

Capítulo 6:

Conclusiones

CONCLUSIONES

Los valores de excreción de amonio por día observados en el presente trabajo coinciden con los indicados anteriormente para la dorada y otros teleósteos como la lubina, la trucha y el salmón; siendo mayores a las encontradas para los peces planos; y viéndose afectadas por el metabolismo del pez, el cual varía de forma natural con el crecimiento. De esta manera, las tasas de excreción encontradas variaron entre 450 y 500 mg N-NH₄⁺/kg pez-día para las doradas menores a 45 gramos, mientras que para las doradas de entre 115 y 150 gramos, la excreción fue de 116.3 mg N-NH₄⁺/kg pez-día.

Las mayores tasas de excreción de amonio en la dorada se presentaron durante el día, estando directamente relacionadas con el metabolismo del pez y la respuesta de este a factores ambientales y de alimentación. A este respecto se encontró lo siguiente:

- que uno de los efectos más relevantes encontrados, fue el ahorro proteico que se presentó cuando parte de la energía proveniente de proteínas fue sustituida por carbohidratos. Al utilizar una dieta con una proporción de 46-53%/20-30% de proteínas/carbohidratos no solo se redujeron los niveles de excreción de amonio, sino que se incrementó la retención de las proteínas para crecimiento y la utilización del alimento fue más eficiente. Estos resultados respaldan también la conclusión de que la dorada presenta una capacidad importante, sobre otros teleósteos carnívoros, para tolerar altos niveles de carbohidratos en la dieta y que esta propiedad redundaba en una regulación metabólica más eficaz y buena utilización de los carbohidratos y las proteínas, como conviene al piscicultor y al ambientalista.
- que el cultivo de la dorada a una temperatura de 25°C reflejó una mayor actividad del pez, comparada con un mantenimiento a 15°C. Por lo anterior, la temperatura ejerció un control sobre el metabolismo de este pez. De esta manera, las tasas diarias de excreción de amonio y la retención proteica fueron más altas en los peces mantenidos a 25°C, además que el crecimiento fue mayor que en los peces mantenidos a 15°C. Esta temperatura de cultivo (25°C), en conclusión, aporta un metabolismo más eficiente en la dorada, coincidiendo con otros autores que definen a esta temperatura como la óptima para el desarrollo de la dorada.
- que además de la temperatura, el nivel de alimentación fue uno de los factores que repercutió sobre la excreción de amonio. De esta manera, cuando la dorada fue alimentada a saciedad, las tasas de excreción se incrementaron. La temperatura y el tamaño de la ración afectaron de forma combinada a la excreción de la dorada, aunque el nivel de alimentación la afectó en menor grado.
- que la inclusión de Cr₂O₃ en las dietas, afectó de forma significativa a la excreción de amonio. Las doradas alimentadas con las dietas que contenían cromo presentaron significativamente menores tasas de excreción de amonio, lo cual refleja el papel regulador del cromo en el metabolismo energético (glucosa y nitrógeno) de la dorada.
- que el control de la alimentación y del cultivo afectaron los picos máximos de excreción, presentándose un pico asociado a cada comida aportada durante el día. La excreción de amonio en la dorada estuvo condicionada por procesos de tipo metabólico (digestión) y relacionados al manejo del cultivo (alimentación, fotoperiodo y manipulación). El fotoperiodo provocó el incremento en la excreción cuando la luz era encendida. El momento en que los picos máximos de excreción aparecieron fue retardado a menores temperaturas y niveles de alimentación menores a la saciedad.

Dentro del balance energético, las formas disueltas de nitrógeno significaron alrededor del 30% del alimento ingerido. Esta fracción estaba compuesta en su mayor parte por los aminoácidos (20.81%) y NO_3+NO_2 (8.97%), los cuales provienen del lavado del material compuesto tanto por los restos de alimento no ingerido y material fecal. aunque estos últimos también suelen provenir de la oxidación del amonio provocado por las bacterias nitrificantes. Por otro lado, entre el 25-30% de las proteínas fueron retenidas para ser utilizadas en el crecimiento y la síntesis corporal. La dorada presentó una pérdida de nitrógeno en forma particulada del 8-15% a través de las heces. El nitrógeno excretado en forma de amonio supuso entre el 25 y 30% del nitrógeno ingerido, siendo el mayoritario en esta fracción (87.4% del N excretado), pues la urea solo representó el 2% del N ingerido (12.6% del N excretado).

