

Efecto de la somatotropina recombinante bovina sobre el crecimiento de híbridos de tilapia a diferentes temperaturas

Marcela Fragoso Cervón*

Ana Auró de Ocampo*

Luis Ocampo C.**

Héctor Sumanó López***

Ernesto Avila González**

Abstract

Bovine somatotropin (BST-R) was injected intramuscularly (IM) to 72 hybrid tilapies (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Fish were randomly divided in 6 groups of 3 fish each and 4 replicates per group. In the first experiment, increasing doses (7.55, 5.00, 2.50, 1.25, 0.62 and 0 μ g/g of fish) of BST-R were administered to each group in order to determine the best dose response effect. In a second trial, 5.00 μ g/g of fish was injected to 300 hybrid tilapies with an average of 14 ± 2.7 g in 4 groups of 30 fish each with three replicates. Groups 2a and 2b received a single dose of 5 μ g/g of BST-R I.M. in a controlling temperature between 22 to 24 °C for Group 2a, and between 25 to 27 °C for Group 2b. There was a control Group for both groups, which was injected I.M. with 0.1 ml of sesame oil per fish. These experiments were followed during 8 weeks. BST-R treated groups showed a statistically significant ($P < 0.01$) increment in growth and weight, and this was evident on the fifth week. Food consumption was also greater in the treated groups during this period. Temperature did not influence body weight nor growth, and no differences were detected regarding body composition. However, mortality rate was greater in the control- than in the treated groups. Although growth and body weight were significantly enhanced by the injection of BST-R, reduction in mortality rate merits further investigation.

KEY WORDS: Tilapies, *Oreochromis Mossambicus* X *O. Niloticus*, Somatotropin, Growth, Temperature.

Resumen

Se administró somatotropina recombinante bovina (STRB) por vía intramuscular a 72 tilapias híbridas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*), divididas en 6 lotes de 3 peces cada uno, con 4 réplicas por lote, en dosis crecientes de 0 μ g /g de peso (lote testigo) a 7.55 μ /g. La dosis más eficaz para mejorar el crecimiento de los peces fue de 5 μ g/g. Posteriormente se utilizaron 360 tilapias híbridas con peso promedio de 14 ± 2.7 g que se separaron en 4 grupos de 30 peces c/u, con tres réplicas por lote y tratados de la siguiente manera: grupo 2a con una sola dosis de 5 μ g/g de STRB por vía intramuscular y con temperatura controlada entre 22° y 24°C; grupo 2a testigo, al que se le administró una sola dosis de 0.2 ml/pez de aceite de ajonjolí por vía intramuscular y con la misma temperatura que el anterior; grupo 2b que recibió una sola dosis de 5 μ g/g de STRB por la misma vía y temperatura controlada entre 25° y 27°C; grupo 2b testigo, al que se le administró una sola dosis de

Recibido el 17 de septiembre de 1998 y aceptado el 10 de febrero de 1999.

*Departamento de Producción de Especies no Tradicionales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

**Departamento de Fisiología y Farmacología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

***Departamento de Producción: Aves, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

0.2 ml/pez de aceite de ajonjolí por vía intramuscular y con la misma temperatura que el lote 2b. El experimento duró 8 semanas y se observó que los grupos tratados con STRB tuvieron un crecimiento estadísticamente significativo ($P < 0.01$) mayor que los grupos testigos a semana, aunque el consumo de alimento fue mayor en los grupos tratados que en los testigos. Cuando se contrastaron los efectos de la temperatura sobre la ganancia de peso, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los dos rangos utilizados, existiendo mayor mortalidad en el grupo testigo.

PALABRAS CLAVE: Tilapia, *Oreochromis Mossambicus* X *O. Niloticus*, Somatotropina, Crecimiento, Temperatura.

