

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SUBPRODUCTOS VINÍCOLAS EN DIETAS
PARA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) SOBRE EL RENDIMIENTO
PRODUCTIVO, PERFIL NUTRICIONAL, DIGESTIBILIDAD APARENTE Y
ACTIVIDAD ESPECÍFICA DE ENZIMAS DIGESTIVAS**

TESIS

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL
GRADO DE**

LICENCIADO EN BIOTECNOLOGÍA EN ACUACULTURA

PRESENTA

Daniel Alejandro Galván Jiménez

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. MARZO DE 2025.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
CAMPUS ENSENADA**



**“EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SUBPRODUCTOS VINÍCOLAS EN DIETAS PARA TILAPIA
(*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO,
PERFIL NUTRICIONAL, DIGESTIBILIDAD APARENTE Y ACTIVIDAD DE ENZIMAS
DIGESTIVAS”**

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOTECNOLOGÍA EN ACUACULTURA

PRESENTA:

**Daniel Alejandro Galván Jiménez
365694**

A quien el Comité de Tesis autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P, las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

**Dr. Emyr Saúl Peña Marín
DIRECTOR**

**Dra. María Teresa Viana Castrillón
SINODAL**

**Dr. Oscar Basilio Del Río Zaragoza
SINODAL**

“Por la Realización Plena del Ser”

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres y abuelos, forjadores de la persona que soy actualmente, los llevo siempre en mi corazón, siempre han creído en mí y siempre me han mostrado su amor incondicional. Son mi motor. Los amo.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Baja California, mi alma mater y donde descubrí mi verdadera pasión y vocación.

A la Facultad de Ciencias Marinas, donde pasé cuatro años de mi vida y donde crecí en todos los aspectos, “*Mirando siempre al mar*”.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas, lugar de excelencia y completo aprendizaje.

A la empresa Aquamol, por proporcionar los organismos utilizados para este trabajo.

A mi director de tesis, Dr. Emyr Saúl Peña Marín, siempre recordaré sus consejos, enseñanzas, apoyo, amistad y gran sentido del humor.

A mi sinodal, Dra. María Teresa Viana Castrillón, por todos los conocimientos transmitidos y por despertar en mí ese ímpetu por saber, es un ejemplo a seguir en todos los aspectos.

A mi sinodal, Dr. Oscar Basilio Del Río Zaragoza por todos los conocimientos transmitidos y consejos.

A todo el equipo del Laboratorio de Nutrición y Fisiología Digestiva del Instituto de Investigaciones Oceanológicas por el apoyo y compañerismo constante.

Al Dr. Eulalio Arámbul Muñoz, gracias por todos los consejos, enseñanzas, camaradería y apoyo.

A mis docentes durante toda la carrera, quienes me formaron y contribuyeron a mi crecimiento constante.

A Frida, por su amor, apoyo y comprensión incondicional, sin duda me brindó energía y positivismo para seguir cada día, te amo, corazón.

A mis compañeros de carrera y amigos Miguel y Daniela, por todas las risas, momentos divertidos y por su apoyo incondicional, los aprecio mucho.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	3
Agradecimientos	3
RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	5
II. ANTECEDENTES	7
II.1 Industria vinícola y sus residuos	7
II.2 Importancia de los subproductos vinícolas	8
II.3 Compuestos fenólicos como biomoléculas de interés.....	9
II.4 Potencial de subproductos vinícolas y compuestos fenólicos en la nutrición animal	10
II.4.1 Incidencia de extractos en el metabolismo lipídico de los peces.....	10
II.4.2 Efectos observados en la digestibilidad de materia seca y nutrientes.....	11
II.4.3 Efectos observados en la actividad de enzimas digestivas	12
II.4.4 Calidad del filete en relación a la adición de dichos subproductos	12
II.5 Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) como modelo de estudio.....	13
III. HIPÓTESIS	13
IV. OBJETIVOS	14
IV.1 Objetivo general	14
IV.2 Objetivos específicos.....	14
V. METODOLOGÍA	14
V.1 Obtención de subproductos vinícolas	14
V.2 Obtención de juveniles de tilapia.....	15
V.3 Dietas experimentales	15
V.3.1 Formulación de las dietas	15
V.3.2 Preparación de las dietas	16
V.4 Análisis bromatológicos	17
V.5 Cuantificación de polifenoles totales por método Folin-Ciocalteu.....	17
V.6 Sistema experimental y manejo de bioensayo	18
V.7 Rendimiento productivo e índices somáticos	18
V.8 Digestibilidad aparente	19
V.9 Actividad de enzimas digestivas.....	20
V.10 Análisis estadístico	21
VI. RESULTADOS	21
VI.1 Composición proximal de dietas	21
VI.2 Polifenoles totales en harina de GPF.....	22
VI.3 Rendimiento productivo e índices somáticos	23
VI.4 Composición proximal de organismos	26
VI.5 Coeficiente de digestibilidad aparente.....	26
VI.6 Actividad de enzimas digestivas.....	27

VII. DISCUSIÓN.....	28
VIII. CONCLUSIÓN	33
IX. BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación (g Kg-1) de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) para juveniles de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	15
Tabla 2. Composición proximal en base seca de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) para juveniles de tilapia (<i>O. niloticus</i>).	22
Tabla 3. Parámetros productivos e índices somáticos (media ± desviación estándar) de juveniles de tilapia (<i>O. niloticus</i>) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).	23
Tabla 4. Composición proximal (media ± desviación estándar) en base seca de cuerpo completo de juveniles de tilapia (<i>O. niloticus</i>) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).	26
Tabla 5. Coeficientes de digestibilidad aparente (media ± desviación estándar) de juveniles de tilapia (<i>O. niloticus</i>) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).	26
Tabla 6. Actividad específica de enzimas digestivas (media ± desviación estándar) de juveniles de tilapia (<i>O. niloticus</i>) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regresiones polinomiales de parámetros productivos relevantes con valores R2 y ecuaciones de regresión. A) Tasa de crecimiento específica (TCE). B) Tasa de conversión alimenticia (TCA). C) Tasa de eficiencia proteica (TEP). D) Consumo de alimento por organismo (CA).	25
Figura 2. Regresión polinomial del índice hepatosomático (IHS) con valor R2 y ecuación de regresión.....	25
Figura 3. Regresión polinomial del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) con valor R2 y ecuación de regresión.....	27

RESUMEN

El uso de subproductos agroindustriales promete estabilidad económica y ecológica para la alimentación animal, sin embargo, estos no son realmente aprovechados, teniendo como ejemplo claro el bagazo de uva o *grape pomace* (GP), un subproducto con potencial bioactivo conferido por los compuestos fenólicos que posee y que ha demostrado tener efectos positivos en producción animal. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de la inclusión dietaria de harina de GP sobre el rendimiento productivo, índices somáticos, perfil nutricional, digestibilidad aparente y actividad de enzimas digestivas en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), para lo cual se diseñaron seis dietas isolipídicas e isoproteicas con diferentes niveles de inclusión de GP (0%, 2.5%, 5%, 10%, 15% y 20%). Cada dieta fue evaluada por triplicado en un sistema de recirculación con tinas de 250 L, donde se distribuyeron 15 juveniles de tilapia por unidad. Los juveniles fueron alimentados tres veces al día (8:00, 12:00 y 17:00 hrs) a saciedad aparente durante un periodo de 60 días. Los resultados mostraron los mayores crecimientos en juveniles alimentados con las dietas 0%, 2.5% y 5%, asociados a las mayores tasas de crecimiento específico, tasa de conversión alimenticia, y tasa de eficiencia proteica, mientras el consumo de la dieta mostró una disminución con el aumento de inclusión de GP, mostrando estos parámetros alta correlación en ajuste polinomial con R^2 mayores a 0.90. El Índice hepatosomático mostró efecto de disminución hasta la dieta 5%, con un incremento marcado en organismos alimentados con la dieta 10%, mientras el factor de condición, el índice viscerosomático y supervivencia no mostraron diferencias entre tratamientos. Los resultados bromatológicos del perfil corporal final mostraron efectos sobre la proteína, lípidos y extractos libres de nitrógeno, sin embargo, no mostró efecto sobre la ceniza. La digestibilidad aparente de materia seca se vio modificada por la inclusión de GP, incrementando con el aumento de inclusión de este ingrediente, mostrando correlación polinomial con $R^2=0.693$. La actividad de enzimas digestivas también mostró efectos por la inclusión de GP, donde la quimotripsina mostró un claro efecto a incrementar su actividad con el incremento de GP dietario, mostrando correlación polinomial con $R^2=0.693$. En conclusión, la inclusión de GP en dietas para juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*) tiene efectos sobre rendimiento productivo, perfil nutricional, digestibilidad de nutrientes y actividad de enzimas digestivas, donde se recomienda no incluir más del 5% en dietas, con el objetivo de mantener buen crecimiento y mejorar la tasa de eficiencia alimenticia, la tasa de eficiencia proteica y no disminuir consumo de alimento.

Palabras Clave: Tilapia, bagazo de uva, compuestos fenólicos, digestibilidad, enzimas digestivas

ABSTRACT

The use of agro-industrial by-products promises economic and ecological stability for animal feed; however, these are not really used, having as a clear example grape bagasse or grape pomace (GP), a by-product with high bioactive potential conferred by the phenolic compounds it has and that has been shown to have positive effects on animal production. Therefore, the aim of this work was to evaluate the effects of the dietary inclusion of GP on productive performance, somatic indices, nutritional profile, apparent digestibility and specific activity of digestive enzymes in tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*), for which six isolipid and isoprotein diets with different levels of GP inclusion (0%, 2.5%, 5%, 10%, 15% and 20%) were designed. Each diet was evaluated in triplicate in a recirculation system with 250 L tanks, where 15 tilapia juveniles were distributed per unit. The juveniles were fed three times a day (8:00, 12:00 and 17:00 hrs) at apparent satiety for a period of 60 days. The results showed the highest growth rate in juveniles fed with the 0%, 2.5% and 5% diets, associated with higher specific growth rates, feed conversion rate, and protein efficiency rate, while diet consumption showed a decrease with the increase in GP inclusion, showing these parameters high correlation in polynomial adjustment with R^2 greater than 0.90. The hepatosomatic index showed a decrease effect up to the 5% diet, with a marked increase in organisms fed the 10% diet, while the condition factor, viscerosomatic index and survival rate showed no differences between treatments. The bromatological results of the final body profile showed effects on protein, lipids and nitrogen-free extracts, however it did not show an effect on ash. Apparent digestibility of dry matter was modified by the inclusion of GP, increasing in relation with the inclusion of this ingredient, showing polynomial correlation with $R^2=0.693$. The activity of digestive enzymes also showed effects by the inclusion of GP, where chymotrypsin showed a clear effect to increase its activity with the increase of dietary GP, showing polynomial correlation with $R^2=0.693$. In conclusion, the dietary inclusion of GP for tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*) has effects on productive performance, nutritional profile, nutrient digestibility and digestive enzyme activity, where it is recommended not to include more than 5% in diets, to maintain good growth and improve the feed efficiency rate, protein efficiency rate and not decrease feed intake.

Keywords: Tilapia, grape pomace, phenolic compounds, digestibility, digestive enzymes

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector productivo primario de mayor crecimiento por año en la actualidad, sin embargo, pese al desarrollo que se ha ido presentando durante las últimas décadas, aún hay nichos dentro del sector que necesitan ser estudiados, esto con el fin de eficientizar los alimentos y con ello la producción de organismos y optimizar costos productivos, por lo que la investigación juega un papel fundamental para el crecimiento y desarrollo de la industria acuícola y pesquera (EFFOP, 2022). Uno de los principales nichos a estudiar y el cual genera cada vez más problemáticas por resolver es la nutrición y alimentación de los organismos acuícolas asociado a los nuevos retos en la búsqueda de fuentes sustentables y económicamente viables que permitan una buena nutrición de los organismos en producción.

Se conoce que del total de costos operativos en una granja acuícola, alrededor del 60 a 79% corresponde a la compra de alimento para los organismos cultivados (Belton *et al.*, 2018), y considerando el constante crecimiento que ha presentado la industria acuícola, es de gran importancia proveer de ingredientes o materias primas de suma calidad para la elaboración de dietas balanceadas que garanticen una eficiente producción animal, donde dichos ingredientes han incrementado su valor a medida que la demanda crece y por ende, el costo de los alimentos balanceados aumenta convirtiéndose así en productos cada vez menos accesibles para los productores acuícolas (Rana *et al.*, 2009), en especial las fuentes nutricionales pesqueras (harinas y aceites de pescado), mismas que aún son un componente principal de muchos alimentos acuícolas (Jannathulla *et al.*, 2019). Actualmente, existe amplia investigación destinada a encontrar fuentes alternativas que puedan satisfacer los requerimientos nutricionales de los organismos donde los subproductos agroindustriales, prometen estabilidad económica y ecológica para la acuicultura debido a la accesibilidad (Kari *et al.*, 2023), otorgando valor agregado a las dietas debido a sus compuestos bioactivos,

Uno de los subproductos agroindustriales recientemente estudiados en nutrición animal es el bagazo de uva (*grape pomace* en inglés o simplemente GP), el cual es producto resultante de la vinificación de uva tinta, tratándose de semillas, piel, tallos etc., dicho residuo cuenta con compuestos bioactivos que le confieren propiedades antioxidantes, antidiabéticas, antiinflamatorias, anticancerígenas y cardioprotectoras (Oliveira & Duarte, 2016; Chakka & Babu, 2022).