Se encontró que las doradas menores a 30 grs presentan un gasto energético mayor que aquellas mayores a 130 grs, lo cual se refleja en la menor retención de proteínas y mayores tasas de excreción de amonio. De esta manera, las doradas pequeñas gastan más energía en el crecimiento, mientras que los peces mayores lo hacen para la síntesis corporal de proteínas.

Encontramos que la sustitución parcial de proteínas por carbohidratos en la dieta, como fuente de energía, mejora la conversión de las proteínas y el alimento, además de reducir la pérdida de nitrógeno por otras vías (excreción y a través de las heces). El uso de niveles de proteínas/carbohidratos alrededor del 50%/25% (dieta NOR-4), asegura una buena retención de las proteínas y alta conversión del alimento, lo cual repercute en un ahorro proteico en la dieta y buenas tasas de crecimiento como conviene al productor. Por otro lado, la utilización de estos nutrientes bajo estas proporciones, permite reducir la exportación de nitrógeno hacia el medio de cultivo y a los efluentes naturales, donde pueden afectar de forma negativa sobre las comunidades naturales y la calidad del agua para otros usos.

Los requerimientos proteicos fueron mayores para las doradas de mayor talla, sin embargo, el aprovechamiento de las proteínas para cada temperatura probada dependió de forma combinada, con el tamaño de la ración.

Alimentar a saciedad a las doradas presentó mejores resultados de utilización proteica a 25°C, y menores pérdidas de nitrógeno por excreción (en porcentaje del nitrógeno ingerido). Los resultados para las doradas mantenidas a 15°C mostraron una reducción del metabolismo del pez, y de la utilización del alimento y las proteínas en aquellas alimentadas a saciedad, obteniendo una mejor utilización de estos en las doradas alimentadas con una ración menor (½ saciedad); además de que se redujo la pérdida de nitrógeno a través de la fracción residual.

Alimentar las doradas a saciedad mejoró la distribución del nitrógeno absorbido, orientándolo principalmente para el crecimiento y sacrificando la acumulación de proteínas corporales.

Hemos encontrado que la inclusión de Cr_2O_3 en la dieta no afectó la digestibilidad del nitrógeno, sin embargo, produjo una reducción de las tasas de excreción de amonio y el contenido de nitrógeno en las heces. Sin embargo, debido a que la inclusión de cromo en la dieta mejoró sensiblemente la utilización de los carbohidratos como fuente de energía y que la retención proteica se redujo en las doradas solo cuando el contenido de Cr_2O_3 en las dietas fue de 5 grs/kg; es necesario el desarrollo de nuevas investigaciones que puedan aclarar el efecto del Cr_2O_3 en el metabolismo de la dorada.

Se encontraron valores máximos de amoníaco de 2.46 $\mu\text{g N-ANI/litro}$ (equivalente a 64 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{litro}$) en nuestros experimentos sin que se presentaran efectos sobre el desarrollo de los juveniles de dorada. Sin embargo, es recomendable que los niveles de amoníaco no sobrepasen los 2.1 $\mu\text{g N-ANI/litro}$. Ya que una exposición por más de 3 días a este nivel limita el crecimiento en larvas de dorada y otros espáridos como la brema japonesa.

Los resultados de este estudio proporcionan algunas medidas relacionadas con la alimentación para reducir la excreción de amoníaco, amonio y otras formas disueltas, además del material particulado. Este objetivo se alcanza con una dieta energéticamente equilibrada para cada talla de pez y un buen manejo de la alimentación.

Para evitar que los residuos nitrogenados se acumulen (especialmente heces, alimento no ingerido y el amonio/amoníaco) en el medio de cultivo y el medio receptor de los efluentes, se recomienda que el nivel de oxigenación sea superior al 85%, que haya una buena circulación y alta renovación del agua (flujo abierto), además de mantener un pH superior al neutro. Como la proporción del amoníaco en el medio es controlado por parámetros fisicoquímicos, es importante mantener una vigilancia estrecha de los mismos (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto).

