieta de un 0.1%, 0.2% y 0.4% de “fitoesteroles” de origen vegetal, y evaluar su efecto en el contenido de colesterol del tejido muscular a lo largo de 45 días. Los resultados muestran un efecto de reducción del colesterol y de las grasas en la carne de los peces. El contenido de grasas se redujo al 66%, respecto del valor inicial, mientras que el de colesterol al 36% del contenido de arranque de ensayo; sin apreciarse alteraciones significativas en las proteínas, ni cenizas musculares.

SUMMARY

The addition effect of 0.1, 0.2 and 0.4% plant origin phytosterols in pacú diet were studied in a 45 days essay and measured their incidence in body tissue cholesterol.

The results showed a significantly decrease of cholesterol and lipids in fish filet. Fat content decreased 66% while cholesterol was reduced 36% compared with initial feeding trials values; without significant changes either in protein or ash content.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Se consideran alimentos funcionales a aquellos que además de nutrir, poseen componentes que permiten el mejoramiento de la salud (Hoffmann, 2009). Esta nueva rama de la nutrición humana se encuentra en franco crecimiento y dedicada principalmente a la inclusión de valor agregado en aquellos productos destinados a mercados de alto valor adquisitivo.

Con la finalidad de aumentar el consumo de pescado, han sido promocionadas determinadas especies de origen marino, debido a sus altos contenidos de ácidos grasos ω_3 de cadena larga (EPA, DHA); los que poseen propiedades cardioprotectores.

Desde la acuicultura, se busca variar el porcentaje de ciertos componentes que contienen los peces en sus músculos, con la intención de hacer del producto resultante un alimento más saludable y con mayor respuesta en un mercado más competitivo.

A tal fin, se propuso el inicio de un estudio sobre un pez de cultivo como el “pacú”



(*Piaractus mesopotamicus*), especie característica de la cuenca del Plata, cuya producción por acuicultura se encuentra altamente difundida en el noreste de Argentina; siendo también de envergadura su producción en países limítrofes como Brasil y Paraguay.

En nuestro país, esta especie de cultivo, ha incrementado su volumen desde 300 TM en el año 1999 hasta 1.214 TM (2023), último registro estadístico de la Dirección Nacional de Acuicultura (Panné & Dapello, 2024). La especie pertenece a los peces denominados Characiformes, de músculo graso con un contenido aproximado de 19% de proteína y 9% de grasa.

Mediante estudios realizados previamente en el mismo CENADAC, se pudo comprobar que estos porcentajes de grasa, así como la composición de la misma, se pueden modificar a través de la dieta ofrecida durante parte de su período de cultivo, en la fase de engorde.

Actualmente, se busca reemplazar en las dietas balanceadas los ingredientes de origen animal, principalmente la harina de pescado, por otros de origen vegetal con el fin de reducir los costos operativos de producción. Los “fitoesteroles o esteroides vegetales”, poseen una estructura similar a la del colesterol que constituyen las membranas celulares de las células vegetales y poseen una función análoga a la del colesterol contenido en las membranas celulares de origen animal. Si bien se conocen algunas propiedades de esos fitoesteroides, otras están en franco proceso de estudio. Dentro de las ya conocidas, se mencionan las de actuar como inmuno-moduladores en mamíferos (cerdos) que colaboran en la prevención de enfermedades de origen diverso (Fraile et al, 2009). En el ser humano, aquellos ofrecen protección cardiovascular, encontrándose en estudio su participación en la prevención del cáncer de colon; estimulando la apoptosis de células tumorales (Awad & Fink, 2000).

A partir de este conocimiento, se han desarrollado diversas experiencias sobre especies del grupo de Crustáceos (organismos que no poseen la capacidad de sintetizar colesterol “de novo”); demostrándose que la utilización de fitoesterol (0,1%) suplementando (0,05%) de colesterol presente en el aceite de pescado, resulta en igual crecimiento que dietas con 0,15% de colesterol total (Morris et al., 2011). Aunque estas experiencias no hacen referencia al porcentaje de colesterol en el músculo de los animales, demuestran que no perjudica su crecimiento.