Es importante aclarar que los subproductos agroindustriales (bagazo de uva en este caso) no pretenden sustituir fuentes proteicas y/o lipídicas, sino, fungir como fuentes de relleno alternas que puedan proporcionar un valor agregado asociado a propiedades fitogénicas con incidencia en la salud y nutrición de los organismos.

II. ANTECEDENTES

II.1 Industria vinícola y sus residuos

En los últimos años, el vino mexicano se ha convertido en uno de los productos nacionales más reconocidos a nivel nacional e internacional, pasando de ser tendencia a un producto consolidado, galardonado internacionalmente y esencial para la economía del país. En México existen 14 estados productores tales como Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Zacatecas (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2021), siendo el vino de Baja California el de mayor interés comercial hasta la fecha. En el territorio nacional se cuentan con ocho mil 431 hectáreas dedicadas a la elaboración de vinos con 50 variedades distintas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

Pese al gran aprovechamiento que se da a la uva común (*Vitis vinifera*) en la elaboración de vinos, los subproductos derivados son utilizados en poco porcentaje como biofertilizantes o compostaje, sin embargo, un alto porcentaje no es tomado en cuenta y terminan siendo residuos orgánicos totalmente desaprovechados. Zhu *et al.* (2015) explican que de las uvas producidas en un cultivo vinícola, solo el 70 a 75% de su composición total es utilizado para procesos de vinificación, mientras el 30% restante (tallos, hojas, piel, semillas etc.) son desechados. También, se ha observado que en temporadas con condiciones ambientales no favorables tales como sequías, cambios abruptos de temperatura, tormentas e incendios forestales, la uva pierde las cualidades deseadas (principalmente contenido de agua) lo que la convierte en un producto inviable para la vinificación, por lo que pasa a ser un producto desechado o destinado a otras actividades productivas (Rogiers *et al.*, 2022).

Los residuos sólidos obtenidos después de la fermentación y prensado de la uva para extracción de mosto, lo que incluye pieles, semillas y pulpa, comúnmente se denominan 'orujo o bagazo' (conocido en inglés como *grape pomace; GP*). Este residuo es un material de alto valor por sus compuestos bioactivos, asociado a múltiples moléculas funcionales que posee y cuyo aprovechamiento da pie a la tecnificación de procesos bioquímicos que signifiquen un avance considerable en la ciencia de alimentos (Oliveira & Duarte, 2016), donde los subproductos vinícolas poseen alto potencial para su aplicación en actividades pecuarias (ganadería, avicultura, porcicultura, acuicultura etc.), convirtiéndolos en un área de oportunidad y de interés tanto para el sector científico como para la industria (Kraus *et al.*, 2003; Jalal *et al.*, 2023).

II.2 Importancia de los subproductos vinícolas

Se deben destacar los compuestos de carácter puramente nutricional, como la fibra dietética que representa hasta un 70% de composición total de GP, las cuales pueden ser fibras insolubles tales como celulosa y hemicelulosa o fibras solubles (beta-glucano, pectinas etc.) que únicamente representan de 9 a 11% de composición total (Zhu *et al.*, 2015; Nagarajaiah & Prakash, 2016; Bassani *et al.*, 2020).

Los subproductos vinícolas son conocidos por ser ricos en compuestos fenólicos, particularmente flavonoides y antocianinas (Almanza-Oliveros *et al.*, 2024; Chakka & Babu, 2022), vitamina C (ácido ascórbico) y vitamina E (tocoferol), así como procianidinas y proantocianidinas propias de la semilla (Puiggròs *et al.*, 2005), lo que les confiere un alto potencial antioxidante, pudiendo encontrar concentraciones de 1115.00 a 7475.00 mg de compuestos fenólicos totales por cada 100 gramos de orujo o bagazo (Bail *et al.*, 2007; Chakka & Babu, 2022; Nagarajaiah & Prakash, 2016). En específico, en *Cabernet Sauvignon*, una de las variedades de uvas más cultivadas para fabricación de vino tinto, se reporta un contenido de 5101.82 ± 119.03 mg/100 gramos de GP, misma que es de interés para este proyecto (Iora *et al.*, 2015).

Los compuestos bioactivos en los subproductos vinícolas presentan propiedades anticancerígenas, cardioprotectoras, antiinflamatorias y anti envejecimiento (Chakka & Babu, 2022), y en gran medida modulan el metabolismo de lípidos tales como triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad y ácidos grasos libres (Kokkinomagoulos & Kandylis, 2023), además, se ha demostrado que los flavonoides contribuyen a la reducción de estrés oxidativo, específicamente, protegen a las lipoproteínas de baja densidad de la peroxidación lipídica, esto gracias a su interacción con compuestos no polares en la región hidrofóbica de las paredes celulares, bloqueando el acceso a los agentes oxidantes (Ciumărnean *et al.*, 2020). Por otra parte, se ha demostrado su efecto positivo en la regulación de índices pro-inflamatorios, pudiendo así mejorar el metabolismo lipídico de los organismos que los consumen (Ma *et al.*, 2020).

Si bien los compuestos bioactivos son abundantes en los subproductos vinícolas, su concentración y tipo dependen de diversos factores como la variedad de la uva, condiciones climáticas, ubicación geográfica de los cultivos, cualidades y composición del sustrato, influencia de las estaciones del año, madurez de la vid, técnicas de viticultura (manejo del cultivo) y procedimientos de vinificación. Se conoce que, durante el proceso de vinificación, parte de los compuestos fenólicos se transfieren al mosto (jugo de la uva) pero que de igual forma, gran proporción de estos mismos permanece en el orujo después del prensado (Alonso *et al.*, 2002; Lafka *et al.*, 2007).

II.3 Compuestos fenólicos como biomoléculas de interés

Los compuestos fenólicos, son los compuestos bioactivos de mayor abundancia tanto en el producto final (vino) como en sus respectivos subproductos, los cuales se caracterizan por presentar uno (fenol) o múltiples (polifenol) anillos aromáticos unidos a uno o más grupos hidroxilo (Quideau *et al.*, 2011), los cuales han demostrado alta capacidad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana y anticarcinogénica (Almanza-Oliveros *et al.*, 2024). También, en producción agropecuaria se han observado efectos positivos en mecanismos de crecimiento, reproducción y sistema inmunitario tanto de plantas como animales (Šikuten *et al.*, 2020).

Los polifenoles pueden clasificarse en dos tipos de compuestos principales, los flavonoides (cuya estructura comprende dos anillos aromáticos) y no-flavonoides (mayormente alcoholes monofenólicos, ácidos fenólicos y estilbenos) (Toche-Tuesta *et al.*, 2017), dentro del grupo de los flavonoides destacan pigmentos como las procianidinas y proantocianidinas, los cuales presentan compuestos hidrosolubles conocidos como antocianinas. Estos polifenoles destacan por su actividad antioxidante en procesos celulares, actuando bajo procesos de desequilibrio entre la producción de moléculas antioxidantes y las moléculas reactivas oxidativas, generando un cuadro de estrés oxidativo, dicha interacción se debe mantener en equilibrio para mantener un potencial de óxido-reducción adecuado, que de ser lo contrario, puede desencadenar afecciones cardiovasculares y metabólicas (Šikuten *et al.*, 2020), lo cual aplicado a nutrición animal presenta implicaciones en procesos de oxidación lipoproteica, capaz de reducir la concentración de lipoproteínas de baja densidad en oxidación avanzada, previniendo así afecciones relacionadas (Leifert & Abeywardena, 2008).

II.4 Efectos de los subproductos vinícolas en metabolismo animal

Existen múltiples estudios en animales terrestres de producción donde se prueba el efecto de la inclusión de subproductos vinícolas (tanto bagazo como extractos) en dietas formuladas, encontrando efectos positivos en rendimiento productivo, composición proximal, perfil de ácidos grasos, capacidad antioxidante, microbiota intestinal y fecal así como calidad de carne, esto se ha probado en puercos (Kafantaris *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020), ovinos (Kafantaris *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2018), bovinos (Arend *et al.*, 2022) y ganado lechero donde también se presentan efectos en la composición de la leche (Chedea *et al.*, 2017) y en peces (Ahmadi *et al.*, 2022; Ahmadifar *et al.*, 2021).

II.4.1 Incidencia de extractos en el metabolismo lipídico de los peces

En la nutrición piscícola, orientada específicamente a peces dulceacuícolas tales como la carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*), se ha reportado que los polifenoles cuentan con propiedades inmunoestimulantes y antibióticas (funcionando como agentes fitogénicos) (Ahmadifar *et al.*, 2021; Zhong *et al.*, 2020). Por otra parte, demuestran tener efectos positivos en la tasa de crecimiento y resistencia ante peroxidación lipídica, a partir de la regulación del metabolismo lipídico de organismos vertebrados, incluyendo peces, con capacidad de reducir el contenido de triglicéridos, colesterol total y colesterol asociado a lipoproteínas de muy baja densidad (*VLDL* por sus siglas en inglés) así como inhibir la acumulación corporal y hepática de grasa (Zhong *et al.*, 2020), este efecto se ha observado también en peces como la carpa herbívora o carpa forrajera (*Ctenopharyngodon idella*) y la anguila americana (*Anguilla rostrata*), donde proantocianidinas extraídas de semilla de uva tinta demostraron modular positivamente la expresión génica para la acumulación excesiva de grasa en el organismo (Lu *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2022).

Se ha evaluado el efecto de la inclusión de aceite de semilla de uva como subproducto vinícola en dietas para carpa común (*Cyprinus carpio*), donde no se observó ningún efecto en factor de condición, consumo de alimento, composición proximal e índices somáticos, sin embargo, la dieta con mayor suplementación de aceite de semilla presentó el mayor nivel de ácidos grasos poliinsaturados así como los índices aterogénicos y trombogénicos más bajos (Zorlu & Gümüş, 2022). En la lubina europea (*Dicentrarchus labrax*) la adición de extractos de subproductos vinícolas disminuye los ácidos grasos saturados y el índice aterogénico, denotando que los extractos generan un efecto antioxidante y previene la oxidación de lípidos, traducándose en un enriquecimiento del filete (Tarricone *et al.*, 2023).

II.4.2 Efectos observados en la digestibilidad de materia seca y nutrientes

La inclusión de compuestos fenólicos en dietas para organismos acuícolas tiene efectos en el rendimiento productivo y aspectos fisiológicos, incluyendo la digestibilidad de nutrientes, lo cual es evaluado como coeficiente de digestibilidad aparente basado en técnicas de marcadores internos, donde se compara el contenido del marcador interno entre la dieta y la materia fecal (Bob-Manuel, 2013). La digestibilidad representa la diferencia del valor nutricional entre el alimento consumido y las heces producidas, siendo de gran importancia para determinar el aprovechamiento de los nutrientes ingeridos.

Estudios realizados en un pez carnívoro como la lubina europea (*Dicentrarchus labrax*) demuestran que la inclusión de ácido tánico puede tener efectos adversos en la digestibilidad de materia seca y nutrientes (Omnes *et al.*, 2017), tal efecto se debe a el impacto antinutricional que confieren los

taninos, que en animales monogástricos limita la capacidad de digestión y absorción de nutrientes (Alfaia *et al.*, 2022; Costa *et al.*, 2022). En otra especie carnívoros como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) se analizó la inclusión de resveratrol y genisteína, donde se demuestran efectos adversos en la digestibilidad de materia seca y nutrientes (Torno *et al.*, 2018). A su vez, Peña *et al.* (2019) mencionan que se puede incluir hasta 6% de GP en dietas para trucha arcoíris sin presentar efectos adversos en el crecimiento e incluso mejorando notablemente la digestibilidad aparente de materia seca cuando. En peces herbívoros como la carpa común (*Cyprinus carpio*) también se ha probado la inclusión de polifenoles en dietas formuladas a base de harina de canola, sin observar efectos adversos en la digestibilidad de nutrientes en alevines de dicha especie (Hussain *et al.*, 2020).