Introducción

Numerosos factores contribuyen al crecimiento de peces comerciales para consumo humano, entre otros, la composición de la dieta, el medio, los programas de selección y cruce del pez y la manipulación endocrina^{1,2}. Al igual que en los mamíferos, el crecimiento de los peces es pituitario dependiente y, con base en informes previos, es factible pensar que la hormona de crecimiento de mamíferos puede ser eficaz para promover el crecimiento en tilapias^{1,3}. Se han logrado incrementos de peso en el salmón Coho (*Oncorhynchus kitsutch*)^{1,3,4}, en la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)^{5,6,7,8} el salmón del Atlántico (*Salmo salar*)^{9,10} y en la brema marina (*Sparus aurata*);¹¹ especies en las que además se mejora la conversión alimenticia y la calidad de la masa corporal. En contraste, en la tilapia (*Oreochromis* sp), una de las especies más cultivadas en el mundo, no se han determinado la dosis, la vía de administración, ni la eficacia de la somatotropina recombinante bovina (STRB). Por ello, se pensó en evaluar las principales variables productivas (incremento de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) de la tilapia en un lapso de ocho semanas, con una sola aplicación de STRB. Asimismo, se realizaron estudios histopatológicos en diferentes órganos y se determinó la composición corporal de proteína y extracto etéreo mediante el análisis químico proximal.

Material y métodos

El trabajo experimental se llevó a cabo en dos fases: Experimento 1, determinación de la dosis efectiva de la STRB en la tilapia; experimento 2, evaluación del efecto de la dosis efectiva de STRB en el crecimiento de la tilapia con temperaturas controladas de la siguiente forma: a) entre 22° y 24°C; b) entre 25° y 27°C.

Para el experimento 1 se utilizaron 72 tilapias juveniles del híbrido *Oreochromis mossambicus* X *Oreochromis niloticus* de 5 a 12 g, que se ubicaron en 24 peceras de 40 l de capacidad, con 3 peces en cada una. El agua se dechloró por aereación a 2000 ml/min y se cambió en un promedio de 25% por día, para reducir la concentración de amonio y el 100% cada semana.

Cada pez se marcó con tinta india intradérmicamente para lograr una identificación individual. Las tilapias se pesaron semanalmente para llevar el registro individual

del peso de cada pez y proporcionar el 2.5% de su biomasa en alimento.

Las tilapias se distribuyeron en 6 tratamientos con 4 réplicas, conforme a un diseño en bloques al azar, a los que se les aplicó la STRB en una sola dosis por vía intramuscular de la siguiente manera: Tratamiento 1, 7.55 μ g/g de pez; tratamiento 2, 5.00 μ g/g de pez; tratamiento 3, 2.50 μ g/g de pez; tratamiento 4, 1.25 μ g/g de pez; tratamiento 5, 0.62 μ g/g de pez; tratamiento 6 (grupo testigo), se le aplicó únicamente el vehículo de la somatotropina (aceite de ajonjolí) en una dosis de 0.2 ml/pez.

Para el experimento 2 se utilizaron 360 tilapias híbridas (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) con peso promedio de 14 g \pm 2.7 g. Se desparasitó con prazicuantel en dosis de 50 mg/kg de peso, mezclado en el alimento, durante tres días. Los peces se marcaron individualmente igual que en el experimento 1, pero con pintura acrílica subcutánea¹², ya que la inyección de tinta produjo inflamación local en algunos peces y posteriormente se distribuyeron en dos tratamientos de 30 peces cada uno, en una proporción de 50% machos y 50% hembras, con tres réplicas cada uno, para cada uno de los rangos de temperatura establecidos (a y b). Se colocaron en tinas de fibra de vidrio de 600 l de capacidad, provistas de agua dechlorada con tiosulfato de sodio, con una aereación de 2000 ml/min. Los grupos correspondientes al tratamiento 1a y 1b recibieron una sola dosis de STRB de 5 μ g/g de pez, por vía IM. Los grupos testigo (2a, 2b) recibieron una sola inyección del vehículo de la somatotropina (aceite de ajonjolí) de 0.2 ml/pez.

