


Preliminary overview:

Agro-industrial Uses of Spent Bleaching Earth

Alexandra Natera , Jiraleiska Hernández , Samuel Villanueva*  Magaly Henríquez 
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela

Recibido: febrero, 2020

Aceptado: diciembre, 2020

*Autor para correspondencia: S. Villanueva e-mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4625946>

Abstract

In the process of obtaining vegetable oils, a solid residue called spent bleaching earths or clays is generated (ABG). These clays are used during the oil refining stage in order to adsorb impurities and non-glyceric components, thus ensuring that the finished product meets the quality required for marketing. The discarded by-product has been used in the production of cement, as an energy source; however, if it conserves high amounts of adsorbed oil it deteriorates the quality of the product, restricting its reuse for this industry. Given that ABG can retain between 30-45 % of the refined oil, other applications have been considered, such as food input both at the level of raising farm animals and mainly in fish farming. The goal of this work is to investigate viable options for the efficient use of this environmental liability by searching patents and scientific publications. The results of the analysis show options for the use of ABG in the production of riboflavin (vitamin B2), as a substitute for fish oil in the food formulation for aquatic species, manufacture of probiotics, synthesis of biodiesel and fertilizers.

Keywords: spent bleaching earth; riboflavin; vitamin B2; Nile tilapia; *Oreochromis niloticus*.

Revisión preliminar:

Usos agroindustriales de las tierras de blanqueo gastadas

Resumen

En el proceso de obtención de aceites vegetales se genera un residuo sólido denominado tierras o arcillas de blanqueo gastadas (ABG). Estas arcillas son empleadas durante la etapa de refinación del aceite con la finalidad de adsorber impurezas y componentes no glicéricos asegurando de esta manera que el producto terminado cumpla con la calidad exigida para su comercialización. El subproducto descartado ha sido empleado en la producción de cemento, como una fuente de energía; no obstante, si conserva altas cantidades de aceite adsorbido desmejora la calidad del producto, restringiendo su reuso para esta industria. Dado que las ABG pueden llegar a retener entre 30-45 % del aceite refinado se han planteado otras aplicaciones, tales como insumo alimenticio tanto a nivel de la crianza de animales de granja como en el cultivo de peces principalmente. La meta de este trabajo es investigar mediante la búsqueda en patentes y publicaciones científicas opciones viables para el uso eficiente de este pasivo ambiental. Los resultados del análisis arrojan opciones de empleo de las ABG en la producción de riboflavina (vitamina B2), sustituto de aceite de pescado en la formulación alimenticia para especies acuáticas, fabricación de probióticos, síntesis de biodiesel y fertilizantes.

Palabras clave: tierras de blanqueo gastadas; riboflavina; vitamina B2; tilapia del Nilo; *Oreochromis niloticus*.

1. Introducción

El conocimiento de los problemas ambientales y los peligros potenciales generados por los fabricantes industriales ha llevado a muchos países a limitar la descarga de materiales contaminantes. Los dos principales residuos en la fabricación de aceite vegetal son aguas residuales y los remanentes sólidos que contienen residuos de aceites vegetales. Zheng *et al.* [1] afirman que el efluente de las fábricas de aceite está caracterizado por su alto contenido de materia orgánica y por su alta toxicidad en varios sistemas biológicos. Mientras que al residuo sólido se le confiere propiedad pirofórica por el porcentaje de aceite que se encuentra adherido en las arcillas.

Las tierras o arcillas de blanqueo (ABG) se emplean en el proceso de refinación del aceite vegetal, debido a que sus características y propiedades las hacen idóneas para la adsorción de ciertos componentes no glicéridos e impurezas, tales como carotenoides, clorofilas, ácidos grasos libres, fosfolípidos e hidro-peróxidos, con ello se asegura que el aceite cumpla los requisitos necesarios para lograr la calidad del producto final. Las arcillas pueden llegar a retener entre 30-45 % del aceite refinado, además dependiendo de su actividad y tamaño de partícula, la retención de aceite en las ABG oscila entre 200 y 750 g/kg de peso de la arcilla [2]. Una vez empleadas en el proceso de blanqueo son dispuestas en vertederos a cielo abierto sin ningún método de valorización.