En especies piscícolas de agua fría, como lo es la trucha y el salmón del Atlántico, fueron realizadas experiencias de reemplazo de aceite de pescado por aceites vegetales, evidenciándose un cambio en la composición de las grasas musculares, donde los ácidos grasos insaturados de cadena larga, fueron reemplazados por sus precursores de 18 átomos de carbono. Al mismo tiempo se comprobó una



reducción de colesterol en músculo, probablemente debida a la presencia de los fitoesteroles (Lilan, 2011 y Petterson, 2012).

En una primera experiencia exploratoria realizada entre diciembre 2013 y marzo 2014 en el CENADAC se evaluó el agregado de 0.2% de fitoesteroles en el alimento balanceado de Pacú. Luego de 90 días de tratamiento se observó una reducción del contenido inicial de colesterol en el tejido muscular del 50%, sin alteración significativa en el contenido de proteína, grasas y cenizas del mismo (Wicki & Hernández 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo del presente estudio, fue evaluar el efecto de la inclusión de distintos niveles de fitoesteroles introducidos en la ración alimentaria del pacú, sobre las propiedades del tejido muscular, en especial grasas totales y colesterol.

Las experiencias se llevaron a cabo en el Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC) dependiente de la Dirección Nacional de Acuicultura de la Subsecretaría de Recursos Acuáticos y Pesca de la SAGyP, ubicado en el norte de la provincia de Corrientes, localidad Santa Ana (27° 32' S; 58°, 30' W). La elección recayó en la especie pacú, dado su alto crecimiento productivo; así como las características propias de la misma y su inserción en el mercado en toda la zona central del país y en la ciudad de Buenos Aires.

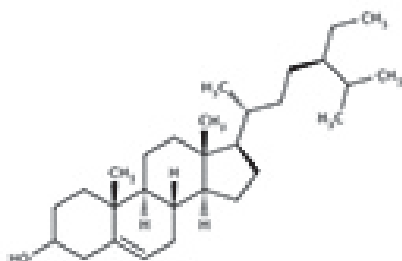
Los fitoesteroles fueron provistos por la empresa AOM, que produce y comercializa su producto Advasterol 90™, obtenidos del destilado de desodorización del proceso de refinación del aceite de soja. La estructura química se muestra en la figura 1

La composición típica del mismo es:

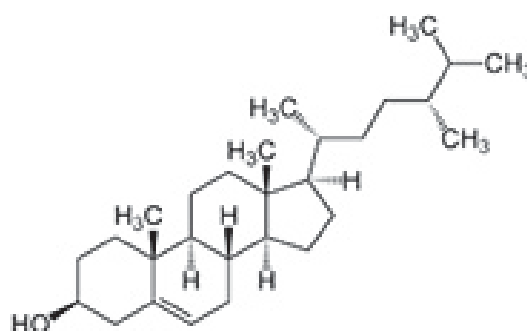
β-Sitosterol 34%-50%

Campesterol 17%-30%

Stigmaesterol 22%-30%

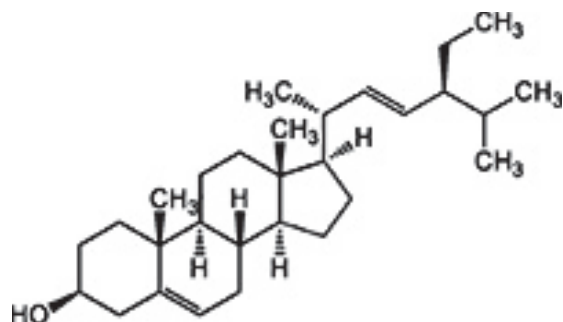


β-Sitosterol: C₂₉H₅₀O

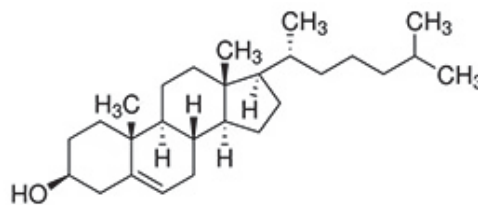


Campesterol: C₂₉H₄₈O





Stigmasterol: $C_{29}H_{48}O$



Colesterol: $C_{27}H_{46}O$

Figura 1: Estructura de los fitoesteroles y colesterol.