II.4.3 Efectos observados en la actividad de enzimas digestivas

Los compuestos fenólicos presentes en los subproductos vinícolas y sus extractos han demostrado tener efectos en la actividad de enzimas digestivas, un claro ejemplo de esto es el ácido fítico y los taninos, los cuales actúan como inhibidores competitivos mediante la adhesión en sitios catalíticos de proteasas (tripsina y quimotripsina) y amilasas (α -amilasa), impidiendo la asimilación de proteínas y polisacáridos no almidonados y reduciendo la biodisponibilidad de nutrientes (Vishal & Shalu, 2024; Punia & Singh, 2024). Barrett *et al.* (2018) explican que la interacción entre proteínas y taninos relacionada con el bloqueo de sitios catalíticos se asocia a sus propiedades hidrofóbicas y formación de puentes de hidrógeno, dichas propiedades hidrofóbicas, donde los compuestos fenólicos y sitios catalíticos enzimáticos forman conglomerados hidrofóbicos, bloqueando por completo la asimilación proteica.

Los subproductos vinícolas, específicamente las proantocianidinas de semilla de uva, inhiben fuertemente la activación de lipasas pancreáticas, lipasas lipoproteicas y estererasas de colesterol, limitando la asimilación de triglicéridos y colesterol dietarios, disminuyendo la digestibilidad de lípidos y el aprovechamiento de estos mismos (Ngamukote *et al.*, 2011; Bladé *et al.*, 2010; Moreno *et al.*, 2003).

II.4.4 Calidad del filete con relación a la adición de dichos subproductos

La calidad del filete y su perfil nutricional también se ven influenciados por la presencia de polifenoles presentes en la uva (Arslan *et al.*, 2018). La inclusión de subproductos vinícolas en un rango de 50 a 150 g Kg⁻¹ modifica tanto las propiedades organolépticas como la composición proximal de los filetes (Mahmoodi *et al.*, 2023) efecto que es conferido por la desaceleración en la peroxidación lipídica por parte de la función antioxidante de los polifenoles propios de los subproductos vinícolas (Zhong *et*

al., 2020). Aunado, el color de los filetes también se ve influenciado por el perfil pigmentario de la uva, traduciéndose en tonalidades más rojizas y disminución de tonalidades amarillentas, las cuales van de la mano con el efecto antioxidante sobre la mioglobina sanguínea y peroxidación lipídica, respectivamente (Tarricone *et al.*, 2023).

II.5 Tilapia como modelo de estudio

La tilapia del nilo o tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) es el pez más cultivado en el mundo entero, tan solo en México, en el año de 2018 alcanzó un volumen de producción de 53 mil toneladas (FAO, 2020). Por ello, emplearla como modelo de estudio para investigación orientada a su producción sostenible es de suma importancia para desarrollar acuicultura de calidad, y como se mencionó anteriormente, la alimentación y nutrición de los organismos cultivados es uno de los pilares para lograrlo (Rana *et al.*, 2009). En esta especie, se han realizado múltiples estudios, con temas que incluyen fuentes proteicas, lipídicas y/o suplementarias, ya sean harinas alternas, aceites vegetales, mezclas microalgales o subproductos agrícolas y agroindustriales (Sarker *et al.*, 2020; Gule & Geremew, 2022; Mendes *et al.*, 2024), por lo cual, el continuar con la búsqueda de fuentes nutricionales alternativos, así como suplementos son de suma importancia para la sustentabilidad de los alimentos acuícolas.

En este sentido, el bagazo de uva (*GP*) un ejemplo de subproducto regional con de alta importancia en cantidad de desecho, el cual cuenta con buen perfil nutricional, incluyendo proteína vegetal, fibras insolubles y lípidos ricos en ácidos grasos poliinsaturados, aunado a una alta concentración de compuestos bioactivos tipo polifenoles (Antonić *et al.*, 2020; Chakka & Babu, 2022). Sin embargo, su efecto nutricional y fisiológico en modelos acuícolas de producción como la tilapia, aún no ha sido evaluado a profundidad.

III. HIPÓTESIS

Si se adicionan subproductos vinícolas ricos en polifenoles en dietas para juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a un nivel óptimo, entonces los juveniles de tilapia presentaran mejor rendimiento productivo, índices somáticos, supervivencia, perfil nutricional y digestibilidad de nutrientes.

IV. OBJETIVOS

IV.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles de subproductos vinícolas dietarios sobre parámetros de rendimiento productivo, valor nutricional y procesos digestivos en juveniles de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) para determinar su óptimo de inclusión con base a polifenoles totales.

IV.2 Objetivos específicos

Diseñar y manufacturar seis dietas experimentales con diferentes inclusiones de subproductos vinícolas (0%, 2.5%, 5%, 10%, 15% y 20%) para juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Determinar el óptimo dietario de subproductos vinícolas ajustado a polifenoles totales en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), considerando los efectos en crecimiento, rendimiento productivo, índices somáticos y supervivencia.

Evaluar el efecto de diferentes inclusiones dietarias de subproductos vinícolas sobre el perfil bromatológico de juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Evaluar el efecto de diferentes inclusiones dietarias de subproductos vinícolas sobre digestibilidad aparente de materia seca en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Evaluar el efecto de diferentes inclusiones dietarias de subproductos vinícolas sobre la actividad de proteasas y lipasas en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

V. METODOLOGÍA

V.1 Obtención de subproductos vinícolas

Los subproductos vinícolas (*grape pomace*) fueron donados por la empresa vinícola Solar Fortún S. de R.L. de C.V., ubicada en El Sauzal de Rodríguez, Ensenada, Baja California, con viñedos en el Valle de Guadalupe. Los cuales se recolectaron el mismo día del prensado de la uva previamente macerada y fermentada específicamente para la fabricación de vino tinto tipo *Cabernet Sauvignon*. El GP prensado en fresco se transportó a la planta de alimentos del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), donde se secó a 100 °C en un horno de flama con convección durante 30 minutos,

para después ser molido a un tamaño de partícula de 250 micras (μm). La harina producida (Harina de GP) se guardó en costales para su evaluación e incorporación en dietas acuícolas.

V.2 Obtención de juveniles de tilapia

Los juveniles de tilapia (*O. niloticus*) fueron obtenidos de la empresa acuícola Aquamol S.C. de R.L., ubicada en Jamay, La Barca, Jalisco, los cuales se enviaron vía aérea en bolsas con oxígeno y agua propia de sus sistemas de cultivo, y empaquetadas en cajas de cartón con material aislante en su interior para reducir el impacto de agentes estresores externos. Los juveniles se recogieron en Tijuana, Baja California el mismo día de su envío, y se transportaron vía terrestre a las instalaciones del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), donde se acondicionaron en tres tanques circulares de 500 L c/u conectados a un sistema de recirculación con temperatura controlada y nula concentración de compuestos nitrogenados. Se manejó un esquema de alimentación de cuatro veces al día (8:00, 11:00, 14:00 y 17:00 horas) durante tres días previo a su siembra en el sistema experimental.

V.3 Dietas experimentales

V.3.1 Formulación de las dietas

Se diseñaron seis dietas isolipídicas e isoproteicas con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas de la cepa *Cabernet Sauvignon* (Harina de GP) considerando una dieta control o 0% (almidón de maíz como sustituyente) y cinco dietas con diferentes porcentajes de sustitución de GP (2.5%, 5%, 10% 15% y 20%) del ingrediente sustituyente propuesto (Tabla 1).

Tabla 1. Formulación (g Kg^{-1}) de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) para juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

INGREDIENTES (g Kg^{-1})	0%	2.5%	5%	10%	15%	20%
Harina ave prime ^a	310	310	310	310	310	310
Harina de bovino ^a	100	100	100	100	100	100
Harina de pescado ^b	140	140	140	140	140	140
Gluten de maíz ^c	50	49.2	48.5	47	45.5	44
Maizena ^{® d} (almidón de maíz)	274.4	250.7	227	179.7	132.3	85

Harina de GP ^e	0	25	50	100	150	200
Manteca de cerdo ^f	4.6	4.1	3.5	2.3	1.2	0
DHA-Nature [®] 17% ^g	50	50	50	50	50	50
Grenetina ^h	25	25	25	25	25	25
Metionina ^d	10	10	10	10	10	10
Rovimix ⁱ	30	30	30	30	30	30
Taurina ^j	1	1	1	1	1	1
Stay C ⁱ	5	5	5	5	5	5

^a Scoular de México S. de R.L. de C.V.; ^b Baja Marine Foods S.A.P.I. de C.V, El Sauzal de Rodríguez, Ensenada, Baja California, México; ^c Ingredion Mexico S.A. de C.V., México; ^d Maizena, Unilever Food Solutions, México; ^e Solar Fortún S. de R.L. de C.V., El Sauzal de Rodríguez, Ensenada, Baja California, México; ^f Empacadora Rosarito S.A. de C.V, Tijuana, Baja California, México; ^g ADM; ^h Progel Mexicana SA de CV, León, Guanajuato, México; ⁱ DSM Nutritional Products México, S.A. de C.V., contiene en g kg⁻¹ p-ácido aminobenzoico 1.45; biotina 0.02; myo-inositol 14.5; ácido nicotínico 2.9; Pantotenato de calcio 1.0; piridoxina-HCl 0.17; riboflavina 0.73; tiamina-HCl 0.22; menadiona 0.17; α-tocoferol 1.45; cianocobalamina 0.0003; calciferol 0.03; L-ascorbil-2-fosfato-Mg 0.25; ácido fólico 0.05; cloruro de colina 29.65; retinol 0.015; NaCl 1.838; MgSO₄ · 7H₂O 6.85; NaH₂PO₄ · 2H₂O 4.36; KH₂PO₄ 11.99; Ca(H₂PO₄)₂ · 2H₂O 6.79; Fe-citrato 1.48; Ca-lactato 16.35; AlCl₃ · 6H₂O 0.009; ZnSO₄ · 7H₂O 0.17; CuCl₂ 0.0005; ^j Future Foods S.A. de C.V, Tlalnepantla, Estado de México, México.

V.3.2 Preparación de las dietas

Para la preparación de las seis dietas experimentales se agregaron los ingredientes secos como inicio y después los ingredientes líquidos. Para la parte seca se añadieron las harinas (harina ave prime, harina de bovino y harina de pescado) y su respectiva fuente de relleno (harina de GP en las proporciones descritas anteriormente) y se mezclaron en una batidora industrial durante 45 segundos, el almidón de maíz fue pregelatinizado en microondas previo a ser mezclado en la batidora industrial durante otros 45 segundos. Los micro ingredientes como DHA-Nature[™] 17% (fuente lipídica seca), metionina, Rovimix (mezcla mineral y vitamínica), taurina y Stay C (ácido ascórbico) se añadieron a la mezcla y se mezclaron otros 45 segundos. Después, los ingredientes líquidos (manteca de cerdo y grenetina diluida en agua caliente) se agregaron junto con los demás ingredientes a la batidora y se mezclaron hasta lograr

una completa integración. Una vez integrada la mezcla se pasó por una moladora de carne Torrey 1 HP con una criba de 5 mm por tres ocasiones hasta tenerla en forma de pasta homogénea y compacta, la cual se extendió en un recipiente de plástico para posteriormente introducirla a un horno para su deshidratación por 12 hrs a 50°C. Posteriormente, la pasta deshidratada se pulverizó manualmente en mortero a trozos más pequeños para su almacenamiento en bolsas plásticas previamente etiquetadas de las cuales una parte se molió a distintos tamaños de partícula acorde a la talla de los organismos a lo largo del periodo experimental y guardó en envases rotulados con el número de tina acorde a la dieta correspondiente. Los envases a su vez se almacenaron en un lugar con poca humedad y lejos del alcance de una contaminación externa.

V.4 Análisis bromatológicos

Se analizó la composición proximal de las dietas experimentales y cuerpo completo de juveniles de tilapia al final del experimento por triplicado utilizando metodologías reportadas por la AOAC (2015). El peso seco de las muestras se determinó secando las muestras a 60 °C durante 24 h. A continuación, las muestras se incineraron en un horno de mufla a 550 °C durante 6 h para determinar el porcentaje de cenizas. Se analizó la proteína cruda por el método micro-Kjeldahl (UDK 129, Velp, Italia) y se calculó el contenido de proteína por conversión de nitrógeno (%N x 6,25). Por último, el método Soxhlet se utilizó para analizar y cuantificar el contenido de grasa cruda de acuerdo con la AOAC empleando éter de petróleo como disolvente portador. Los extractos libres de nitrógeno (ELN) se calcularon por la diferencia de la sumatoria de proteína, lípidos y ceniza.