En el refinado de aceite de palma, la cantidad de arcilla utilizada suele ser del 0,5 % al 2 % del peso del aceite y pueden contener entre 20 % y 30 % de aceite una vez absorbido y no puede ser recuperado económicamente. En la actualidad, se considera a las ABG como un residuo que generalmente es dispuesto en vertederos o incineradores para producir energía [3]. Solo Japón descarga anualmente más de 80,000 toneladas métricas de ABG [4]. Las tierras de blanqueo descartadas son ampliamente utilizadas en la producción de cemento, como una fuente de energía con un alto valor energético del orden de 10-14 MJ/kg. Sin embargo, si las arcillas poseen concentraciones altas de aceite terminan comprometiendo la calidad del producto, limitando su reuso en la industria [5]. Con los avances científicos y tecnológicos, la incineración

y/o eliminación de residuos en vertederos tendrá restricciones ambientales, ampliando las opciones de reutilización [6, 7].

En la actualidad, se está realizando la conversión del aceite vegetal contenido en los residuos de las tierras de blanqueo, en bioproductos alimenticios como la riboflavina (vitamina B2). La producción de riboflavina se realiza mediante síntesis química, se genera un compuesto químico, a partir de compuestos más simples o precursores químicos para el reforzamiento de alimentos y piensos. Sin embargo, éste proceso está siendo reemplazado por fermentación microbiana debido a consideraciones económicas y ambientales. Además, la síntesis microbiana proporciona ventajas en cuanto al uso de fuentes renovables para el ambiente y un producto final de buena calidad [8]. El proceso es realizado mediante el microorganismo *Ashbya gossypii*, el cual es un hongo filamentoso que se caracteriza por ser un alto productor de esta vitamina y, a su vez, también se encarga de la utilización del aceite.

La riboflavina es un nutriente esencial que mantiene las funciones del metabolismo energético en condiciones normales, actuando como cofactor en las reacciones enzimáticas, principalmente en el sistema de transporte de electrones [9, 10]. Estudios demuestran que la deficiencia de riboflavina en seres humanos puede ocasionar rigidez en la comisura labial y alteraciones en la piel, queilosis, estomatitis angular así como lesiones oculares [11]. A principios de la década de 1980, el consumo mundial de riboflavina era de 1250 toneladas para uso humano y animal. En la actualidad, existe un potencial para la producción de riboflavina de más de 3.000 toneladas por año, 2.500 toneladas se producen por fermentación microbiana porque es económicamente viable, ha reducido los requisitos de residuos y energía, además presenta la posibilidad de utilizar recursos renovables como azúcar o aceite vegetal [6].

Otro uso de interés para el aprovechamiento de los aceites que se encuentran contenidos en las ABG es emplearlos como un sustituto potencial del aceite de pescado en la dieta alimenticia de algunas especies de peces con fines de producción a gran escala. Los aceites de pescado marinos se usan tradicionalmente como la fuente principal de lípidos en muchos alimentos comerciales para peces. Su demanda se ha incrementado en los últimos

años debido al rápido desarrollo de la industria de la acuicultura global y los avances tecnológicos en la fabricación de alimentos para peces. El aceite de pescado se produce a partir de pequeños peces pelágicos marinos y representa un recurso pesquero muy limitado [12]. Desde hace aproximadamente 10 años, la producción mundial de aceite de pescado ha alcanzado un nivel muy alto y no se espera que aumente más allá de los niveles actuales. Con el fin de mantener su rápido desarrollo, la industria de la acuicultura no puede seguir dependiendo de las reservas finitas de peces marinos pelágicos para el suministro de aceite de pescado.

Un posible remplazo del aceite de pescado en los alimentos acuícolas es el aceite de palma, es el segundo aceite vegetal más producido en el mundo y representa aproximadamente el 28,3% de la producción mundial de vegetales, además de todos los aceites y grasas comerciales. Este lípido podría ser una alternativa al aceite de pescado en alimentos acuáticos por ser rico en ácido palmítico y ácido oleico, que corresponde respectivamente, al 43,5% y el 36,6% de la composición total de ácidos grasos lipídicos, aunque contiene cantidades relativamente bajas de ácido linoleico [3].

La composición de ácidos grasos hace que el aceite de palma sea una fuente potencial de aceite para las dietas de peces en granja, en especial para la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, porque proporciona suficiente energía para su crecimiento. El empleo del aceite proveniente de este recurso contribuye en gran medida a reducir el impacto de los costos de alimentación en el cultivo de esta especie en muchos países tropicales. Otra fuente potencial de aceite de palma para su uso en dietas de pescado es el aceite residual absorbido por arcilla de blanqueo gastada (ABG). Recientemente, investigadores han demostrado que la inclusión dietética de ABG en una concentración de 400 g/kg, a expensas del aceite de palma crudo, no tuvo efectos significativos en el crecimiento y la mortalidad de la tilapia híbrida roja y el bagre africano [13].