A todos los peces se les proporcionó una dieta (Cuadro 1), que se suministró en cantidad de 2.5% de su biomasa. Si algún pez moría durante el experimento, se sustituía por otro del mismo peso, para que la densidad de carga fuera la misma en el tanque, pero no se consideraba dentro del bioensayo como tal, excepto para ajustar la cantidad de alimento. Cada semana se medían los parámetros fisicoquímicos del agua (oxígeno, nitritos, nitratos, amonio y pH) y se lavaban las tinas. Al término del bioensayo (8 semanas) se sacrificaron por desmedulación 24 peces por tratamiento, para analizar los índices orgánicos del paquete gastrointestinal, del bazo y del hígado, y para el estudio histopatológico del tubo gastrointestinal, hígado, riñón, bazo, gónadas, branquias y columna vertebral. Se les fijó en formol amortiguado y se procesaron por inclusión en parafina y por congelación,

Cuadro 1

COMPOSICION DE LA DIETA UTILIZADA (%)	
Harina de pescado	25
Harina de carne	5
Harina de trigo	43
Pasta de soya	19
Pasta de girasol	5
Premezcla de	1
Vitaminas	
Premezcla de minerales	1
Ligante	1
Análisis determinado	
Proteína cruda	35.0
Extracto etéreo	4.5
Fibra cruda	6.0

con tinción de hematoxilina y eosina y la de Sudán. A las 6 canales restantes de cada tratamiento se les determinó la cantidad de proteína, grasa y humedad.

Los resultados se evaluaron por medio de análisis de varianza con un diseño de bloques al azar para incremento de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento, cantidad de proteína, grasa y humedad. Los resultados de la mortalidad y los índices orgánicos se manejaron por medio de Ji cuadrada, y se llevaron a cabo los análisis de regresión con los pesos obtenidos tanto para la quinta como para la octava semana.¹³

Resultados

Los resultados del experimento 1 se muestran en el Cuadro 2, donde se observa que hay mayores incrementos de peso a medida que la dosis se aumentó hasta 5 µ g/g de pez, los pesos disminuyeron con dosis superiores. Sin embargo, sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la tercera semana, cuando se contrastaron el grupo testigo con el grupo al que se le administró 5 µ g/g de pez.

El incremento de peso fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) en el experimento 2a, en favor del grupo tratado en la quinta semana, esta diferencia disminuyó hacia el final del bioensayo.

En cuanto al consumo de alimento, los peces tratados consumieron más alimento que los no tratados, de la quinta a la octava semana. Sin embargo, el análisis estadístico sólo mostró diferencias significativas en la quinta semana. La mortalidad acumulada fue mayor en el grupo testigo ($P < 0.05$) que en el tratado (Cuadro 3).

Los resultados comparativos del análisis de humedad, grasa y proteína, no presentaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de ellos, ya que los porcentajes promedio de humedad fueron 72.8 y 67.9 para los tratados y testigos "a", respectivamente, y 73.2 y 72.4 para los tratados y testigos "b", respectivamente. En cuanto a la proteína cruda en base seca, los promedios

fueron 60.28% y 60.8%, para los tratados y testigos "a", respectivamente, y 60.4% y 60.7%, para los tratados y testigos "b". El extracto etéreo en base seca tuvo promedios de 15.9% y 16.01% para los tratados y testigos "a" y 16.2% para ambos.

Los índices orgánicos tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas, ya que los pesos promedio del tracto gastrointestinal para los grupos tratado y testigo "a" y tratado y testigo "b" fueron 4.32 g, 5.07 g, 4.51 g y 5.03 g, respectivamente. El peso del bazo fue 0.24 g, 0.22 g, 0.30 g y 0.27 g, respectivamente, y por último, el peso del hígado fue de 1.37 g, 1.41 g, 1.35 g y 1.43 g, respectivamente.