V.5 Cuantificación de polifenoles totales por método Folin-Ciocalteu

Un gramo de GP fue puesto en 10 ml de solución metanol: agua (50:50) en agitación durante 24 horas, para después ser filtrada y el sobrenadante ser evaluado en polifenoles. Se determinó la concentración de polifenoles totales en Harina de GP acorde al método de Folin-Ciocalteu (Lowry *et al.*, 1951) modificado con dodecil sulfato de sodio (*SDS* por sus siglas en inglés) por (Noble & Bailey, 2009) para reducir su sensibilidad a agentes de interferencia, aumentar el rango dinámico y aumentar la velocidad y estabilidad resultante de la formación del color. La solución de Folin-Ciocalteu se obtuvo de fuente comercial (Sigma F-9253 al 2 N) y se manejó a una concentración del 20%, para ello se utilizaron 10 mL de reactivo de Fenol Folin-Ciocalteu y 40 mL de agua destilada. Las muestras preparadas se colocaron en un agitador (Vortex-Genie 2) para posteriormente ser sometidas a lectura en

espectrofotómetro (UV-1700 PharmaSpec) a 750 nm, finalmente se realizó una curva de calibración de ácido gálico (GAE) ($C_7H_6O_5$) en el rango de 25 a 500 $\mu\text{g/ml}$ con la cual se calculó la concentración del GP de *Cabernet Sauvignon*.

V.6 Sistema experimental y manejo de bioensayo

El sistema de recirculación utilizado para el experimento constó de 18 tinas de forma ovalada con capacidad de 250 L c/u conectadas a un sistema de recirculación que cuenta con biofiltro de burbuja (Aquaculture Systems Technologies, LLC, New Orleans, LA) y reservorio de agua de 1.1 m^3 acoplado a una bomba de ¼ HP (Marathon® Electric Motors, Orange, CA). Se distribuyeron 15 juveniles con peso promedio de 0.3 g en cada tina de forma aleatoria y se estableció un esquema de alimentación *ad libitum* (a saciedad aparente) a una frecuencia de 4 veces por día (8:00, 11:00, 14:00 y 17:00 horas), además, cada tina contó con una piedra de aireación de burbuja fina, tubo de nivel con malla en la parte superior, tubo sedimentador acoplado a un costado, válvula de purga en tina y sedimentador, y una tapa de malla-sombra en la parte superior para evitar fuga de organismos. Se realizó remoción de residuos por sifoneo una vez al día para reducir la cantidad de contaminantes de desecho (heces fecales, alimento no consumido, entre otros). Se manejó un periodo de experimentación de 60 días, en el cual se realizaron biometrías al inicio y final del periodo de experimentación, se registró el peso inicial (PI; g) y final (PF; g) y longitud total (LT; cm) de cada organismo con una balanza digital e ictiómetro, respectivamente.

V.7 Rendimiento productivo e índices somáticos

A partir de los datos obtenidos de las biometrías y consumo de alimento, se calcularon los siguientes parámetros:

- Ganancia de peso relativa (GPR, %) = $[(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial}] \times 100$
- Tasa de crecimiento específico (TCE) = $[(Ln \text{ peso final} - Ln \text{ peso inicial}) / \text{número de días}] \times 100$
- Tasa de conversión alimenticia (TCA) = $\text{alimento consumido (g)} / \text{peso ganado (g)}$
- Tasa de eficiencia proteica (TEP) = $\text{peso ganado (g)} / \text{proteína ingerida (g)}$
- Consumo de alimento (CA) = $(\text{consumo total de alimento (g)} / \text{número de días}) / \text{número final de organismos}$
- Factor de condición (FC) = $[\text{peso final (g)} / \text{longitud total}^3 \text{ (cm)}] \times 100$
- Índice hepatosomático (IHS, %) = $(\text{peso de hígado} / \text{peso final}) \times 100$

- Índice viscerosomático (IVS, %) = (peso visceral / peso final) x 100
- Supervivencia (S, %) = (número final de organismos / número inicial de organismos) x 100)

V.8 Digestibilidad aparente

El coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca (*CDA*) se determinó utilizando la ceniza insoluble en ácido como marcador interno, los cuales representan los compuestos silíceos de los nutrientes, principalmente los de origen vegetal incapaces de ser absorbidos a través del tracto intestinal. Se determinó el contenido (%) de cenizas insolubles en ácido de las dietas experimentales y de las heces recogidas durante el bioensayo, utilizando la metodología descrita por Tejada de Hernández (1992) y modificada por Montaña-Vargas *et al.* (2002). Las heces colectadas se secaron, se pesaron y se colocaron en crisoles de porcelana para ser calcinadas en horno a 550 °C durante 6 h. Después, las cenizas se colocaron en vasos de precipitados de 50 mL y se añadió ácido clorhídrico (HCl) 2N en relación 5 ml por 10 mg de ceniza, se cubrieron con un vidrio de reloj y se colocaron sobre una plancha eléctrica a 100 °C hasta su punto de ebullición durante 5 minutos para posteriormente dejar enfriar. Después, el contenido de los vasos de precipitado se filtró a través de un filtro de celulosa de 47 mm de diámetro (Whatman®) previamente pesado hasta alcanzar un peso seco constante (se empleó un filtro por cada muestra). Se utilizó un matraz Kitasato conectado a una bomba de vacío para filtrar las muestras con agua destilada caliente para enjuagar todo posible resto de ceniza en los vasos de precipitados de vidrio. A continuación, los filtros con muestra se colocaron en crisoles de porcelana y se calcinaron de nuevo en una mufla a 550 °C durante 6 h. Una vez calcinadas las muestras, se pesaron y se calcularon las cenizas de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% CIA = (PCen) - (PCrisol) PMS \times 100$$

Dónde *CIA*: Cenizas insolubles en ácido; *PCen*: Peso de las cenizas (g); *PCrisol*: Peso del crisol (g), y *PMS*: Peso de la materia seca.

Los *CDA* de cada dieta experimental se determinará mediante fórmulas estándar (Hardy and Barrows, 2002):

$$CDA (\%) = 100 - 100 [(\% CIA \text{ en alimento}) / (\% CIA \text{ en heces})]$$

V.9 Actividad específica de enzimas digestivas

Al final del experimento, la sección proximal del intestino de tres tilapias de cada tanque fue homogenizados en solución salina (0.9% NaCl) en proporción 1:10 (peso: volumen) con un Tissue-Tearor (BioSpec Products, Inc., Bartlesville, OK, EE.UU.), en condiciones de frío (4 °C), luego se centrifugó a 10.000 rpm por 15 min a 4 °C y el sobrenadante, considerado como extracto enzimático fue recuperado y se distribuyó en alícuotas de 200 μL para ser almacenado a -20 °C hasta su utilización. La concentración de proteína soluble (mg ml^{-1}) fue determinada con la técnica descrita por Bradford (1976), utilizando albúmina sérica de bovino (BSA) para realizar una curva de calibración en el rango de 0 a 600 $\mu\text{g ml}^{-1}$, con una ecuación de recta de $y = 0.0003x + 0.0598$ y un valor de R^2 de 0.9943.

La actividad de tripsina se cuantificó utilizando BAPNA 2 mM como sustrato (Cat. No. B4875, Sigma-Aldrich), diluido con 50 mM de Tris-HCl, pH 8,0. Se mezcló un total de 15 μL del extracto enzimático con 135 μL del sustrato para medir la absorbancia de la nitroanilida liberada a 410 nm cada 30 segundos durante 15 min a 37°C (García-Carreño *et al.*, 1994).

La actividad de la quimotripsina se cuantificó utilizando SAApNA 1.25 mM como sustrato (Cat. No. S7388, Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EE. UU.), diluida con 50 mM de Tris-HCl, pH 8,0. Se mezcló un total de 3 μL de cada extracto enzimático con 135 μL del sustrato en buffer para medir la absorbancia de la nitroanilida liberada a 410 nm liberada cada 30 segundos durante 15 minutos a 37°C (García-Carreño *et al.*, 1994).

La actividad de leucina aminopeptidasa (LAP) se cuantificó utilizando L-leucina-p-nitroanilida 4mM como sustrato (Cat. No. L9125, Sigma-Aldrich), diluida con fosfato de sodio 50 mM, pH 7,2. Se mezcló un total de 10 μL del extracto enzimático con 135 μL de la mezcla de sustrato en buffer para medir la absorbancia de la nitroanilida liberada a 410 nm cada 30 segundos durante 15 min a 37°C (Maroux *et al.*, 1973).

La actividad de la lipasa se determinó con la técnica modificada de Gjellesvik *et al.* (1992), incubando 5 μL de extracto enzimático con 135 μL de 4-nitrophenyl miristato 0.5 mM en buffer 50 mM Tris-HCl a pH 8,0, NaCl 100 mM y 6 mM deoxycholate de sodio. Las muestras se incubaron a 37°C, y se midió la absorbancia de la nitroanilida liberada a 410 nm cada 30 segundos durante 15 min.

La actividad enzimática fue cuantificada en un lector de microplaca modelo varioskan LUX (Thermo Fisher) con control de temperatura y vibración programada y para su cálculo se utilizó un coeficiente de extinción molar (CEM) de $0.0088 \mu\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ para proteasas y peptidasas y un CEM de $0.02 \mu\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ para lipasas.

La actividad enzimática de cada enzima se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Actividad Total (U ml}^{-1}\text{)} = (\Delta\text{Absorbancia} \times \text{Volumen total de reacción (ml)}) / (\text{CEM } (\mu\text{M}^{-1}\text{ cm}^{-1}) \times \text{tiempo de reacción (minutos)} \times \text{Volumen de extracto (ml)})$$

$$\text{Actividad específica (U mg proteína}^{-1}\text{)} = \text{Actividad total} / \text{proteína soluble (mg)}$$

V.10 Análisis estadístico

Los parámetros de rendimiento productivo, índices somáticos, composición proximal, coeficientes de digestibilidad aparente y actividad específica de enzimas digestivas se analizaron para los supuestos de normalidad (KS) y homocedasticidad mediante las pruebas Shapiro-Wilk y Levene. En caso de cumplir los supuestos estadísticos, se aplicó un análisis de varianza una vía (ANOVA), por el contrario, en caso de no cumplir dichos supuestos estadísticos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para ambos casos se consideró el factor porcentaje de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) como agrupador de datos. Para detectar diferencias entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey a posteriori. Todas las pruebas se llevaron a cabo utilizando un nivel de significancia de 0.05 con el programa SigmaPlot (Software analítico, AZ, EE.UU.).

VI. RESULTADOS

VI.1 Composición proximal de dietas

El porcentaje de proteína, grasas, cenizas y extractos libres de nitrógeno (ELN) de las dietas experimentales en base seca se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Composición proximal en base seca de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) para juveniles de tilapia (*O. niloticus*).

	Dietas						<i>p</i>
	0 %	2.5 %	5 %	10 %	15%	20%	
Proteína	45.92±1.22	44.64±1.59	44.47±0.27	45.21±2.10	45.88±0.28	47.84±0.26	0.049
Cruda (%)	ab	ab	b	ab	ab	a	
Grasa	9.23±0.00 ^b	9.30±0.06 ^{ab}	10.96±0.33	10.98±0.01	10.69±0.15	10.57±0.10	0.013
Cruda (%)			b	a	ab	ab	
Cenizas	12.27±0.02	12.07±0.00	12.51±0.02	12.80±0.51	13.20±0.04	13.49±0.11	0.005
(%)	ab	b	ab	ab	ab	a	

ELN (%)	29.86±2.16 ab	33.83±1.54 a	32.68±0.57 ab	29.94±1.14 ab	29.80±0.77 ab	28.08±0.27 b	0.020
Humedad (%)	1.80±0.01 ^b	2.57±0.09 ^{ab}	3.34±0.11 ^a	3.58±0.29 ^b	2.46±0.10 ^{ab}	3.10±0.02 ^{ab}	0.007

Las letras superíndice muestran diferencias entre los tratamientos de la misma fila ($p < 0.05$).

La proteína cruda entre las dietas mostró diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 20% presentó el valor más alto en comparación al resto de dietas. La grasa cruda entre las dietas mostró diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 0% presentó el valor más bajo y la dieta 10% el valor más alto, mientras el resto de las dietas no presentaron diferencias entre sí. El contenido de cenizas entre las dietas mostró diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 2.5% presentó el valor más bajo y la dieta 20% el valor más alto, mientras el resto de las dietas no presentaron diferencias entre sí. Los extractos libres de nitrógeno (ELN) entre las dietas mostraron diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 20% presentó el valor más bajo y la dieta 2.5% el valor más alto, mientras el resto de las dietas no presentaron diferencias entre sí. El contenido de humedad entre las dietas mostró diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 0% presentó el valor más bajo y la dieta 10% el valor más alto, el resto de las dietas no presentaron diferencias entre sí.

VI.2 Polifenoles totales en harina de GP

La concentración de polifenoles totales calculada en harina de GP de *Cabernet Sauvignon* dio una concentración de $7813.2 \pm 99.6 \text{ mg Kg}^{-1}$ ($781.3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), por lo cual la concentración calculada añadida de polifenoles totales proveniente de GP en las dietas experimentales fue de 195.3, 390.7, 781.3, 1172.0 y 1562 mg Kg^{-1} para las dietas 2.5%, 5%, 10%, 15% y 20 %, respectivamente.