Los lípidos de la dieta sirven como fuente de ácidos grasos, fosfolípidos, esteroides y vitaminas liposolubles necesarias para el correcto funcionamiento de los procesos fisiológicos y, hasta cierto punto, el mantenimiento de la estructura biológica y la función de las membranas celulares. Sin embargo,

un exceso de lípidos en la dieta puede causar una disminución en el consumo de alimento y reducir la utilización de otros nutrientes, lo que lleva a una reducción de las tasas de crecimiento y al aumento de la deposición de grasas. Por lo tanto, los requisitos para los lípidos y su uso para peces de granja deben considerarse al formular sus dietas. En común con otros peces tropicales, la tilapia necesita mayores cantidades de ácidos grasos n-6 en comparación con los ácidos grasos n-3 para un crecimiento máximo [14].

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es un pez de cuerpo profundo con escamas cicloides, de color plateado y con barras corporales que pueden ser de color verde-oliva, gris o negro. Este organismo puede crecer hasta tener una longitud de 62 cm, con un peso de 3,65 kg; su edad máxima estimada es de 9 años y su tamaño promedio es de 20 cm [15]. Es nativa del centro – norte de África y Medio Oriente. Es una especie tropical de agua dulce y estuarios de aguas poco profundas y tranquilas al borde de lagos, además en ríos anchos con suficiente vegetación [16]. La tilapia del Nilo se alimenta de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, invertebrados, fauna bentónica, detritus, películas bacterianas e incluso otros peces y huevos de peces.

Dependiendo de la naturaleza del comestible bien sea animal o vegetal, puede nutrirse a través del filtrado de la materia en suspensión o mediante el pastoreo de la superficie atrapando el plancton en una forma de masa alimenticia utilizando moco excretado de sus branquias [15]. La capacidad que tiene para tolerar el estrés ambiental, reproducirse fácilmente, crecer a un ritmo acelerado, junto con una alta demanda del mercado de la especie, la ha convertido en un pez importante para la producción acuícola. Su dieta omnívora le permite a su vez, utilizar el aceite vegetal cuando se suministra en el alimento [17].

En este orden de ideas destaca el trabajo de Thongprajukaew et al. [13], quienes evaluaron experimentalmente los efectos de la calidad del alimento sobre el rendimiento del crecimiento en la tilapia del Nilo. Determinaron los cambios en las propiedades fisicoquímicas y vincularon estas características con el crecimiento, la tasa de conversión alimentaria y los índices de órganos viscerales. Concluyeron con cuales alimentos lograron el mejor crecimiento

Tabla 1: Especificaciones de la búsqueda

Ecuación	"spent bleaching earth" OR "spent bleaching clay" AND (riboflavin OR "vitamin B2" OR "oreochromis niloticus" OR "nile tilapia")	
Plataforma	Dimensions	PatentInspiration
Fecha	24/07/2019	17/07/2019
Filtros	Datos completos/1900-2019	Resumen-título/1900-2019
Resultados	7	1

de los peces y su relación con las propiedades fisicoquímicas estudiadas.

La meta de la presente revisión preliminar fue examinar los posibles reusos en el campo agroindustrial de las ABG, mediante una búsqueda sistemática en patentes y publicaciones científicas a fin de aprovechar un subproducto procedente de la refinación de aceites vegetales.

2. Metodología

Con la finalidad de identificar las publicaciones científicas, se realizó una búsqueda en la base de datos Dimensions® considerando datos completos y usando la Ecuación (1)

$$\begin{aligned} & \text{"spent bleaching earth" OR} \\ & \text{"spent bleaching clay" AND} \\ & (\text{riboflavin OR "vitamin B2" OR} \\ & \text{"oreochromis niloticus" OR} \\ & \text{"nile tilapia"}). \end{aligned} \quad (1)$$

Los registros fueron filtrados para el periodo 01/01/1900–31/12/2019 y depurados según su pertinencia con el tema objetivo.

Con respecto a los documentos de Propiedad Intelectual (PI), se empleó la plataforma PatentInspiration® y la Ecuación (1) en los campos de título y resumen. Ver Tabla 1 para descripción de parámetros y cantidad de registros recuperados.

3. Discusión de resultados

Producción de riboflavina, biodiesel y fertilizantes

Aspectos más resaltantes de las publicaciones revisadas

En el trabajo de Parck *et al.* [6], el aceite de palma contenido en el residuo de las tierras de blanqueo se utilizó como fuente de carbono en el cultivo de *Ashbya gossypii*, un hongo filamentoso superproductor de riboflavina. En cultivos previamente preparados de *Asbya gossypii*, se colocaron 4 concentraciones iniciales de residuo de tierras de blanqueo (6, 25, 125, 188 y 250 g/l), y de aceite de palma puro (25, 50, 75 y 100 g/l) por separado para observar en que concentración se producía más cantidad de riboflavina. El estudio determinó que la producción de riboflavina más alta fue de 2,11 g/l y se observó en el cultivo con 188 g/l de residuo de tierras de blanqueo. Con el aceite de palma puro, la cantidad máxima de riboflavina fue de 1,64 g/l reportada en el cultivo con una concentración de 100 g/l de aceite de palma puro. Cuando se utilizó el residuo de tierras de blanqueo, la tasa de producción de riboflavina fue más alta que cuando se utilizó aceite de palma puro.