Los resultados del experimento 2b se muestran en el Cuadro 3, en el que se observa que los incrementos de peso semanales a la quinta semana son estadísticamente significativos ($P = 0.004$) en favor de los grupos tratados; a la octava semana, los pesos de los peces tratados continúan siendo mayores, pero no hay diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto al consumo de alimento a la quinta semana, éste resultó ser 53.0 g mayor en los peces tratados, lo que se refleja en la conversión alimenticia: 1.46:1 en el grupo tratado, y 1.58:1 en el grupo testigo, aunque no hay diferencia estadísticamente significativa. A la octava semana, el consumo de alimento continúa siendo mayor para los peces tratados, que consumieron 72.0 g más, con un índice de conversión similar al de la quinta semana. La comparación de pendientes mediante el análisis de regresión mostró que éstas fueron mayores para los grupos tratados con somatotropina que para los testigos, tanto en la quinta como en la octava semanas para los experimentos 2a y 2b (Figuras. 1 y 2). La mortalidad acumulada a la octava semana en el grupo testigo fue el doble que la registrada en el tratado (Cuadro 3). En las Figuras 1 y 2 se presentan las curvas de crecimiento y las curvas de regresión, para las ganancias de peso de grupos tratados y testigos de ambos experimentos.

No se presentaron lesiones patológicas aparentes ni en el experimento 2a ni en el 2b.

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que existe una respuesta positiva del crecimiento de la tilapia a la administración de la STRB, cuando se le compara con el grupo testigo. En otros estudios como el de Martínez-Barbera *et al.*¹⁴, se demostró que la transgénesis de la hormona del crecimiento a los huevos de tilapia produjo un mayor crecimiento en los peces. Asimismo, Fryer y Bern 15 encontraron que la hormona del crecimiento de la tilapia es biológicamente activa en el salmón (*Oncorhynchus nerka*), la que además de acelerar el crecimiento, facilitó la adaptación de los juveniles al agua marina. Sin embargo, en el mismo trabajo sugieren que la hormona del crecimiento de la tilapia puede ser diferente a la del salmón. En este sentido, Hong y Scharltl¹⁶ demostraron que la hormona del crecimiento del salmón y la tilapia son diferentes a la de la carpa, pero muy

Cuadro 2
CRECIMIENTO SEMANAL DE LOS PECES CON LAS DIFERENTES DOSIS DE STRB EN µg/g DE PEZ (EXPERIMENTO 1).

Semana	7.5	5	2.5	1.25	0.625	testigo	P
0 (Basal)	8.02±1.3	8.11±1.1	8.41±1.1	8.06±1.7	7.55±1.6	8.48±1.6	.55
1	9.50±1.7	9.97±1.4	9.23±1.3	9.29±2.1	8.33±1.9	9.24±1.7	.29
2	10.07±1.8	10.91±1.5	10.15±1.4	10.38±2.4	8.86±1.9	9.66±1.7	.09
3	10.70±1.9	11.66±1.6*	10.74±1.8	11.14±2.5	9.66±2.3	10.35±2.1*	.04
4	11.02±1.9	11.85±1.7	11.19±1.9	11.59±2.5	10.30±2.3	10.64±2.2	.39
5	12.10±2.2	12.44±2.0	12.05±2.7	12.62±2.7	11.09±2.5	11.24±2.5	.49
6	12.50±2.4	12.92±2.0	12.48±2.7	12.96±2.8	11.87±2.7	11.46±2.1	.52
7	13.10±2.4	13.31±2.5	12.92±2.7	13.04±2.6	12.27±2.4	11.65±2.0	.49
8	13.50±2.5	13.71±2.6	13.34±2.6	13.36±2.7	12.32±2.5	11.88±2.2	.41

* Diferencias estadísticamente significativas (P<0.05)

Cuadro 3
RESULTADOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS CON Y SIN SOMATOTROPINA EN LOS DOS RANGOS DE TEMPERATURA UTILIZADOS (EXPERIMENTO 2)*