VI.3 Rendimiento productivo e índices somáticos

Los parámetros de rendimiento productivo, índices somáticos y supervivencia de las tilapias alimentados con dietas experimentales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros productivos e índices somáticos (media \pm desviación estándar) de juveniles de tilapia (*O. niloticus*) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).

	Tratamientos						<i>p</i>
	0 %	2.5 %	5 %	10 %	15%	20%	
PI (g)	0.30 \pm 0.01	0.31 \pm 0.01	0.31 \pm 0.01	0.30 \pm 0.00	0.31 \pm 0.01	0.31 \pm 0.00	0.44 3
PF (g)	30.69 \pm 3.4 6 ^a	30.62 \pm 1.35 ^a	29.21 \pm 2.18 ^{ab}	24.26 \pm 1.72 b	16.35 \pm 1.14 c	12.82 \pm 0.48 c	0.00 1
GPR (%)	9,965.61 \pm 965.66 ^a	9,808.50 \pm 72 8.29 ^a	9,441.43 \pm 54 6.26 ^a	8,313.19 \pm 1 10.62 ^b	4,864.91 \pm 9 6.01 ^c	4,067.60 \pm 1 90.63 ^c	0.00 1
TCE (% día ⁻¹)	7.68 \pm 0.16 ^a	7.66 \pm 0.12 ^a	7.60 \pm 0.09 ^a	7.32 \pm 0.12 ^a	6.60 \pm 0.16 ^b	6.21 \pm 0.11 ^c	0.00 1
TCA	0.90 \pm 0.05 ^a	0.84 \pm 0.06 ^a	0.88 \pm 0.08 ^a	1.01 \pm 0.03 ^{ab}	1.20 \pm 0.15 ^{bc}	1.37 \pm 0.08 ^c	0.00 1
TEP	2.46 \pm 0.13 ^a b	2.77 \pm 0.06 a	2.68 \pm 0.08 ab	2.20 \pm 0.06 ^{ab}	1.96 \pm 0.03 ^{ab}	1.53 \pm 0.09 ^b	0.00 6
CA (g pez ⁻¹ día ⁻¹)	0.43 \pm 0.08 ^a	0.39 \pm 0.02 ^{ab}	0.40 \pm 0.06 ^a	0.37 \pm 0.05 ^{ab}	0.31 \pm 0.05 ^{ab}	0.24 \pm 0.05 ^b	0.01 6
FC	1.80 \pm 0.08	1.74 \pm 0.05	1.72 \pm 0.07	1.80 \pm 0.10	1.80 \pm 0.11	1.73 \pm 0.18	0.82 9
IHS	2.16 \pm 0.14 ^a b	2.03 \pm 0.00 ^{ab}	1.93 \pm 0.11 ^b	2.79 \pm 0.11 ^a	2.41 \pm 0.04 ^{ab}	2.19 \pm 0.06 ^{ab}	0.01 3
IVS	12.76 \pm 0.3 9	13.66 \pm 0.27	12.45 \pm 0.18	13.52 \pm 0.68	14.10 \pm 0.44	13.63 \pm 1.38	0.12 9
S (%)	97.78 \pm 3.8 4	100.00 \pm 0.00	95.56 \pm 7.69	95.56 \pm 3.84	88.89 \pm 13.8 7	97.78 \pm 3.84	0.51 7

PI= peso inicial, PF= peso final, GPR= ganancia de peso relativa, TCE= tasa específica de crecimiento, TCA= Tasa de conversión alimenticia, CA= Consumo de alimento; FC= Factor de condición, IHS= índice hepatosomático, IVS= Índice viscerosomático y S= supervivencia. Las letras superíndice muestran diferencias entre los tratamientos de la misma fila ($p < 0.05$).

Los organismos sembrados presentaron un peso inicial (PI, g) promedio de 0.31 ± 0.14 , sin mostrar diferencias entre las unidades experimentales ($p > 0.05$). Con relación al peso corporal final (PF, g) y a la ganancia de peso relativo (GPR, %) transcurrido el período experimental, se observaron diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), donde 0%, 2.5% y 5% presentaron los valores más altos sin diferencia entre ellos, mientras los tratamientos 15% y 20% presentaron los valores más bajos.

En cuanto a la tasa de crecimiento específica (TCE, % día⁻¹) se observaron diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), donde 0%, 2.5%, 5% y 10% presentaron los valores más altos sin diferencias entre sí, mientras que el tratamiento 20% presentó el valor más bajo. La regresión polinomial en TCE (Fig. 1A) mostró una alta correlación ($R^2 = 0.99$), con tendencia a disminuir con el incremento de harina de GP en las dietas.

Con relación a la tasa de conversión alimenticia (TCA) también mostraron diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), donde 0%, 2.5% y 5% presentaron los valores más bajos sin tener diferencias entre sí, mientras que el tratamiento 20% presentó el valor más alto. La regresión polinomial de TCA (Fig. 1B) mostró una alta correlación ($R^2 = 0.98$), con tendencia a aumentar con el incremento de harina de GP en las dietas.

La tasa de eficiencia proteica (TEP) mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$) dónde 2.5% presentó el valor más alto y el tratamiento 20% el valor más bajo. La regresión polinomial en TEP (Fig. 1C) mostró una alta correlación ($R^2 = 0.91$), con tendencia a disminuir con el incremento de harina de GP en las dietas.

En el consumo de alimento por organismo (CA) se observaron diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), siendo 0% y 5% los tratamientos con los valores más altos y 20% el valor más bajo. La regresión polinomial en CA (Fig. 1D) mostró una alta correlación ($R^2 = 0.98$), con tendencia a disminuir con el incremento de harina de GP en las dietas

El factor de condición (FC) y el índice viscerosomático (IVS) no presentaron diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$), por el contrario, el índice hepatosomático (IHS) sí mostró diferencias entre

tratamientos ($p < 0.05$) donde 5% presentó el valor más bajo y el tratamiento 10% el valor más alto. La regresión polinomial en IHS (Fig.2) mostró una baja correlación ($R^2 = 0.36$).

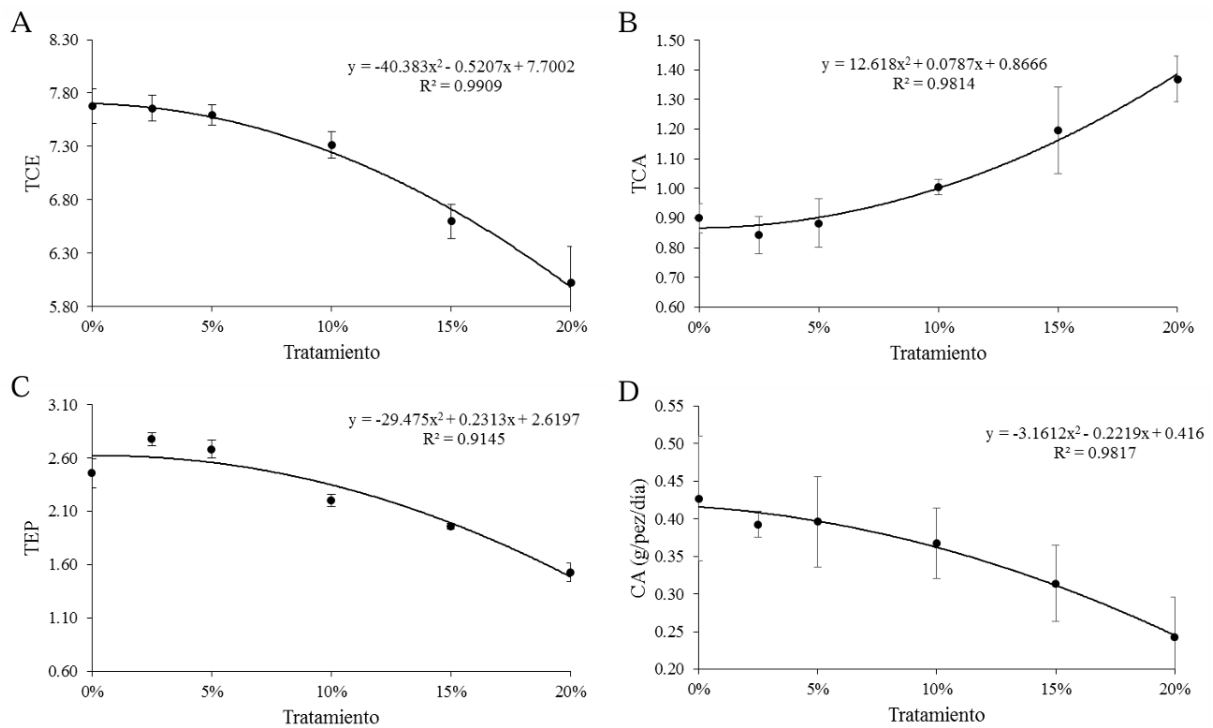


Figura 1. Regresiones polinomiales de parámetros productivos relevantes con valores R^2 y ecuaciones de regresión. A) Tasa de crecimiento específica (TCE). B) Tasa de conversión alimenticia (TCA). C) Tasa de eficiencia proteica (TEP). D) Consumo de alimento por organismo (CA).

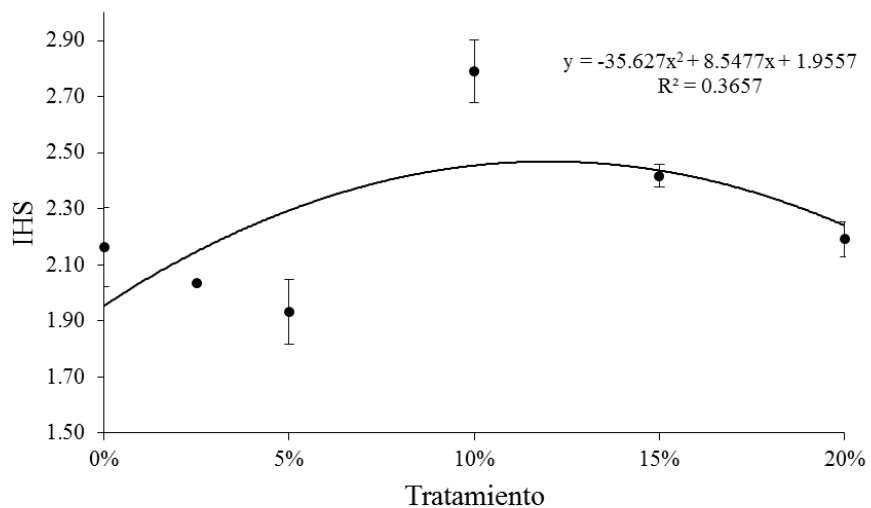


Figura 2. Regresión polinomial del índice hepatosomático (IHS) con valor R^2 y ecuación de regresión.

VI.4 Composición proximal de organismos

La composición proximal en base seca de cuerpo completo de los organismos se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Composición proximal (media \pm desviación estándar) en base seca de cuerpo completo de juveniles de tilapia (*O. niloticus*) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).

	Tratamientos						p
	0 %	2.5 %	5 %	10 %	15%	20%	
Proteína Cruda (%)	56.51 \pm 0.68a	55.35 \pm 1.64a	52.81 \pm 1.34b	52.81 \pm 0.65ab	54.52 \pm 1.77ab	51.29 \pm 1.67b	0.006
Grasa Cruda (%)	25.04 \pm 1.28b	26.92 \pm 1.77ab	29.07 \pm 0.86a	23.05 \pm 0.86b	26.81 \pm 1.22ab	30.87 \pm 2.99a	0.001
Cenizas (%)	14.86 \pm 0.64	15.34 \pm 0.92	14.94 \pm 0.14	14.83 \pm 0.81	14.48 \pm 0.68	14.35 \pm 0.80	0.516
ELN (%)	4.45 \pm 0.38ab	2.99 \pm 0.07ab	3.81 \pm 0.05ab	10.34 \pm 0.26a	2.35 \pm 0.70b	3.48 \pm 0.62ab	0.008
Humedad (%)	75.96 \pm 2.65	74.44 \pm 1.03	74.60 \pm 1.69	74.98 \pm 2.18	75.20 \pm 1.32	74.84 \pm 0.34	0.984

ELN= Extractos libres de nitrógeno. Las letras superíndice muestran diferencias entre los tratamientos de la misma fila ($p < 0.05$).

El contenido de cenizas y el contenido de humedad no presentaron diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$). La proteína cruda entre las dietas mostró diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 2.5% presentó el valor más alto en comparación al resto de dietas. La grasa cruda entre las dietas mostró diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 10% presentó el valor más bajo y la dieta 20% el valor más alto, mientras el resto de las dietas no presentaron diferencias entre sí. Los extractos libres de nitrógeno (ELN) entre las dietas mostraron diferencias ($p < 0.05$), donde la dieta 15% presentó el valor más bajo y la dieta 10% el valor más alto, mientras el resto de las dietas no presentaron diferencias entre sí.