Parck y Ming [9] realizaron el mismo procedimiento que en el estudio anterior, pero utilizaron el aceite de colza contenido en el residuo de tierras de blanqueo para la producción de riboflavina en cultivo de *Ashbya gossypii*. En este caso, las concentraciones iniciales de aceite de colza fueron 25, 50, 75 y 100 g/l, y las de residuos de tierras de blanqueo fueron 62,5, 125, 187,5 y 250,0 g/l. La cantidad máxima de riboflavina fue 1,1 g/l y se produjo a una concentración de 125,0 g/l de

residuos de tierras de blanqueo. La producción de riboflavina aumentó con la concentración inicial de aceite de colza. El valor máximo de riboflavina fue de 2,0 g/l en el cultivo con 100,0 g/l de aceite de colza inicial.

En otra investigación, utilizaron los aceites extraídos de residuos de tierras de blanqueo mediante tratamiento enzimático para la producción de ésteres metílicos de ácidos grasos. Los aceites vegetales se extrajeron con solventes orgánicos y se identificaron como aceite de soja, palma y colza. La metanólisis fue catalizada eficazmente por la enzima lipasa, por lo que se considera una buena alternativa para la producción de biodiesel [18].

Como otra opción para el aprovechamiento de los aceites vegetales contenidos en los residuos de tierras de blanqueo, Loh *et al.* [19] demostraron el uso de estos desechos como fertilizante bioorgánico. El proceso consistió en realizar un compostaje de los residuos de las tierras de blanqueo con restos de pollo y subproductos de la molienda de aceite de palma durante 90 días. El abono resultante mostró propiedades fertilizantes mejoradas como la capacidad de retención del agua, y la capacidad de rejuvenecer el suelo degradado.

Producción de riboflavina y preparación de probióticos

Aspectos más resaltantes de las patentes revisadas

La empresa Cheil Bio LTD en Korea [20] utilizó un método similar al descrito anteriormente para producir vitamina B2 mediante el uso de tierra de blanqueo gastada. El organismo utilizado fue de *Ashbya gossypii*, en un medio de cultivo con residuos de tierras de blanqueo gastadas que se usó como fuente de carbono. El pretratamiento se inició con el tamizado de la arcilla entre 0,8 - 2,0 micrones para luego sumergirla en agua y preparar una solución de tierras de blanqueo con concentraciones de 2 - 30 %; para agitarla durante 30 min a 2 h a temperaturas de 60 a 100 °C. Este pretratamiento es necesario para mantener el pH en el cultivo (6-9), y el proceso de tamizado facilita la transformación de la tierra en trozos pequeños que puedan utilizarse como fuente de carbono para el cultivo, evitando la reducción de la producción de riboflavina o vitamina B2. Por lo contrario, al realizar el tratamiento previo

en las tierras de blanqueo, la producción de la riboflavina se realizó con éxito y las concentraciones obtenidas aumentaron con el incremento del pH en cada procedimiento.

Posteriormente, la misma empresa coreana en la solicitud de patente [21] proporciona un método para preparar probióticos utilizando tierras de blanqueo residual como una mezcla alimentaria en el cultivo de *Bacillus* sp. Para el pretratamiento de las tierras de blanqueo, las mismas son agitadas a temperaturas entre 60 - 100 °C durante 30 min a 2 h para ajustar el pH a 6-9. Luego el medio de cultivo se inocula con bacterias del ácido láctico y se cultiva en condiciones anaeróbicas. El análisis determinó que la utilización de los residuos de tierras de blanqueo no afectó la producción de las enzimas proteasa y celulasa. La capacidad de producción de enzimas fue mayor al agregar estos desechos al medio de cultivo.