Parámetros	Tratados *	Testigos *	P	CV (%)	Tratados [‡]	Testigos [‡]	P	CV (%)
Peso inicial (g)	14.3 ± 0.1	4.26 ± 0.11	0.39	0.28	16.1±2.1	16.0±2.4	0.20	0.67
Incremento de peso 5a sem.(g)	14.45**	10.85**	0.001	0.68	15.9**	13.46	0.004	1.66
Incremento de peso 5a sem.	100.45**	84.04**	0.001	0.75	98.75	84.12	0.003	1.30
Incremento de peso 8a sem.(g)	22.40	20.56	0.13	4.25	33.2	31.56	0.084	2.91
Incremento de peso 8a sem.	155.80	143.53	0.13	4.19	206.21	197.25	0.187	2.46
Consumo de alimento 5ª sem. (g)	468.13**	427.85**	0.001	0.48	701	648	0.091	3.16
Consumo de alimento 8ª sem. (g)	957.33**	882.6**	0.001	0.33	1376**	1304**	0.004	0.51
Conversión alimenticia 5a sem.	1.08**	1.19**	0.015	1.65	1.46	1.58	0.18	5.88
Conversión alimenticia 8ª sem.	1.44	1.43	0.87	3.27	1.37	1.37	0.88	1.95
Mortalidad Acumulada	1**	2**	0.05	1**	2**	0.05		

* 22° a 24°C

[‡] 25° a 27°C

** Diferencias estadísticamente significativas. (P<0.05)

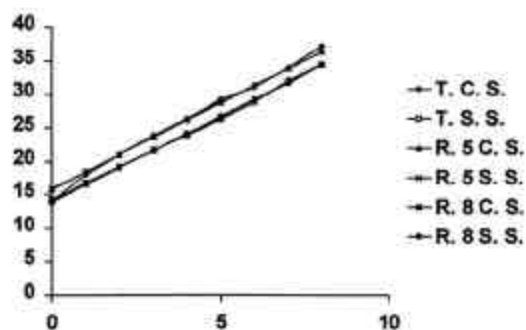
semejantes a las aves y mamíferos, en cuanto al número de péptidos y su secuencia.

Si bien no hay investigaciones semejantes en la tilapia, sí las hay en otras especies de teleosteos, los que se mencionan con fines comparativos. Garber *et al.*¹⁷

obtuvieron ganancia diaria de peso del 8.1% del día 0 al 56 en trucha tratada con STRB. Otros investigadores han obtenido buenos resultados, no solamente en el crecimiento sino en la adaptación al medio, en salmón Coho (*Oncorhynchus kitsutch*), con crecimientos mayores del orden del 37% al 83% en 6 meses de aplicación,^{1,3}

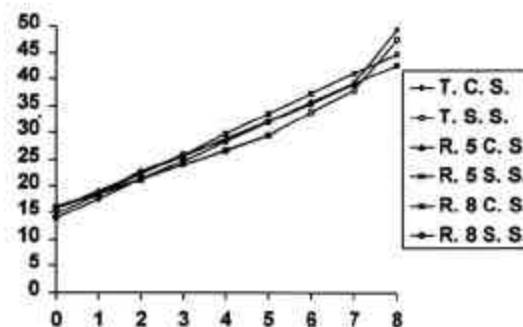
Moriyama *et al.* 5 usaron somatotropina recombinante de salmón (STRS) en trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) y Mc Lean *et al.*¹⁸ y McLean y Donaldson¹⁹ usaron somatotropina recombinante porcina (STRP) en

salmón Coho (*Oncorhynchus kitsuych*); sin embargo, observaron disminución del crecimiento después de la sexta semana, de manera similar a los resultados aquí obtenidos, aunque ellos utilizaron la hormona en un implante durante 6 meses, en lugar de la vía parenteral y a partir de la vigésima sexta semana cuando se usó por dos años. Seddiki *et al.*²⁰ utilizaron somatotropina recombinante ovina (STRO) en salmón del Atlántico (*Salmo salar*), y obtuvieron un aumento en el consumo de oxígeno, con lo que se valoró un incremento en el metabolismo, por lo que los peces comen más; sin que se registraran diferencias al cambiarlos a agua salada. Zhang²¹ aplicó somatotropina recombinante de atún en crías de carpa espejo (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) y observó un aceleramiento en la tasa de crecimiento, aumento en la



T.C.S. CRECIMIENTO CON SOMATOTROPINA; T.S.S. CRECIMIENTO SIN SOMATOTROPINA; R.5 C.S. REGRESION A LA QUINTA SEMANA CON SOMATOTROPINA; R.5 S.S. REGRESION A LA QUINTA SEMANA SIN SOMATOTROPINA; R.8 C.S. REGRESION A LA OCTAVA SEMANA CON SOMATOTROPINA; R.8 S.S. REGRESION A LA OCTAVA SEMANA SIN SOMATOTROPINA

Figura 1. Crecimiento semanal en gramos y regresiones lineales a la quinta y octava semanas.