VI.5 Coeficiente de digestibilidad aparente

Los coeficientes de digestibilidad aparente de organismos alimentados con dietas experimentales se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Coeficientes de digestibilidad aparente (media \pm desviación estándar) de juveniles de tilapia (*O. niloticus*) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).

Tratamiento	CDA (%)
0%	90.30 \pm 0.02 ^b
2.5%	91.88 \pm 0.10 ^{ab}
5%	91.50 \pm 0.03 ^{ab}
10%	91.57 \pm 0.16 ^{ab}
15%	92.55 \pm 0.05 ^a
20%	92.38 \pm 0.28 ^a
<i>p</i>	0.008

CDA= Coeficiente de digestibilidad aparente. Las letras superíndice muestran diferencias entre los tratamientos de la misma fila ($p < 0.05$).

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), donde los tratamientos 15% y 20% presentaron los valores más altos sin tener diferencias entre sí, mientras que 0% presentó el valor más bajo. La regresión polinomial en CDA (Fig.3) mostró una alta correlación ($R^2 = 0.69$), con tendencia a aumentar con el incremento de harina de GP en las dietas.

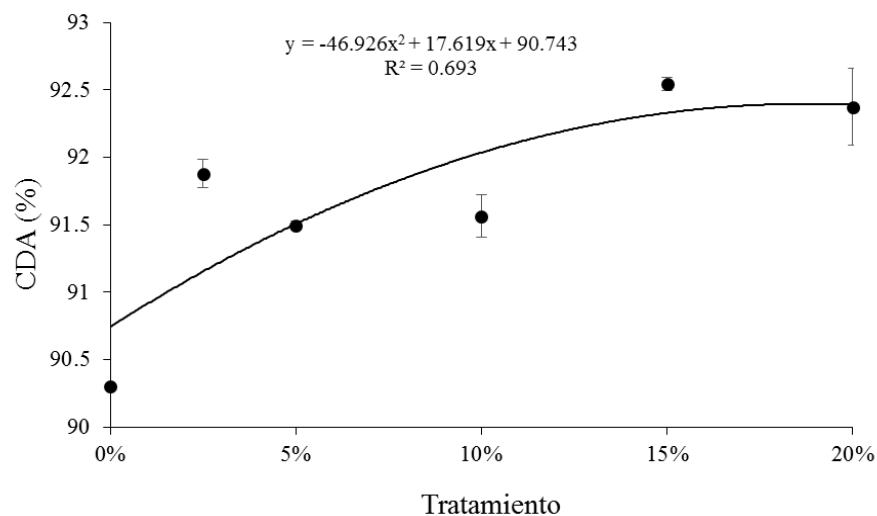


Figura 3. Regresión polinomial del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) con valor R^2 y ecuación de regresión.

VI.6 Actividad de enzimas digestivas

La actividad específica (U mg proteína⁻¹) de enzimas digestivas de tilapias alimentadas con dietas experimentales se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Actividad específica (U mg proteína⁻¹) de enzimas digestivas (media \pm desviación estándar) de juveniles de tilapia (*O. niloticus*) sometidos a dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de subproductos vinícolas (Harina de GP) (n=3).

	Tratamientos						<i>p</i>
	0 %	2.5 %	5 %	10 %	15%	20%	
Tripsina	0.139 \pm 0.0 23ab	0.061 \pm 0.03 5b	0.093 \pm 0.0 21ab	0.142 \pm 0.0 15ab	0.119 \pm 0.01 2ab	0.176 \pm 0.0 16a	0.0 13
Quimotripsina	1.766 \pm 0.0 92ab	1.412 \pm 0.37 9b	1.387 \pm 0.1 64b	2.181 \pm 0.1 90ab	2.164 \pm 0.05 7ab	3.368 \pm 0.0 14a	0.0 10
LAP	0.032 \pm 0.0 03b	0.039 \pm 0.00 1ab	0.046 \pm 0.0 05ab	0.067 \pm 0.0 14a	0.044 \pm 0.00 3ab	0.042 \pm 0.0 06ab	0.0 16
Lipasa	0.022 \pm 0.0 01ab	0.035 \pm 0.00 6ab	0.015 \pm 0.0 02b	0.039 \pm 0.0 02ab	0.052 \pm 0.00 5a	0.034 \pm 0.0 05ab	0.0 09

LAP= leucina aminopeptidasa. Las letras superíndice muestran diferencias entre los tratamientos de la misma fila ($p < 0.05$).

La actividad específica de tripsina mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), con dos tendencias descendentes-ascendentes definidas con respecto al control, siendo el tratamiento 2.5% el de valor más bajo y el tratamiento 20% el de valor más alto, el resto de los tratamientos no presentaron diferencias entre sí.

La actividad específica de quimotripsina mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), con los valores más bajos en los tratamientos 2.5% y 5% y manifestando un repunte a partir del tratamiento 10%, presentando el valor más alto en el tratamiento 20%.

La actividad específica de leucina aminopeptidasa (LAP) mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), presentando el valor más alto en el tratamiento 10% con un incremento pronunciado, el resto de los tratamientos no presentaron diferencias entre sí.

La actividad específica de lipasa mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), con dos tendencias descendentes-ascendentes definidas con respecto al control, siendo el tratamiento 5% el de

valor más bajo y el tratamiento 15% el de valor más alto, el resto de los tratamientos no presentaron diferencias entre sí.

La regresión polinomial de la actividad específica de quimotripsina y LAP (Fig.4) mostraron correlación de $R^2= 0.9034$ y $R^2= 0.6834$, respectivamente, donde quimotripsina muestra una clara tendencia a aumentar con el incremento de harina de GP en las dietas, mientras LAP muestra incremento con máximo en la inclusión al 10% y decremento con mayor GP en la dieta.

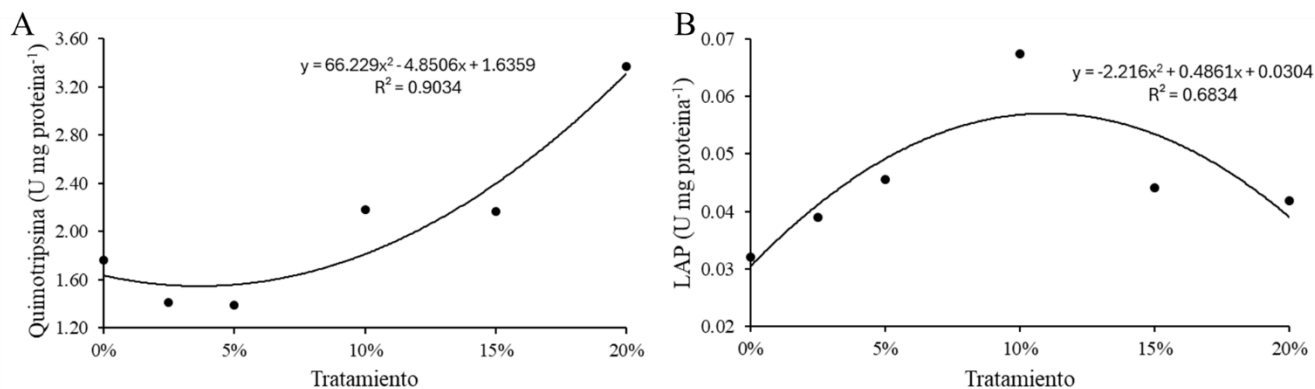


Figura 4. Regresión polinomial de la actividad específica de A) quimotripsina y B) leucina aminopeptidasa (LAP) con valor R^2 y ecuación de regresión.

VII. DISCUSIÓN

En este trabajo se demostró que la inclusión dietaria de harina de GP tiene efectos positivos en algunos parámetros de rendimiento productivo (TCA y TEP) de tilapia nilótica (*O. niloticus*) cuando se implementa en proporciones de 2.5% y 5%, equivalentes a 195.3 y 390.7 mg Kg⁻¹ de polifenoles totales añadidos respectivamente. Sin embargo, la inclusión de GP a partir del 10% genera un decremento en parámetros de crecimiento y un incremento en tasa de conversión alimenticia e índice hepatosomático. Estudios realizados por Mahmoodi *et al.* (2023) demuestran que en juveniles de carpa común (*Cyprinus carpio*), la inclusión de harina de GP (no fermentado) en proporciones de 5%, 10% y 15% (50, 100 y 150 g Kg⁻¹) mejoró significativamente la ganancia de peso, TCE, TCA y sobrevivencia, resultados que se sustentan en los hábitos alimenticios y fisiología digestiva de cada especie, donde al ser la carpa común un organismo herbívoro, presenta mayor capacidad de aprovechamiento de insumos vegetales en comparación con la tilapia, permitiendo una mayor inclusión dietaria. Estudios realizados por Morante *et al.* (2021) demuestran que la inclusión de 60 y 80 g Kg⁻¹ de GP en dietas para juveniles de tambaqui (*Colossoma macropomum*) mejora la ganancia de peso, TCE y FC. De manera similar, Peña

et al. (2019) evaluaron el uso dietario de 2%, 4%, 6%, 12% y 18% (20, 40, 60, 120 y 180 g Kg⁻¹) de harina de GP en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), equivalentes a 90, 180, 270, 550 y 820 mg Kg⁻¹ (0.9, 1.8, 2.7, 5.5 y 8.2 mg g⁻¹) de polifenoles totales respectivamente, concentraciones que no generaron efectos adversos en la TCE y sobrevivencia, sin embargo la inclusión de hasta 6% mejora TCA y la inclusión del 2% muestra efectos positivos en CDA de la dieta. Los efectos positivos sobre TCA puede ser mejorada cuando una proporción específica de insumos vegetales es incluida en la dieta (Richard *et al.*, 2021), lo cual es especie y talla específico, lo que resalta la importancia de la evaluación realizada.

Los compuestos y extractos aislados a partir de subproductos vinícolas también han sido evaluados en alimentos formulados para peces. Tarricone *et al.* (2023) determinaron que la suplementación de 100 y 200 mg Kg⁻¹ de extracto de polifenoles de uva tinta en dietas para juveniles de lubina europea (*Dicentrarchus labrax*) genera efectos negativos, disminuyendo la ganancia de peso y TCE. Arslan *et al.* (2018) determinaron que la adición de 250, 500 y 1,000 mg Kg⁻¹ de aceite de semilla de uva en dietas para trucha arcoíris (*O. mykiss*), generan un efecto positivo sobre ganancia de peso, GPR, TCA y sobrevivencia con tendencia a aumentar con el incremento de aceite de semilla de uva en las dietas. Yang *et al.* (2023) evaluaron el efecto de la inclusión dietaria de 100, 200 y 400 mg Kg⁻¹ de extracto de proantocianidinas de semilla de uva en alimentos formulados para tilapia (*O. niloticus*), resultando en la optimización de GPR, TCA y FC, obteniendo los mejores resultados con el nivel más alto de inclusión, sin embargo, Zhai *et al.* (2014) demuestran que el extracto de proantocianidinas de semilla de uva en tilapia bajo una inclusión de 600 mg Kg⁻¹ mantiene efectos positivos en ganancia de peso, TCA, TEP y sobrevivencia. En contraste con estudios previos, los trabajos presentados demuestran una diferencia de efectos entre el uso de GP y sus extractos, tanto para otras especies como para tilapia nilótica.

Los beneficios de incluir GP y extractos de este mismo en dietas acuícolas se asocian al perfil de compuestos bioactivos, ambos caracterizados por ser ricos en compuestos fenólicos en hasta un 8.70% y 59.25% de polifenoles totales, respectivamente (Winkler *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2009), así como la presencia de vitaminas C y E (Puigròs *et al.*, 2005), lo que les confiere un alto potencial antioxidante. Sin embargo, la incorporación de GP en dietas presenta implicaciones con la composición proximal completa que ofrece al organismo que lo consuma, ya que GP puede contener hasta un 14.41% de proteína cruda, estando por encima del maíz el cual contiene alrededor de 7.3% (Nowacka *et al.*, 2023); 10.47% de grasa cruda y hasta un 88.70% de fibra dietaria cruda (Mohamed *et al.*, 2020), dichos valores varían dependiendo de la cepa, sitio de cultivo y método de viticultura, tipo de suelo, entre otros factores (Almanza-Oliveros *et al.*, 2024; Chakka and Babu, 2022; Costa *et al.*, 2022).