Alimentación de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Aspectos más resaltantes de las publicaciones revisadas

Ng *et al.* [3] en su investigación sobre el aceite de palma como sustituto del aceite de pescado marino en las dietas para la tilapia del Nilo formularon 4 dietas prácticas isonitrogenadas e isolipídicas, utilizaron harinas de pescado y de soja como fuente de proteínas. Los niveles de lípidos dietéticos se fijaron en 110 g/kg con 32 g/kg provenientes de aceite residual en harina de pescado. Las dietas experimentales se complementaron con 0, 100, 200 y 300 g/kg de ABG y se prepararon mezclando los ingredientes secos con el aceite de palma y agua en un mezclador marca Hobart. La masa húmeda resultante se granuló utilizando una máquina picadora de carne conectada a una matriz o troquel de 2 mm. Los gránulos húmedos se secaron a temperatura ambiente y se almacenaron en bolsas herméticas a 20 °C hasta su uso.

Los organismos alimentados con dietas que contienen 100 g/kg de ABG cargada con aceite de palma, mostraron un aumento de peso significativamente mayor en comparación con las dietas de pescado con 0, 200 y 300 g/kg. La eficiencia del crecimiento interno y la utilización de la alimentación, se debe a la relación n-3/n-6. Los altos

Tabla 2: Dieta realizada con arcilla blanqueadora cargada con aceite de palma para tilapia del Nilo

Dieta preparada	Formularon 4 dietas prácticas con concentraciones de (0, 100, 200 y 300 g/kg) de alimento donde se realizó la mezcla de la harina de pescado danesa y la harina de soya con arcilla de blanqueo gastada cargada de aceite de palma. Para granular la mezcla resultante se pasó la misma a través de una máquina picadora de carne con una matriz de 2 mm.
Nro. de ejemplares	Utilizaron 40 alevines de tilapia del Nilo por dieta.
Forma de suministro de la dieta y duración del experimento	Todos los organismos fueron introducidos en un tanque de fibra de vidrio de 1000 L. Durante 2 semanas fueron alimentados con un alimento comercial para su aclimatación. Luego fueron separados en grupos de 10 alevines y trasladados a tanques de fibra de vidrio de 95 L. El alimento se le suministró 2 veces al día. Los organismos se pesaron semanalmente en el acuario. El experimento duró 8 semanas.
Respuesta del individuo	El rendimiento de los individuos fue considerablemente mayor que en comparación con los individuos de la dieta control (0 g/kg). No se observó ningún cambio en la composición corporal ni en las concentraciones de lípidos de los organismos. No hubo mortalidad de peces durante el ensayo. Los alevines mostraron un aumento de peso mayor al de los peces de la dieta control.
Ácidos grasos	Los niveles de ácidos grasos totales no presentaron cambios en los lípidos musculares.

Fuente: Ng et al. [3]

Tabla 3: Dietas realizadas utilizando niveles de 0 %, 2 %, 4 %, 6 % y 8 % de aceite de palma para alevines de tilapia del Nilo

Dieta preparada	Prepararon 5 dietas isonitrogenadas de 32 % de proteína cruda con niveles elevados de aceite de palma que variaron entre los 0 % y 8 %. La harina de pescado, harina de soya y la harina de colza se mezclaron con el aceite de palma y agua destilada.
Nro. de ejemplares	450 alevines de tilapia del Nilo.
Forma de suministro de dieta y duración del experimento	Todos los alevines se colocaron en acuarios para su aclimatación durante una semana y fueron alimentados con una dieta comercial que contenía 30 % de proteína cruda dos veces al día durante seis días. Al principio de la prueba, los alevines fueron distribuidos al azar en 15 tanques de fibra de vidrio rectangulares con 25 peces por tanque y el agua se mantuvo a 210 L. los peces se alimentaron dos veces al día a las 8 y las 16 h hasta la saciedad. El experimento duró 8 semanas.
Respuesta del individuo	El mayor porcentaje de ganancia de peso ocurrió en los peces alimentados con el 6 % de aceite de palma. Sin embargo no se observó una variación significativa en la ingesta de alimento, y la tasa de supervivencia no se vio afectada por los niveles de aceite de palma. El contenido de proteína bruta disminuyó sus valores con los altos contenidos de aceite de palma.
Ácidos grasos	La relación n-3/n-6 no fue significativamente diferente entre los grupos. Los individuos alimentados con las dietas de 2 %, 4 %, 6 % y 8 % de aceite de palma tenían ácidos grasos más altos que los alimentados con la dieta control. Los altos niveles de aceite de palma en las dietas no afectaron la proporción n-3/n-6, por lo tanto, los niveles de aceite de palma tienen un efecto limitado en el valor nutricional de los peces.

Fuente: Larbi Ayisi et al. [14].

niveles de ácidos grasos n-3, deprimen el crecimiento de la tilapia como se muestran en la Tabla 2. Los ácidos grasos n-3/n-6 son esenciales para el buen crecimiento de la tilapia. Es evidente que se logró una buena relación en las concentraciones de ácidos grasos debido a que el crecimiento de la tilapia del Nilo con las dietas se consideró óptimo.