Se planificó este estudio experimental, evaluando la inclusión de un 0.1% (T1), 0.2%(T2) y 0.4%(T3) de fitoesteroles de origen vegetal, en la formulación de ración balanceada elaborada por extrusión en la planta experimental de alimentos del CENADAC. De esta forma, se alimentó a los peces durante un período de 45 días, tomándose muestras de tejido de un número de individuos a los 16, 31 y 45 días. Las variables analizadas fueron: contenido de proteína, de lípidos, de humedad, de cenizas y de colesterol en el tejido muscular de los peces; realizándose las determinaciones sobre tres ejemplares distintos. Los análisis de colesterol fueron determinados en el Laboratorio Rapela (CABA), mientras que el resto, fueron efectuados en el mismo Laboratorio Químico del CENADAC.



Foto 1: Extrusora en sala de fabricación de alimento en el CENADAC
Fuente: G.Dapello - Dirección Nacional de Acuicultura



En el inicio del estudio, se trasladaron ejemplares de pacú estabulados en estanques de cultivo “a cielo abierto” (10/01/2015), a cerramientos circulares en fibra de vidrio, bajo techo, con un mayor control de las condiciones experimentales (Muestra 0). El peso promedio de los mismos fue de 403g (± 57 g) y el peso de los filetes tomados para las muestras, de 98g (± 16 g). Se comenzó a alimentar con su correspondiente dieta balanceada, cuya única diferencia fue el contenido de fitoesteroles, variando entre 0%, 0.1%, 0.2% y 0.4%. Los muestreos se realizaron en la frecuencia antes mencionadas, dando entonces por finalizado este estudio el 24/2/2015.

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza de una vía con nivel de sensibilidad $p < 0,05$ mediante el paquete estadístico NCSS 2000.



Foto 3 y 4: Laboratorio de química del CENADAC donde se realizaron parte de los estudios.
Fuente: R. Hernandez - Dirección Nacional de Acuicultura

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de proteína en musculo de pacú tienden a disminuir hacia el primer muestreo sin diferencias significativas ($p > 0,05$) recuperándose a medida que el ensayo avanzó, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre los valores del día 16 y el muestreo final ($p > 0,05$).

La figura 2 muestra en detalle que los peces alimentados con ración balanceada sin inclusión de fitoesteroles tuvieron un aumento sostenido en la concentración de proteínas, de 20,9 a 21,6%. Los demás tratamientos mostraron la mencionada disminución y recuperación, que en el caso de los alimentados con 0,4% de inclusión de fitoesteroles mostró un valor final de 20,5%



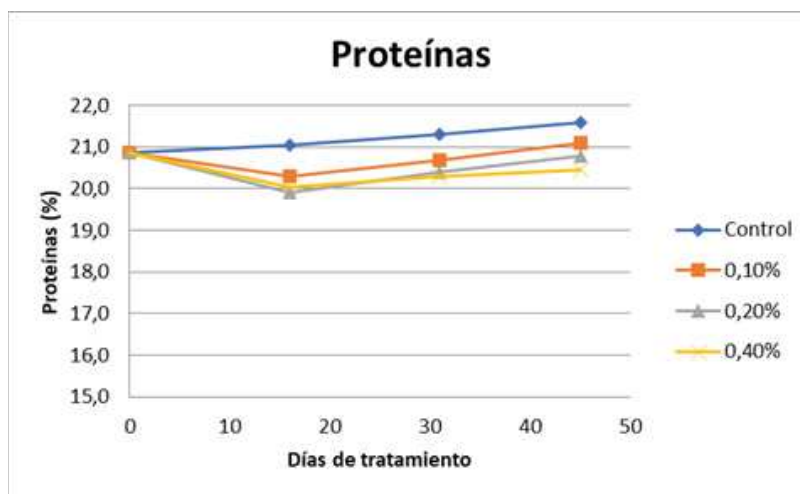


Figura 2: Valores de proteína (%) en músculo de pacú.
Fuente: Elaboración propia

Análisis realizados en CENADAC sobre músculo de pacú cultivado en estanques excavados en tierra muestran un valor de proteína de 21,2% y 4,3% de grasas. Las diferencias encontradas con los valores registrados al inicio de la experiencia pueden deberse a diferentes alimentos utilizados previo al presente ensayo. Asimismo, Espindola (2008) muestra valores de 20,96% de proteína y 4,77% de grasa para filete de boga, un characiforme de hábito alimentario omnívoro obtenido de la pesca artesanal.