El índice hepatosomático en peces teleósteos se relaciona directamente con el metabolismo lipídico y de glucosa, indicando que el aumento en dichos parámetros depende de los niveles reserva energética de almacenamiento en hígado (glucógeno y tejido adiposo), efecto asociado a la inclusión dietaria de proteína, grasa y carbohidratos digestibles, relacionado con la estimulación de las enzimas lipogénicas hepáticas (Lu *et al.*, 2020; Xie *et al.*, 2017; Rollin *et al.*, 2003; Tocher *et al.*, 2003; Hemre *et al.*, 2002). Mahmoodi *et al.* (2023) han demostrado que la inclusión dietaria de harina de GP incrementa el índice hepatosomático cuando se incluyen 10% y 15% (100 y 150 g Kg⁻¹) en la dieta, sin embargo, en el presente trabajo se observan cambios claros en el IHS dependiente del porcentaje de inclusión, donde se caracteriza una tendencia descendente hasta el 5% de inclusión, e incrementando abruptamente a partir de un 10% de inclusión (Fig. 2). Estudios realizados por Terzi *et al.* (2023), demostraron que la inclusión de 0.1% y 0.3% (1000 y 3000 mg Kg⁻¹) de extracto crudo de semilla de uva aumenta el índice hepatosomático en trucha arcoíris (*O. mykiss*). En el caso contrario, Lu *et al.* (2020) utilizaron extracto de proantocianidinas de semilla de uva en proporción de 250 mg Kg⁻¹ en carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), encontrando que se modula el metabolismo lipídico en células hepáticas, sub expresando los genes relacionados (miR-122 y miR-33). En el presente trabajo se demostró que el efecto sobre el índice hepatosomático está asociado al nivel de inclusión dietaria de GP, lo que puede indicar que el metabolismo lipídico en juveniles de tilapia es modulado por la concentración de polifenoles dietarios, lo que determina el aprovechamiento, distribución y almacenamiento de reservas energéticas hepáticas.

Por su parte, el potencial antinutricional del resveratrol y genistein ha sido poco estudiado, ambos compuestos son catalogados como fitoestrógenos que, son capaces de subexpresar genes relacionados con el crecimiento y retención de nutrientes en trucha arcoíris (*O. mykiss*) (Cleveland & Manor, 2015). En este sentido, Rupasinghe *et al.* (2016) y Szkudelska & Szkudelski (2010) destacan la capacidad del resveratrol de inhibir parcialmente la acumulación de tejido adiposo en animales y humanos, así como el aumento en la β -oxidación de ácidos grasos.

El presente trabajo demostró que la inclusión dietaria de GP genera variaciones en el contenido de grasa cruda en cuerpo completo de juveniles de tilapia nilótica (*O. niloticus*), incrementando la grasa cruda con el incremento de GP en dieta hasta el 5% de inclusión, mientras disminuye abruptamente cuando se incluye 10% de GP con un incremento gradual en 15 y 20 % (Tabla 4). Mahmoodi *et al.* (2023) reportan que la inclusión de harina de GP en 5% incrementa el contenido de grasa cruda en cuerpo completo de carpa común (*C. carpio*), mientras la inclusión de 10% y 15% disminuye dicho parámetro comparado con la dieta control. De manera muy similar, Zhai *et al.* (2014) demostraron que la inclusión dietaria de extracto de proantocianidinas de semilla de uva en tilapia genera efectos

semejantes al presente trabajo, observando un incremento en la grasa cruda de cuerpo completo cuando se incluyen 600 y 800 mg Kg⁻¹ en comparación a la inclusión de 400 mg Kg⁻¹. Ambos estudios demuestran una tendencia similar en el contenido de grasa cruda en relación con la adición de subproductos vinícolas, presentando los menores valores en niveles de inclusión media e incrementando en los niveles de inclusión más altos.

La mayoría de los estudios existentes reportan el perfil nutricional en musculo, incluyendo a tilapia (*O. niloticus*), demostraron que la inclusión dietaria de 5% de harina de GP, equivalente a 428 mg Kg⁻¹ de polifenoles totales, lo que incrementa el contenido de grasa cruda en filete con respecto a la dieta control (Chotolli et al., 2023). El presente trabajo coincide parcialmente con lo presentado por dichos autores referente a polifenoles totales en dieta, ya que en el presente trabajo se incluyeron 390.7 mg Kg⁻¹ de polifenoles totales con la adición del 5% de GP, lo que también genero el incremento del contenido de grasa cruda en cuerpo completo, resultado que sustenta la viabilidad de estandarizar el uso de subproductos vinícolas en dietas para tilapia ajustado la inclusión optima a contenido de polifenoles totales como factor determinante. También, Yang et al. (2023) evaluaron el efecto de extracto de proantocianidinas de semilla de uva en proporciones dietarias en *O. niloticus*, utilizando adiciones de 100, 200 y 400 mg Kg⁻¹, sin embargo, en este caso, no se encontraron diferencias entre los tratamientos.

En otras especies como carpa común (*C. carpio*), la suplementación dietaria de 5% de harina de GP incrementa el contenido de grasa cruda en filete con respecto a los demás tratamientos (Barbacariu et al., 2024). Dicho estudio concuerda parcialmente con lo observado por Chotolli et al. (2023) y el presente trabajo, denotando que los efectos sobre el contenido de grasa cruda en filete se mantienen pese a los hábitos alimenticios de las especies. Sin embargo, Tarricone et al. (2023) reportan el efecto de la inclusión dietaria de 200 y 400 mg Kg⁻¹ de extracto de semilla de uva tinta en la composición proximal de filete de lubina europea (*D. labrax*), mostrando disminución en el contenido de grasa cruda con respecto al control. el efecto hipolipidémico de los subproductos vinícolas se atribuyen a las proantocianidinas de semilla de uva, las cuales inhiben fuertemente la activación de lipasas pancreáticas y estererasas de colesterol, limitando la asimilación de triglicéridos y colesterol dietarios, asimismo, reducen la solubilidad micelar del colesterol mediante la adhesión en ácidos biliares, disminuyendo la digestibilidad lipídica y con ello, la acumulación de grasa en tejido muscular (Ngamukote et al., 2011; Bladé et al., 2010).

Se conoce que la digestibilidad es la proporción de nutrientes asimilados, lo que incluye procesos de digestión y absorción a medida que pasan por el tracto digestivo, lo cual es evaluado como coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), donde se compara el contenido del marcador interno entre la dieta y la materia fecal (Bob-Manuel, 2013). En este trabajo se demostró que la inclusión dietaria de

harina de GP de hasta un 20% genera efectos positivos en CDA de materia seca en juveniles de tilapia nilótica (*O. niloticus*), incrementando con el incremento de GP dietario. Sin embargo, son pocos los estudios que evalúan el uso de GP sobre la digestibilidad de materia seca y de nutrientes en organismos acuícolas. Peña *et al.* (2019) demostraron en alevines de trucha arcoíris (*O. mykiss*) que es posible incluir hasta un 6% (60 g Kg^{-1}) de harina de GP sin presentar efectos adversos en la digestibilidad aparente de materia seca, donde un 2% (20 g Kg^{-1}) de inclusión incrementa el CDA. Por otro lado, Bullon *et al.* (2024) evaluaron la inclusión dietaria del 30% (300 g Kg^{-1}) de harina de GP en dietas para juveniles de abulón paua (*Halotis iris*), un molusco gasterópodo, demostrando que este nivel de inclusión disminuye el CDA de materia seca, proteína cruda y extractos libres de nitrógeno. Los efectos ocasionados sobre la digestibilidad aparente de materia seca dependen tanto del nivel de inclusión dietaria como de los hábitos alimentarios de la especie, por lo cual se deben establecer niveles óptimos dietarios para distinguir efectos positivos y negativos.

Los compuestos fenólicos que más destacan en la uva son taninos hidrolizables, taninos condensados, estilbenos y flavonoides (Yu *et al.*, 2013). En este sentido, Omnes *et al.* (2017) evaluaron el efecto de la inclusión de ácido tánico (tanino hidrolizable) en proporciones de 1%, 2% y 3% ($10,000$, $20,000$ y $30,000 \text{ mg Kg}^{-1}$) sobre la digestibilidad de materia seca, proteína cruda y energía bruta, encontrando efectos negativos sobre los parámetros mencionados.

El uso de taninos condensados sobre la digestibilidad aparente de materia seca, proteína y grasa cruda ha sido evaluada en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), donde la inclusión de 4000 mg Kg^{-1} o cantidades menores no generaron efectos sobre el CDA, sin embargo, mejoran la tasa de crecimiento específica y la tasa de conversión alimenticia (Peng *et al.*, 2021). Torno *et al.* (2018) reportaron que en trucha arcoíris (*O. mykiss*) la inclusión dietaria de resveratrol (polifenol de tipo estilbeno) y genistein (polifenol de tipo flavonoide) en proporciones de 0.3% para ambos casos, disminuye la digestibilidad de materia seca, proteína cruda, grasa cruda y energía bruta, siendo los valores más bajos correspondientes a la dieta suplementada con genistein. Los efectos adversos de los compuestos fenólicos sobre la digestibilidad aparente de materia seca y nutrientes se asocian con los niveles de inclusión dietaria acorde a la especie, pero también, a las propiedades antinutricionales que poseen. Se conoce que bajo concentraciones especie-específicas, compuestos como los taninos (hidrolizables y condensados) actúan como inhibidores competitivos mediante la adhesión en sitios catalíticos de enzimas, impidiendo la asimilación de nutrientes tales como proteínas y carbohidratos, también, han demostrado limitar la absorción y biodisponibilidad de vitaminas (vitamina B12 principalmente) e incluso minerales como el hierro (Punia & Singh, 2024; Vishal & Shalu, 2024; Delimont *et al.*, 2017).

Aunado a lo comentado anteriormente, el presente trabajo demostró que la inclusión GP genera variaciones en la actividad específica de enzimas digestivas de juveniles de tilapia nilótica (*O. niloticus*). Sin embargo, solo la actividad específica de quimotripsina mostró una tendencia a aumentar con el incremento de GP. Morante *et al.* (2021) demostraron que la inclusión de 60 g Kg⁻¹ de GP en dietas para juveniles de tambaqui (*C. macropomum*) mejora la actividad específica de proteasas alcalinas no-específicas con respecto al tratamiento control, decreciendo en los niveles de inclusión mayores. Por otro lado, Zamani *et al.* (2021) utilizaron aceite de semilla de uva en dietas para trucha arcoíris (*O. mykiss*) y evaluaron su efecto sobre la actividad específica de enzimas digestivas pancreáticas extraídas de intestino y ciegos pilóricos, donde la inclusión de 70 g Kg⁻¹, incrementaron la actividad de tripsina y proteasas alcalinas totales en ambos tejidos. En el presente trabajo, el incremento en la actividad específica de quimotripsina con alta correlación a la inclusión de GP puede estar relacionado a diferentes factores como la alteración de la fuente de carbohidratos dietarios que modula la actividad de enzimas digestivas pancreáticas (Honorato *et al.*, 2016) o a un proceso de baja alimentación o hambruna, denotado por la disminución en el consumo de alimento, lo que incremento la actividad de quimotripsina (Rungruangsak-Tosrissen *et al.*, 2006).

VIII. CONCLUSIÓN

La inclusión de GP en niveles de 2.5 y 5%, equivalentes a 195.3 mg Kg⁻¹ y 390.7 mg Kg⁻¹ de polifenoles totales adicionados, respectivamente en dietas para juveniles de tilapia, no genera diferencia en tasa de crecimiento, sin embargo si genera efectos benéficos sobre la eficiencia de conversión alimenticia, la tasa de eficiencia proteica y digestibilidad de la dieta, sin embargo, la inclusión del 10% (781.3 mg Kg⁻¹ de polifenoles añadidos) o más, genera efectos negativos sobre crecimiento, utilización del alimento, acumulación de reservas hepáticas y modificación de procesos digestivos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmadi, A., Bagheri, D., Hoseinifar, S. H., Morshedi, V., & Paolucci, M. (2022). Beneficial role of polyphenols as feed additives on growth performances, immune response and antioxidant status of *Lates Calcarifer* (Bloch, 1790) juveniles. *Aquaculture*, 552, 737955.
- Ahmadifar, E., Yousefi, M., Karimi, M., Fadaei Raieni, R., Dadar, M., Yilmaz, S., & Abdel-Latif, H. M. (2021). Benefits of dietary polyphenols and polyphenol-rich additives to aquatic animal health: an overview. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(4), 478-511.