Larbi Ayisi et al. [14] estudiaron el rendimiento de crecimiento, la utilización de alimento, composición corporal y de ácidos grasos de la tilapia del Nilo alimentada con dietas que contienen altos niveles de aceite de palma. Para la realización del experimento, se prepararon 5 dietas isonitrogenadas de 32 % de proteína cruda con niveles de aceite de palma de (0 %, 2 %, 4 %, 6 % y 8 %). Harinas de pescado, soya, colza se utilizaron como fuentes de proteínas como se muestra en la Tabla 3. Todos los ingredientes se mezclaron con una batidora marca Hobart. Para sedimentar la masa, se utilizó una máquina picadora de carne con una matriz o troquel de 1 mm. La ingesta de alimento creció al aumentar los niveles de aceite de palma. El nivel más alto de rendimiento ocurrió en los peces alimentados con un nivel de lípidos de 6 %, lo que indica que este porcentaje de aceite de palma es el adecuado para el aumento de peso máximo. No se debe exceder esta concentración porque afecta la calidad nutricional del pescado.

En el 2018, Larbi Ayisi et al. [12] en su publicación acerca del reemplazo del aceite de pescado por aceite de palma analizaron los efectos sobre el rendimiento del crecimiento, la respuesta inmune innata, la capacidad antioxidante y la resistencia a enfermedades en la tilapia del Nilo. Los autores utilizaron 5 dietas isonitrogenadas con 33 % de proteína cruda e isolípídicas con un 10 % de lípidos crudos como se aprecia en la Tabla 4. El aceite de pescado fue sustituido por el de palma en un 0 %, 25 %, 50 % y 100 %. Los ingredientes secos se mezclaron con el aceite de pescado, aceite de palma y agua destilada. Posteriormente, la muestra es sedimentada e introducida en un mezclador de carne con un troquel de 1 mm.

El cambio de aceite de pescado por aceite de palma no influyó significativamente en la capacidad de resistencia de la tilapia ante la bacteria *S. iniae*, al contrario de este estudio, distintas fuentes de lípidos influyeron significativamente en la capacidad de resistencia en el bagre de canal (*Ictalurus*

punctatus). Estas diferencias pueden atribuirse a los diversos tamaños, fuentes de lípidos, y/o niveles de alimentación de las especies de peces. Los resultados mostraron que el reemplazo del aceite de pescado por aceite de palma, no afectó la habilidad de la tilapia para luchar contra *S. iniae*.

Austreng [22] incorporó arcillas de blanqueo gastadas producto del refinado de aceites en las dietas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Austreng modificó la dieta de aceite de pescado hasta en 300 g/kg, sin embargo, los individuos alimentados con aceite de palma absorbido por ABG, mostraron una frecuencia significativamente mayor de hígados descoloridos en comparación con los peces alimentados con la dieta de control. El autor atribuyó esta observación al hecho de que el aceite residual en ABG podría haberse oxidado. En los estudios descritos, todos los hígados de tilapia parecían tener un color normal y no hubo efectos marcados en el índice hepático ni en otros índices corporales.

En otro estudio, el bagre africano alimentado con hasta 300 g/kg de estas arcillas no reveló ninguna anomalía estructural hepática y los hepatocitos parecían normales [3]. El aceite residual absorbido en ABG de refinación de aceite de palma crudo, contiene aproximadamente un 48 % de ácidos grasos saturados. Debido a su mayor estabilidad oxidativa, el aceite residual de la arcilla de blanqueo podría ser un ingrediente ideal para la dieta de los peces en comparación con las tierras blanqueadoras del refinado de aceites marinos u otros aceites vegetales que presentan mayor número de insaturaciones.

A pesar de la falta de datos publicados sobre el uso de ABG en pesquerías, se han realizado investigaciones para la alimentación de otros animales como las aves de corral. Las arcillas de bentonita no utilizadas se incorporan de forma rutinaria a 10 – 20 g/kg de ABG como agente aglutinante y lubricante en la producción de dietas avícolas en pellets. Por lo tanto, el uso de estas arcillas proporciona un beneficio adicional de una fuente de energía barata para las aves de corral. Blair et al. [23] informaron que hasta 75 g/kg de ABG de refinado de aceite de canola podría incorporarse en dietas de pollos de engorde sin efectos negativos sobre el crecimiento o la salud de los animales y con un beneficio adicional de la dureza mejorada

Tabla 4: Dietas preparadas reemplazando el aceite de pescado por aceite de palma en un 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 % para alimentar alevines de tilapia del Nilo