T.C.S. CRECIMIENTO CON STRB; T.S.S. CRECIMIENTO SIN STRB; R.5 C.S. REGRESIÓN A LA QUINTA SEMANA CON STRB; R.5 S.S. REGRESIÓN A LA QUINTA SEMANA SIN STRB; R.8 C.S. REGRESIÓN A LA OCTAVA SEMANA CON STRB; R.8 S.S. REGRESIÓN A LA OCTAVA SEMANA SIN STRB.

Figura 2. Crecimiento semanal (g) y regresiones lineales a la quinta y octava semanas (experimento b.)

longitud del cuerpo, aumento en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia; Macari *et al.*²², al utilizar somatotropina recombinante humana (STRH) en juveniles de Tacambu (*Piaractus mesopotamicus* x *Colossoma macropomus*) encontraron un estímulo en la longitud lineal y en la ganancia de peso; por último, Cavari *et al.*²² observaron mayor incremento (6-13%) de peso en *Sparus aurata* con STRH y STRB y resultados menores con STRP y somatotropina recombinante de aves.

Todos los resultados de los autores mencionados tienen relación si se considera que la SRBS es un péptido de 188 aminoácidos en el código natural, y 22 residuales en un péptido putativo con una homología del 98.99%, con la somatotropina recombinante de la trucha (STRT) y 98.9% con la STRS (salmón Chum); 95.7% con la STRS (salmón Coho), y sólo 70.1% con la STRA (aves)²³. La STRS (salmón Chinook) también posee 188 aminoácidos 24; la somatotropina recombinante del pez gato gigante (*Pangasianodon gigas*) es un péptido de 200 aminoácidos con un péptido putativo de 22²⁵; Hong y Scharlt¹⁶ encontraron que la STRC de la carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) es un péptido de 110 aminoácidos con una señal de 22 aminoácidos y con una homología del 95% con la de la carpa espejo. Asimismo, se halló un paralelismo de acción entre la hormona del crecimiento de la brema marina (*Sparus aurata*) y las del salmón y trucha Arcoiris¹⁶. Los resultados obtenidos en este bioensayo confirman la similitud de la STRB con la de la tilapia, dada la respuesta satisfactoria en ganancia de peso de ésta a la inyección de la hormona.

La dosis a la cual se obtuvieron los mejores resultados: (5µ g/g) es semejante a la encontrada por Fine *et al.*²⁶ en carpa común, pero menor a la utilizada por Seddiki *et al.*²⁰, que fue de 7 µ g/g en el salmón del Atlántico y mayor que la empleada por Macari *et al.*²² e Ishioka *et al.*²⁷, de 4 µ g/g y de 1 µ g/g en Tacambu y en brema roja

marina. El crecimiento de los organismos exotermogénicos es dependiente de la temperatura, Down *et al.*³ y Fryer y Bern¹⁵ informan que la respuesta del crecimiento a la somatotropina exógena depende de la temperatura; sin embargo, Down *et al.*³ afirman que existen efectos inhibitorios del crecimiento por la temperatura y fotoperiodo que se pueden contrarrestar por medio de somatotropina, al acelerar la actividad metabólica⁴. De acuerdo con este ensayo, la temperatura no tuvo efecto en el crecimiento, probablemente porque ambos rangos son apropiados para la tilapia, que se adaptó a las condiciones climáticas de la ciudad de México.