De todas maneras es de destacar que en un ensayo de 160 días de duración Ferreira et al (2011) encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los contenidos de proteína y grasa en músculo de tilapia nilótica en peces alimentados con dieta que incluyó aceite de pescado (PB: 79,1% , Lípidos: 7,1%) y diferentes aceites vegetales (Aceite de oliva PB: 69,9% Lípidos: 9,6%; Aceite de lino PB: 70,2, Lípidos: 9,6%); notándose un marcado descenso de los valores de proteína.

Los valores de ceniza en músculo no expusieron diferencias entre los observados al inicio, ni en los muestreos intermedios (16 y 31 días) mostrando valores entre 1,4 y 1,7% para todos los tratamientos e instancias de cultivo ($p > 0,05$, Figura 3). Wicki & Hernandez (2014) reportan valores de cenizas entre 1 y 1,6% luego de 90 días de experiencia con 0,2% de agregado de fitoesteroles, valores similares a los obtenidos en este ensayo.

Los valores de humedad tampoco mostraron diferencias entre los iniciales y finales, manteniéndose entre 72,5 y 75,8% para todos los tratamientos. Wicki & Hernández (op cit), dan valores entre 73 y 75% para la experiencia mencionada anteriormente.

El contenido de lípidos en músculo tuvo una disminución significativa entre el



valor inicial y el de finalización de la experiencia ($p < 0,05$). Descartando el valor de inicio también se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el muestreo del día 16 entre el tratamiento control y los demás ($p < 0,05$), sin encontrarse discrepancias entre los valores finales.

La figura 4 muestra en detalle tales diferencias.

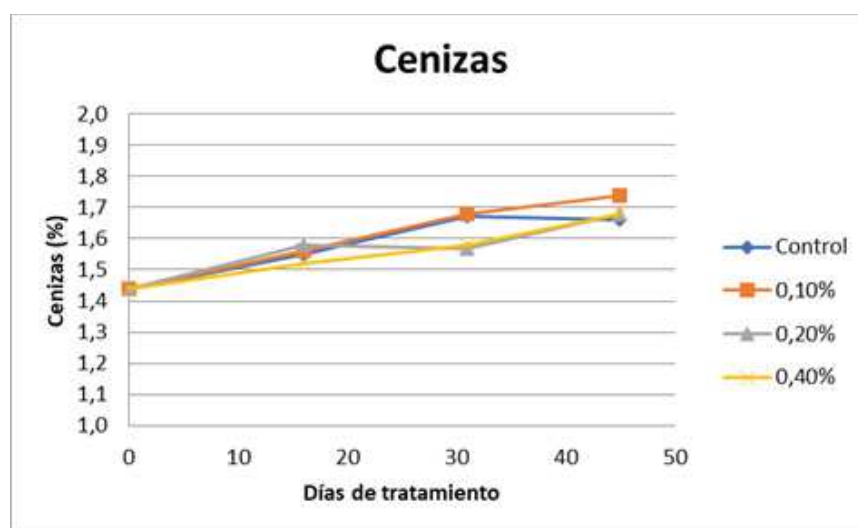


Figura 3: Valores de ceniza (%) obtenidos durante el ensayo
Fuente: Elaboración propia.

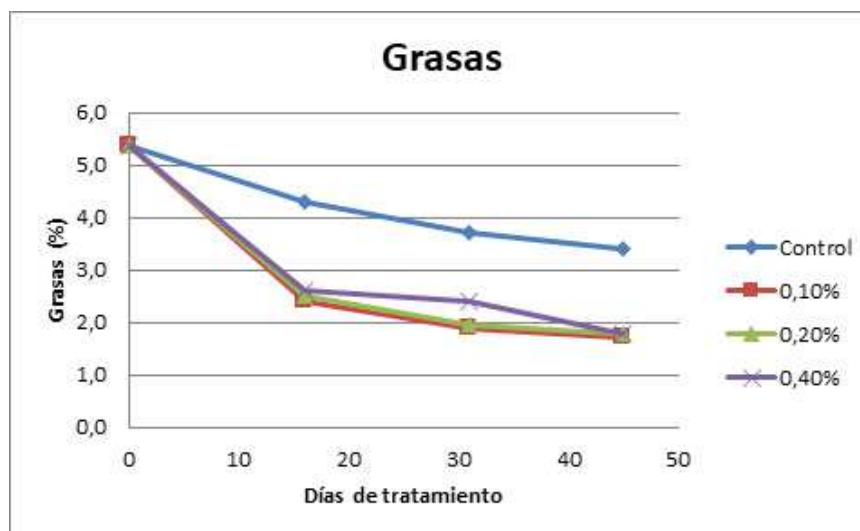


Figura 4: Valores de grasa (%) en músculo de pacú durante el desarrollo del ensayo
Fuente: Elaboración propia