Dieta preparada	Prepararon 5 dietas isonitrogenadas con 33 % de proteína cruda e isolípídicas con un 10 % de lípidos crudos. El aceite de pescado se reemplazó por aceite de palma al 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 %. Las fuentes de proteínas fueron la harina de pescado, harina de colza y harina de soya.
Nro. de ejemplares	Utilizaron 120 alevines de tilapia del Nilo.
Formas de suministro de la dieta y duración del experimento	Los alevines fueron depositados en un acuario donde fueron alimentados dos veces al día con una dieta comercial para su aclimatación. Luego, 24 h antes del ensayo fueron distribuidos en sus respectivos tanques de fibra de vidrio a una densidad de 40 peces por tanque. la dieta se le suministró dos veces al día a las 8 y 16 h. El ensayo tuvo una duración de 8 semanas.
Respuesta del individuo	La supervivencia de los peces fue del 100 % en todos los grupos durante los tratamientos experimentales. Los peces alimentados con 50 % de aceite de palma presentaron un aumento de peso mayor, sin embargo no fue significativamente diferente con relación a los otros grupos. Las dietas fueron aceptadas de forma positiva por todos los individuos.
Ácidos grasos	La relación n-3/n-6 no fue alterada por la inclusión del aceite de palma. No presentó un impacto negativo en el desempeño del crecimiento de los alevines, lo que indica que se puede usar aceite de palma para reemplazar el aceite de pescado de forma parcial o totalmente.

Fuente: Larbi Ayisi et al. [12].

del alimento. Las ABG del refinado de aceite de palma están en disponibilidad de incluirse en dietas para gallinas ponedoras de hasta 100 g/kg sin efectos nocivos sobre la productividad y calidad del huevo.

En Venezuela no han sido reportados estudios específicos de la alimentación de peces mediante aceite en ABG. Para llevar a cabo un estudio de uso de ABG en la producción nacional de peces en criaderos es importante definir las especies disponibles y realizar los ensayos necesarios para su evaluación y mejora continua del método aplicado, de manera de obtener resultados satisfactorios y escalables. En este caso, las especies recomendadas son la cachama y el coporo o boca chico, por presentar la misma capacidad de adaptabilidad en el medio de cultivo que presenta la tilapia y el bagre. Adicionalmente, se debe considerar las características biológicas de la especie, en tamaño, forma, hábitos alimenticios, capacidad de tolerancia ante cualquier enfermedad, patógenas, virus o bacteria, así como los contenidos nutricionales, capacidad de adaptación ante ciertos factores ambientales como la temperatura, pH, oxígeno disuelto y contenidos de nutrientes en las aguas. El estudio de los elementos mencionados

contribuirá a reducir la mortandad en los individuos y llevar a buen término la investigación.

4. Conclusiones

De acuerdo con la investigación realizada en publicaciones científicas sobre los reusos de las ABG, se puede concluir que las tierras de blanqueo que contienen aceites vegetales ya sea de palma, colza o soja, son una buena fuente de carbono para la fabricación de la riboflavina; los remanentes o sobrantes pueden usarse como fertilizantes para los suelos o como adsorbentes en el proceso de refinación de aceite y para la obtención de diesel. En el caso de los procedimientos patentados, destaca el de la empresa Cheil Bio LTD en Korea que emplea un paso de pretratamiento a fin de asegurar el éxito en el proceso de obtención de la riboflavina. También la misma empresa ha realizado la solicitud de patente para un método para preparar probióticos utilizando tierras de blanqueo.

Con respecto a la formulación de dietas empleadas a base del aceite contenido en ABG para la

alimentación de la tilapia del Nilo, los resultados de los investigadores consultados no reportan mortalidad, ni cambios físicos, estructurales, externos o internos en los individuos, por lo que los distintos experimentos, dietas aplicadas y las técnicas utilizadas se consideran eficientes y cualquiera de ellas puede ser usada en la formulación del alimento para estos peces. De estas publicaciones se deriva una importante alternativa para el uso de ABG, las cuales representan un problema potencial en países productores de aceite vegetal, debido a las cantidades de residuos generadas por esta industria en rápido crecimiento. Adicionalmente, la incorporación de aceite residual contenido en ABG como alimento para peces no solo contribuirá a la valorización del residuo, sino que también reducirá los costos operativos en la producción de este rubro.