La conversión alimenticia observada en este bioensayo no concuerda con los trabajos de Zhang²¹, Ishioka *et al.*²⁷ y Johnson y Bjornsson²⁸, ya que ellos encuentran diferencias estadísticamente significativas en favor de los peces tratados; sin embargo, Seddiki *et al.*²⁰ observaron un mayor consumo de alimento en los peces tratados, en contraste con los trabajos de Garber *et al.*¹⁷, quienes encuentran que el consumo en los peces tratados es menor.

Con respecto al análisis bromatológico de las canales, a diferencia de este bioensayo, Chatakondi *et al.*²⁹ observaron que en carpas transgénicas (gen de somatotropina de trucha Arcoiris) había mayor contenido de proteína cruda y menor de grasa y humedad. Asimismo, Garber *et al.*¹⁷ encontraron reducción de materia seca y grasas, pero aumento de cenizas, sin diferencias en la proteína cruda.

El índice orgánico que presentó diferencias en este bioensayo (gónadas), posiblemente se deba al mismo efecto encontrado por Chmievsky³⁰, ya que cuando la temperatura aumenta, se registra un aumento compensatorio de las gónadas al mismo tiempo que el crecimiento del pez; otros autores registran mayor peso en el intestino^{1,31}.

Referencias

- McLean E, Donaldson EM, Mayer Y, Teskeredzic E, Teskeredzic Z, Pitt C, Souza LM. Evaluation of a sustained-release polymer-encapsulated form of recombinant porcine somatotropin upon long-term growth performance of coho salmon (*Oncorhynchus kitsuch*). *Aquaculture* 1994;122:359-368.
- Cavari B, Funkenstein B, Chen TT, Powers DA, Muir JF, Roberts PJ. Recombinant growth hormone. *Recent Adv Aquacult* 1993;4:121-129.
- Down NE, Donaldson EM, Dye HM, Bone TC, Langley KE, Souza LA. A potent analog of recombinant bovine somatotropin accelerates growth in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kitsuch*). *Can J Fish Aquat Sci* 1989;46:178-183.
- Down NE, Donaldson EM, Dye HM, Langley KE, Souza LA. Recombinant bovine somatotropin more than double the growth rate of coho salmon (*Oncorhynchus kitsuch*) acclimated to seawater and ambient winter conditions. *Aquaculture* 1988;68:141-155.
- Moriyama SI, Yamamoto H, Sugimoto SI, Abe T, Hirano T, Kawauchi H. Oral administration of recombinant salmon growth hormone to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 1993;112:99-106.
- De Yong KG, Roeder RA, Gaber MJ, Lellis WA, Honeyfields DC, Bull RC, et al. Dose-effects of recombinant bovine somatotropin on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Anim Sci* 1994; Suppl 1:200.
- Bolton JP, Collie NL, Kawauchi H, Hirano T. Osmoregulatory actions of growth hormone in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J Endocrinol* 1987;112:63-68.
- Sakamoto T, Hirano T. Growth hormone receptors in the liver and osmoregulatory organs of rainbow trout characterization and dynamics during adaptation to seawater. *J Endocrinol* 1991;130:425-433.
- Boeuf G, Le Bail PY, Prunet P. Growth hormone and thyroid hormones during Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolting, and after transfer to seawater. *Aquaculture* 1989;82:257-268.
- Cavari B, Funkenstein B, Chen TT, González-Villaseñor L, Scharl M. Effect of growth hormone on the growth rate of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) and use of different constructs for the production of transgenic fish. *Aquaculture* 1993;111:189-197.
- Schmitz M, Berglund Y, Lundqvist H, Gjönnsson BTh. Growth hormone response to seawater challenge in Atlantic salmon (*Salmo salar*), during parr-smolt transformation. *Aquaculture* 1994;121:209-221.
- Banegal T. Methods for assessment of fish production in freshwaters. 3rd ed. New York: Blackwell Scientific Publications, 1993.