Si bien la concentración de grasas en peces de cultivo se correlaciona positivamente con el contenido de grasa en la dieta, el depósito de reservas de las mismas varía de acuerdo a la especie (Hardy et al, 1987; Sargent et al 2002). En peces omnívoros y herbívoros de agua dulce tales como carpas y tilapia diversos autores



no han encontrado diferencias de crecimiento en el reemplazo de aceite de pescado por diversos aceites vegetales (Turchini et al, 2009).

En este caso, y al igual que en la experiencia de Ferreira et al (2011), se observa disminución en el contenido de grasas, aunque en esta experiencia este patrón no se relaciona en lo referente a las proteínas. Wicki & Hernández (2014) reportan una disminución de las grasas del 5,3% al inicio a 4,7% a los 90 días, asimismo, informan de un aumento en los valores de proteína de 18,2 a 20,1% al momento de la finalización del ensayo.

Los valores de colesterol muestran una disminución que se corresponde con lo observado con los porcentajes de grasas. Una mengua moderada en el tratamiento control y mayor en los peces alimentados con dietas que incluían fitoesteroles, a su vez cuanto mayor es la inclusión menor colesterol en el músculo. Las diferencias fueron estadísticamente significativas entre los contenidos de colesterol al inicio y finalización de la experiencia ($p < 0,05$) así como entre los tratamientos de 0,1 a 0,4% y el control ($p < 0,05$; Figura 5), sin mostrar diferencias entre tratamientos.

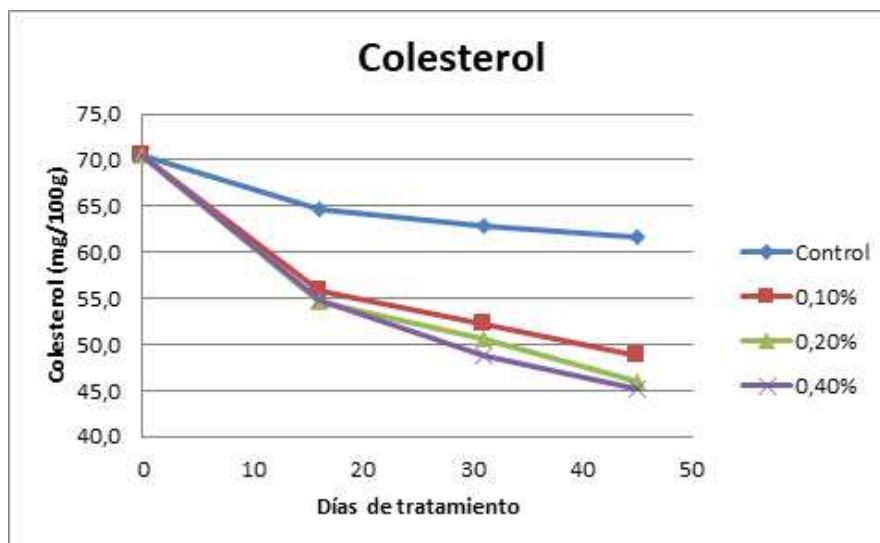


Figura 5: valores de colesterol obtenidos durante el ensayo
Fuente: Elaboración propia

Ferreira et al (2011) en experiencia con tilapia del Nilo observaron que peces ali alimentados con aceites vegetales (soja, maíz, lino y olivo) presentaron en todos los casos niveles más bajos de colesterol total, colesterol LDL y colesterol HDL en comparación con los alimentados con aceite de pescado.

La composición del tejido muscular se mantuvo relativamente constante a lo largo de todo el período experimental, conservándose los niveles de proteína (en-



tre 20,5 y 21,1 en todos los ensayos) y una disminución en el correspondiente a lípidos (de 5,4 a 1,8 a la finalización para los tratamientos experimentales). Se apreció además una marcada disminución a lo largo del tiempo, en el contenido de colesterol.

El cambio en las condiciones de los peces al pasar de estanques en tierra a los tanques plásticos de la sala de incubación, con diferentes condiciones ambientales, de densidad poblacional y el tipo de alimentación pueden haber influido en la primera etapa de los ensayos. Las proteínas tienden a recuperar los valores iniciales a lo largo de la experiencia, mientras que las cenizas y humedad se mantienen relativamente constantes, sin mostrar diferencias relacionadas con el nivel de los fitoesteroles utilizado.