Referencias

- [1] S.K. Zheng, M. Yang, and P.-r. Li. Seed yeast cultivation for salad oil manufacturing wastewater treatment. *Journal of Environmental Science*, 14(1):39–43, 2002.
- [2] M.H. Wong. Quality of by products from chemical and physical refining of palm oil and other oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60(1):316–321, 1983.
- [3] W.K. Ng, C.B. Koh, and Din Z.B. Palm oil-laden spent bleaching clay as a substitute for marine fish oil in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 12(6):459–468, 2006.
- [4] C. Paredes, M Bernal, A. Roig, and J. Cegarra. Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastewaters. *Biodegradation*, 12(4):225–234, 2001.
- [5] S. Tajima, Y. Itoh, T. Sugimoto, and Kato T. Increased riboflavin production from activated bleaching earth by a mutant strain of *Ashbya gossypii*. *Journal Bioscience and Bioengineering*, 108(4):325–329, 2009.
- [6] E.Y. Park, A. Kato, and H. Ming. Utilization of waste activated bleaching earth containing palm oil in riboflavin production by *Ashbya gossypii*. *Journal of the American oil chemists society*, 81(1):57–62, 2004.
- [7] T. Kato and E.Y. Park. Riboflavin production by *Ashbya gossypii*. *Biotechnology letters*, 34(4):611–618, 2011.
- [8] E.Y. Park, Zhang J., and Dwiarti L. Isolation of *ashbya gossypii* mutant for an improved riboflavin production targeting for biorefinery technology. *Journal of Applied Microbiology*, 103(2):468–476, 2007.
- [9] E.Y. Park and H. Ming. Oxidation of rapeseed oil in waste activated bleaching earth and its effect on riboflavin production in culture of *Ashbya gossypii*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 97(1):59–64, 2004.
- [10] T. Sugimoto, A. Morimoto, M. Nariyama, T. Kato, and E.Y. Park. Isolation of an oxalate-resistant *Ashbya gossypii* strain and its improved riboflavin production. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 7(1):57–64, 2010.
- [11] J. Delgadillo and G. Ayala. Efectos de la deficiencia de riboflavina sobre el desarrollo del tejido dentoalveolar en ratas. *Anales de la Facultad de Medicina*, 70(1):19–27, 2009.
- [12] C. Larbi Ayisi, J. Zhao, and J.-W. Wu. Replacement of fish oil with palm oil: Effects on growth performance, innate immune response, antioxidant capacity and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *PLoS One*, 13(4):1–17, 2018.
- [13] K. Thongprajukaew, S. Rodjaroen, C. Tantikitti, and U. Kovitvadhi. Physicochemical modifications of dietary palm kernel meal affect growth and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, 202:90–99, 2015.
- [14] C. Larbi Ayisi, J. Zhao, and E.J. Rupia. Growth performance, feed utilization, body and fatty acid composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing

- elevated levels of palm oil. *Aquaculture and Fisheries*, 2(2):67–77, 2017.
- [15] FAO. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Fichas de datos de especies de FIGIS, Programa de información y datos de especies acuáticas, Un panorama mundial de especies de interés para la pesca, Departamento de Pesca y Acuicultura, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma, 2001.
- [16] D. Gu, Y. Hu, H. Wei, Y. Zhu, X. Mu, and D. Luo. *Biological Invasions its management in China*, F. Wan, M. Jiang, A. Zhan (Eds.), volume 2 of *Springer Series in Invasion Ecology*, v.11, 13, chapter Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), pages 77–89. Springer, Singapore, 2017.
- [17] A-F.M El-Sayed. *Tilapia Culture*. CABI Publishing, Cambridge, MA, USA, 2006.
- [18] A.V. Lara P. and E.Y. Park. Lipase-catalyzed production of biodiesel fuel from vegetable oils contained in waste activated bleaching earth. *Process Biochemistry*, 38(7):1077–1082, 2003.
- [19] S.K. Loh, S. James, M. Ngatiman, K.Y. Cheong, Y.M. Choo, and W.S. Lim. Enhancement of palm oil refinery waste - Spent bleaching earth (SBE) into bio organic fertilizer and their effects on crop biomass growth. *Industrial Crops and Products*, 49:775–781, 2013.
- [20] S.K Kyung, Y.H Suk, K.D Gun, H.Y Bae, and K.Y. Hee. Method for producing vitamin B2 using spent bleaching earth. Patente KR100640548B1, 2005.
- [21] K. Dong-gun, K. Young-Hee, and Y. Ho-seok. Method for producing direct-fed microorganisms using spent bleaching earth. Patente KR20090059719A, 2007.
- [22] E. Austreng. Fat-containing bleaching earth as a feed constituent for rainbow trout. *Aquaculture*, 15(4):333–343, 1978.
- [23] R. Blair, J. Gagnon, R.. Salmon, and M. Picard. Evaluation of clay as spent bleaching a feed supplement in boiler diets. *Poultry Science*, 65(12):2281–2291, 1986.