- Spiegel MR. Estadística. 2a ed. London (UK): McGraw-Hill, 1991.
-
- Martinez-Barbera JP, Pendon C, Marti-Palanca H, Calduch-Giner JA, Rodriguez RB, Valdivia MM, Perez-Sanchez J. The use of recombinant gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth hormone for radioiodination and standard preparation in radioimmunoassay. *Comp Biochem Physiol* 1995;110:335-340.
- Fryer JN, Bern HA. Growth hormone binding to tissues of normal and stunted juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kitsuch*). *J Fish Biol* 1979;15:527-533.
- Hong Y, Scharl M. Sequence of the growth hormone (GH) gene from the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and evolution of GH gene in vertebrates. *Biochim Biophys Acta Gene Struct Expression* 1993;1174:285-288.
- Garber MJ, De Yong KG, Byatt JC, Lellis WA, Honeyfield DC, Bull RC, et al. Dose-response effects of recombinant bovine somatotropin (Posilac) on growth performance and body composition of two-year-old rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Anim Sci* 1995;73:3216-3222.
- McLean E, Teskeredzic E, Donaldson EM, Mayer Y, Teskeredzic Z, Cha Y, et al. Growth acceleration of coho salmon (*Oncorhynchus kitsutch*) following sustained release of recombinant porcine somatotropin. *Aquaculture* 1992;103:377-387.
- McLean E, Donaldson EM. Absorption of bioactive proteins by the gastrointestinal tract of fish: a review. *J Aquatic Anim Health* 1990;2:1-11.
- Seddiki H, Boeuf G, Maxime V, Peyraud C. Effects of growth hormone treatment on oxygen consumption and sea water adaptability in Atlantic salmon and smolts. *Aquaculture* 1996;148:49-62.
- Zhang P. Effects of recombinant tuna growth hormone (R-TGH) on growth of carp fingerling. *J Fish China* 1993;17:230-234.
- Macari M, Carneiro DJ, Larson ML, Machado CR. Influence of dietary protein intake and recombinant human somatotropin administration on growth and body composition of juvenile tacambu (*Praractus mesopotamicus* x *Colossoma macroponius* cross). *Aquaculture* 1994;127:363-369.
- Nayano M, Yoshizaki G, Hirano I, Oshiro T, Takashima F, Aoki T. The nucleotide sequence of cDNA for yamame salmon growth hormone. *Fisheries Sci* 1994;60:237-239.
- Song SI, Zhang T, Zhao W, Qi W, Hu W, Wang P, Hew CL. Expression of chinook salmon growth hormone gene in *E. coli*. *Aquaculture* 1993;111:199-205.
- Lemaire C, Warit SI, Panyim SI. Giant catfish *Pangasianodon gigas* growth hormone encoding cDNA: cloning and sequencing by one-sided polymerase chain reaction. *Gene* 1994;149:271-276.
- Fine M, Zilberg D, Cohen Z, Degani G, Moav B, Gertler A. The effect of dietary protein level, water temperature and growth hormone administration on growth and metabolism in the common carp (*Cyprinus carpio*). *Comp Biochem Physiol* 1996;114:35-42.

27. Ishioka H, Kosugi R, Ouchi K, Hara A, Nagamatsu T, Mihara SI, Ogai H. Effect of recombinant red sea bream growth hormone on growth of young red sea bream. *Bull Jap Soc Sci Fisheries* 1992;58:2335-2340.
28. Johnson JJ, Bjornsson BT. Growth hormone increased growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Anim Behav* 1994;48:177-186.
29. Chatakondi NO, Lovell RT, Duncan PL, Hayat M, Chen TT, Powers DA, et al. Body composition of transgenic common carp, *Cyprinus carpio* containing rainbow trout growth hormone gene. *Aquaculture* 1995;138:99-109.
30. Chmielevsky DA. Effect of reduced temperature on oogenesis in tilapia *Oreochromis mossambicus* 3. Impact on fish age 30 and 60 days after hatching. *J Ichthyol* 1995;35:119-129.
31. Sun LZ, Formaian A. Biphasic action of growth hormone on intestinal aminoacid absorption in striped bass hybrids. *Comp Biochem Physiol* 1992;103:381-390.