Se aprecia una reducción en el contenido de grasas en todos los casos, efecto del cambio de dieta. Sin embargo, los valores de grasas se redujeron aún más (al 66% respecto al valor original) en las dietas que incluyen fitoesteroles, sin diferencias asociadas a los niveles de fitoesterol utilizados (Cuadro 1).

Reducción de grasas (%)				
Dieta	Días ensayo			
	0	16	31	45
Control	100	20,6	31,3	37,0
T1	100	55,7	64,1	68,1
T2	100	53,3	63,9	66,5
T3	100	52,4	55,2	66,7

Cuadro 1: Porcentaje de reducción de lípidos durante el ciclo experimental
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al nivel de colesterol en el músculo del pacú tratado, se manifestó una reducción al 36% del valor original para los peces que consumieron dietas con inclusión de fitoesteroles. En este caso se evidencia una leve incidencia del contenido de fitoesteroles en la reducción total (Cuadro 2).

Reducción de colesterol (%)				
Dieta	Día ensayo			
	0	16	31	45
Control	100	8,4	10,8	12,7
T1	100	20,8	26,0	30,7
T2	100	22,5	28,1	34,8
T3	100	22,1	30,7	36,0

Cuadro 2: Porcentaje de reducción de colesterol durante el ciclo experimental.
Fuente: elaboración propia.



Wicki & Hernández (2014) muestran una reducción aproximada al 50% de colesterol (128 a 66 mg/100g) luego de 90 días de ensayo con una inclusión de 0,2% de fitoesteroles. Independientemente del contenido de colesterol inicial, en ambas experiencias se observa reducción de este en forma significativa.

En cultivos comerciales donde se reemplaza el aceite de pescado por mezclas de diferentes lípidos alternativos, la eficacia de finalizar el período de cultivo con una dieta basada en aceite de pescado ha sido ampliamente probada en salmón del atlántico y otras especies (Turchini et al 2009), estrategia que permite terminar el producto con los niveles de ácidos grasos insaturados requeridos.

En el mismo sentido los fitoesteroles pueden ser aprovechados, incorporándolos a las raciones balanceadas ofrecidas a los organismos acuáticos en el período de finalización del engorde, ya que aparentemente, no causan perjuicio alguno, y logran el efecto deseado de reducción de grasas y del colesterol.

En peces de origen silvestre, existe una alta variación entre organismos marinos y de agua dulce, así como peces magros y grasos. Fonseca y Chavarria (2017) informan de contenidos entre 19,5 / 19,8 % de proteína y 1,18 y 2,2% de grasas en lenguado y barracuda del pacífico costarricense. Medeiros Melo et al (2019) informan para cinco especies del género *Mylossoma*, characiformes de la región de pantanal, valores de proteína entre 17 y 20,1 % y de grasas entre 1,98 y 10,36%. Con valores de colesterol entre 10,9 y 19,6 mg/100g.

Scherr et al (2015) presentan valores de colesterol para peces de consumo habitual en Brasil entre 70 y 107 mg/100 g, datos obtenidos para las especies pescadilla y mero blanco.

Dado el crecimiento de la acuicultura a nivel mundial, superando en el presente a la pesca extractiva, y lo disímil de los valores de grasa y colesterol en peces de origen silvestre, esta estrategia de agregado de fitoesteroles a la finalización de cultivo permitiría homologar un producto con la composición y valores deseados para una alimentación saludable.

CONSIDERACIONES FINALES

El agregado de fitoesteroles de origen vegetal en la formulación del alimento balanceado, posee un efecto significativo sobre la reducción del contenido de grasas y de colesterol en la carne del pacú. La inclusión de sólo 0.1% de fitoesteroles resultó suficiente para mostrar resultados significativos luego de 45 días de tratamiento.

Es necesario realizar en futuros ensayos la determinación del perfil de ácidos grasos en músculo con el fin de evaluar cambios de calidad en el producto.

Asimismo, se deberá analizar la presencia de fitoesteroles en el producto resul-



tante. Estas prácticas podrían contribuir a obtener un producto más saludable y de mayor valor en el mercado.

Por último, incentivar el consumo de pescado de río cultivado con oferta de un bien de consumo de propiedades benéficas para la salud, con características homogéneas y trazabilidad comprobada.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio experimental fue desarrollado en el marco de un Acuerdo firmado en noviembre 2014, entre el CENADAC (Dirección de Acuicultura – MAGYP) y la empresa AdvancedOrganicMaterials S.A (AOM S.A). Se agradece el apoyo brindado, tanto por AOM S.A., como por el personal del CENADAC; sin el cual no hubiera sido posible realizar este estudio.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Awad A y Fink C, (2000). Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. *J. Nutr.* 130: 2127-2130.

Du ZY, Clouet P, Huang LM, Degrace P, Zheng WH, He JG et al. (2008) Utilization of different dietary lipid sources at high level in herbivorous grass car (*Ctenopharyngodon idella*): mechanism related to hepatic fatty acid oxidation. *Aquaculture Nutrition* 14: 77-92.

Espíndola B, (2008). Variaciones en el contenido de macro y micronutrientes de pescado de río sometidos a cuatro formas de cocción. Tesis de magister Scientae, UNL- Fac. de ciencias veterinarias. 104p.

Ferreira MW, De Araujo FG, Costa DV, Rosa PV, Figueiredo HCP, (2011). Influence of Dietary Oil Sources on Muscle Composition and Lipoprotein Concentrations in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society.* 42(1):24-33. ISSN: 1749-7345
<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00440.x>

Fonseca Rodriguez C, y Chavarria Solera F. (2017). Composición proximal de pescados y mariscos disponibles en el pacífico costarricense. *UNICIENCIA* 31 (1):23-28

Fraile LJ, Crisci E, Weenberg J et al, (2009). Effect of treatment with phytosterols in three herds with porcine respiratory disease complex. *J. Swine*



Health Prod. 17(1): 32-41.

Hoffmann K, (2009). Functional aquafeeds: dietary supplements in break-through pledge. *International Aquafeed*. 12(2): 30-34.

Hardy RW, Scott TM, Harrell LW (1987) Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil, or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net-pens. *Aquaculture* 65: 267–277.

Liland N, (2011). The effect of plant proteins and vegetable oils on the sterol metabolism of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Tesis Master in Nutrition of Aquatic Organism in Aquaculture, University of Bergen, 82 pp.

Medeiros Melo D., Ferreira Rosenoa T., Barrosa W., Gomes de Fariaa E., Souza Paglarinib C., Peter Bitencourt Fariac y Sandra Mariotto (2019). Fatty acid profiles and cholesterol content of Five species of pacu-pevas from the pantanal region of Mato Grosso, Brazil. *Journal of food composition and analysis*, 83-103283.

Morris T, Samocha T, Davis AD, Fox J, (2011). Cholesterol supplements for *Litopenaeus vannamei* reared on plant based diets in the presence of natural productivity. *Aquaculture*. 314: 140-144.

NCSS 2000, (1998). Number cruncher statistical system. Version 6.0 Graphics Dr. Jerry L Hintze, Kaysville, Utah, USA.

Panne S & Dapello G, (2024) Acuicultura Argentina. Recopilación histórica de su Desarrollo. Dirección Nacional de Acuicultura. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/estadisticas/_archivos//000000_Acuicultura%20Argentina%20%20Recopilación%20histórica%20de%20su%20desarrollo%20.pdf

Petterson A, (2012). Effects of replacing fish oil with vegetable oils in feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and arctic charr (*Salvelinus alpinus*). PhD tesis , Universidad de Uppsala, Suecia.

Sargent JR, Tocher DR, Bell JG (2002) The lipids. In: Halver JE, Hardy RW (eds) *Fish Nutrition*, pp. 181–257. Academic Press, Elsevier, San Diego.

Scherr C, Moron A, Hiroshi M, y Diaz Santos R, (2015). Concentraciones de ácidos grasos y colesterol en pescados de consumo habitual en Brasil. *Arq. Bras. Cardiol*, 104(2): 152-158.



Turchini G., Bente E. Torstensen and Wing-Keong Ng (2009) Fish oil replacement in finfish nutrition *Reviews in Aquaculture* 1, 10–57 Blackwell Publishing Asia Pty Ltd

Wicki G., Hernández R., (2014). Efecto de la inclusion de fitoesteroles en la alimentación de Pacú, Informe Interno CENADAC.





**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**