- Alfaia, C. M., Costa, M. M., Lopes, P. A., Pestana, J. M., & Prates, J. A. (2022). Use of grape by-products to enhance meat quality and nutritional value in monogastrics. *Foods*, 11(18), 2754.
- Almanza-Oliveros, A., Bautista-Hernández, I., Castro López, C., Aguilar-Zárate, P., Meza-Carranco, Z., Rojas, R., Michel, M.R., Martínez-Ávila, G.C.G. (2024). Grape Pomace—Advances in Its Bioactivity, Health Benefits, and Food Applications. *Foods*, 13, 580. <https://doi.org/10.3390/foods13040580>
- Alonso, Á. M., Guillén, D. A., Barroso, C. G., Puertas, B., & García, A. (2002). Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5832-5836.
- Antonić, B., Jančíková, S., Dordević, D., & Tremlová, B. (2020). Grape pomace valorization: A systematic review and meta-analysis. *Foods*, 9(11), 1627.
- Arend, F. A., Murdoch, G. K., Doumit, M. E., & Chibisa, G. E. (2022). Inclusion of grape pomace in finishing cattle diets: Carcass traits, meat quality and fatty acid composition. *Animals*, 12(19), 2597.
- Arslan, G., Sönmez, A. Y. & Yanik, T. (2018). Effects of grape *Vitis vinifera* seed oil supplementation on growth, survival, fatty acid profiles, antioxidant contents and blood parameters in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture research*, 49(6), 2256-2266.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2015). *Official Methods of Analysis*. 18 Ed. AOAC, Arlington.
- Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H., & Buchbauer, G. (2008). Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food chemistry*, 108(3), 1122-1132.
- Barbacariu, C. A., Dîrvari, L., Şerban, D. A., Rîmbu, C. M., Horhoge, C. E., Dumitru, G., & Burducea, M. (2024). Evaluating the Use of Grape Pomace in *Cyprinus carpio* Nutrition: Effects on Growth, Biochemistry, Meat Quality, Microbiota, and Oxidative Status. *Fishes*, 9(6), 219.
- Barrett, A. H., Farhadi, N. F., & Smith, T. J. (2018). Slowing starch digestion and inhibiting digestive enzyme activity using plant flavanols/tannins—A review of efficacy and mechanisms. *Lwt*, 87, 394-399.

- Bassani, A., Alberici, N., Fiorentini, C., Giuberti, G., Dordoni, R., & Spigno, G. (2020). Hydrothermal treatment of grape skins for sugars, antioxidants and soluble fibers production (p. 79). *Chemical Engineering*.
- Belton, B., Bush, S. R., & Little, D. C. (2018). Not just for the wealthy: Rethinking farmed fish consumption in the Global South. *Global Food Security*, 16, 85-92.
- Bladé, C., Arola, L., Salvadó, M-J. (2010). Hypolipidemic effects of proanthocyanidins and their underlying biochemical and molecular mechanisms. *Mol. Nutr. Food Res.* 54, 37-59. DOI 10.1002/mnfr.200900476
- Bob-Manuel, F. G. (2013). Methods used in digestibility evaluation of fish diets: a review and challenges. *Continental Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 7(2), 25.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Bullon, N., Seyfoddin, A., Hamid, N., Manivannan, M., & Alfaro, A. C. (2024). Effects of insect meal and grape marc in the nutritional profile, growth, and digestibility of juvenile New Zealand farmed abalone. *Aquaculture International*, 32(2), 1507-1536.
- Chakka, A. K., & Babu, A. S. (2022). Bioactive compounds of winery by-products: extraction techniques and their potential health benefits. *Applied Food Research*, 2(1), 100058.
- Chedea, V. S., Pelmus, R. S., Lazar, C., Pistol, G. C., Calin, L. G., Toma, S. M., & Taranu, I. (2017). Effects of a diet containing dried grape pomace on blood metabolites and milk composition of dairy cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2516-2523.
- Chotolli, A. P., da Fonseca, V. E., Bermejo-Poza, R., Ferraz, I. G., de Souza, L. C., Brasil, M. L., & Ponsano, E. H. (2023). Dietary Fruit By-Products Improve the Physiological Status of Nile Tilapias (*Oreochromis niloticus*) and the Quality of Their Meat. *Antioxidants*, 12(8), 1607.
- Ciumărnean, L., Milaciu, M. V., Runcan, O., Vesa, Ș. C., Răchișan, A. L., Negrean, V. & Dogaru, G. (2020). The effects of flavonoids in cardiovascular diseases. *Molecules*, 25(18), 4320.
- Cleveland, B. M., & Manor, M. L. (2015). Effects of phytoestrogens on growth-related and lipogenic genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 170, 28-37.

- Costa, M. M., Alfaia, C. M., Lopes, P. A., Pestana, J. M., & Prates, J. A. (2022). Grape by-products as feedstuff for pig and poultry production. *Animals*, 12(17), 2239.
- Delimont, N. M., Haub, M. D., & Lindshield, B. L. (2017). The impact of tannin consumption on iron bioavailability and status: A narrative review. *Current developments in nutrition*, 1(2), 1-12.
- European Fishmeal and Fish Oil Producers. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture. Disponible en: <https://effop.org/news-events/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture-2022-fao-report/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Global Fishery and Aquaculture Production Statistics. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- García-Carreño, F. L. (1994). Enzymes with peptidase and proteinase activity from the digestive system of a freshwater and a marine decapod. *J Agric Food Chem*, 42, 145-146.
- Gjellesvik, D. R., Lombardo, D., Walther, B. T. (1992) Pancreatic bile salt dependent lipase from cod (*Gadus morhua*): purification and properties. *Biochim Biophys Acta* 1124:123–134
- Gule, T. T., & Geremew, A. (2022). Dietary strategies for better utilization of aquafeeds in Tilapia farming. *Aquaculture Nutrition*, 2022(1), 9463307.
- Hardy, R. W., Barrows, F. T. (2002). Diet formulation and manufacture. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*. Academic Press, London, pp. 505–600.
- Hemre, G. I., Mommsen, T. P., & Krogdahl, Å. (2002). Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture nutrition*, 8(3), 175-194.
- Honorato, C. A., de Almeida, L. C., Camilo, R. Y., Moraes, G., Nunes, C. D. S., & Carneiro, D. J. (2016). Dietary carbohydrate and food processing affect the digestive physiology of *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*, 22(4), 857-864.
- Hussain, S. M., Gohar, H., Rasul, A. Z. H. A. R., Shahzad, M. M., Akram, A. M., Tariq, M. & Khalid, A. (2020). Effect of polyphenols supplemented canola meal based diet on growth performance, nutrient digestibility and antioxidant activity of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) fingerlings. *Ind J Fish*, 67, 72-79.
- Iora, S. R., Maciel, G. M., Zielinski, A. A., da Silva, M. V., Pontes, P. V. D. A., Haminiuk, C. W., & Granato, D. (2015). Evaluation of the bioactive compounds and the antioxidant capacity of grape pomace. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(1), 62-69.

- Jalal, H., Giammarco, M., Lanzoni, L., Akram, M. Z., Mammi, L. M., & Vignola, G. (2023). Potential of fruits and vegetable by-products as an alternative feed source for sustainable ruminant nutrition and production: A review. *Agriculture* 13:286. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020286>.
- Jannathulla, R., Rajaram, V., Kalanjiam, R., Ambasankar, K., Muralidhar, M., & Dayal, J. S. (2019). Fishmeal availability in the scenarios of climate change: Inevitability of fishmeal replacement in aquafeeds and approaches for the utilization of plant protein sources. *Aquaculture Research*, 50(12), 3493-3506.
- Kafantaris, I., Kotsampasi, B., Christodoulou, V., Kokka, E., Kouka, P., Terzopoulou, Z., & Kouretas, D. (2017). Grape pomace improves antioxidant capacity and faecal microflora of lambs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5), e108-e121.
- Kafantaris, I., Stagos, D., Kotsampasi, B., Hatzis, A., Kypriotakis, A., Gerasopoulos, K., & Kouretas, D. (2018). Grape pomace improves performance, antioxidant status, fecal microbiota and meat quality of piglets. *Animals*, 12(2), 246-255.
- Kari, Z. A., Sukri, S. A. M., Rusli, N. D., Mat, K., Mahmud, M. B., Zakaria, N. N. A., & Wei, L. S. (2023). Recent advances, challenges, opportunities, product development and sustainability of main agricultural wastes for the aquaculture feed industry—a review. *Annals of Animal Science*, 23(1), 25-38.
- Kokkinomagoulos, E., & Kandyliis, P. (2023). Grape pomace, an undervalued by-product: industrial reutilization within a circular economy vision. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 22(3), 739-773.
- Kraus, T. E. C., Dahlgren, R. A., & Zasoski, R. J. (2003). Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - a review. *Plant Soil* 256:41–66.
- Lafka, T. I., Sinanoglou, V., & Lazos, E. S. (2007). On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. *Food chemistry*, 104(3), 1206-1214.
- Leifert, W. R., & Abeywardena, M. Y. (2008). Cardioprotective actions of grape polyphenols. *Nutrition Research*, 28(11), 729-737.
- Lowry, O., Rosebrough, N., Farr, A. L., & Randall, R. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265-275. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(19)52451-6)

- Lu, R. H., Qin, C. B., Yang, F., Zhang, W. Y., Zhang, Y. R., Yang, G. K., & Nie, G. X. (2020). Grape seed proanthocyanidin extract ameliorates hepatic lipid accumulation and inflammation in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish physiology and biochemistry*, 46, 1665-1677.
- Ma, J., Zheng, Y., Tang, W., Yan, W., Nie, H., Fang, J., & Liu, G. (2020). Dietary polyphenols in lipid metabolism: A role of gut microbiome. *Animal Nutrition*, 6(4), 404-409.
- Mahmoodi, B., Aberoumand, A., Ziaei-nejad, S., & Seyyedi, S. (2023). Effects of diets containing grape pomace on the growth, nutrition indices, and the quality traits of common carp (*Cyprinus carpio*). *Food Science & Nutrition*, 11(10), 6660-6669.
- Maroux, S., Louvard, D., & Barath, J. (1973). The aminopeptidase from hog intestinal brush border. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Enzymology*, 321(1), 282-295.
- Mendes, R., Conceição, L. E., Dias, J., Engrola, S., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2024). Nile tilapia and gilthead seabream dietary self-selection of alternative feeds. *Fish Physiology and Biochemistry*, 50(4), 1849-1860.
- Mohamed Ahmed, I. A., Özcan, M. M., Al Juhaimi, F., Babiker, E. F. E., Ghafoor, K., Banjanin, T., & Alqah, H. A. (2020). Chemical composition, bioactive compounds, mineral contents, and fatty acid composition of pomace powder of different grape varieties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), e14539.
- Montaño-Vargas, J., Shimada, A., Vásquez, C., Viana, M. T. (2002). Methods of measuring feed digestibility in the green abalone (*Haliotis fulgens*). *Aquaculture* 213, 339–346.
- Morante, V. H. P., Copatti, C. E., Souza, A. R. L., da Costa, M. M., Braga, L. G. T., Souza, A. M., & Melo, J. F. B. (2021). Assessment the crude grape extract as feed additive for tambaqui (*Colossoma macropomum*), an omnivorous fish. *Aquaculture*, 544, 737068.
- Moreno, D. A., Ilic, N., Poulev, A., Brasaemle, D. L., Fried, S. K., & Raskin, I. (2003). Inhibitory effects of grape seed extract on lipases. *Nutrition*, 19(10), 876-879.
- Nagarajaiah, S. B., & Prakash, J. (2016). Chemical composition and bioactivity of pomace from selected fruits. *International Journal of Fruit Science*, 16(4), 423–443.
- Ngamukote, S., Mäkynen, K., Thilawech, T., & Adisakwattana, S. (2011). Cholesterol-lowering activity of the major polyphenols in grape seed. *Molecules*, 16(6), 5054-5061.

- Noble, J. E., & Bailey, M. J. A. (2009). Lowry. In R. R. Burgess & M. P. Deutscher (Eds.), *Methods in enzymology*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-01815-7>
- Nowacka, M., Trusinska, M., Chraniuk, P., Piatkowska, J., Pakulska, A., Wisniewska, K., & Pobiega, K. (2023). Plant-based fish analogs—a review. *Applied Sciences*, 13(7), 4509.
- Oliveira, M., & Duarte, E. (2016). Integrated approach to winery waste: waste generation and data consolidation. *Front Environ Sci Eng*, 10(1),168–176. <https://doi.org/10.1007/s11783-014-0693-6>
- Omnes, M. H., Le Goasduff, J., Le Delliou, H., Le Bayon, N., Quazuguel, P., & Robin, J. H. (2017). Effects of dietary tannin on growth, feed utilization and digestibility, and carcass composition in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture Reports*, 6, 21-27.
- Peng, K., Huang, W., Zhao, H., Sun, Y., & Chen, B. (2021). Dietary condensed tannins improved growth performance and antioxidant function but impaired intestinal morphology of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 21, 100853.
- Peña, E., Badillo-Zapata, D., Viana, M. T., & Correa-Reyes, G. (2019). Use of grape pomace in formulated feed for the rainbow trout fry, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(2), 542-550.
- Puiggròs, F., Llopiz, N., Ardévol, A., Bladé, C., Arola, L., & Salvadó, M. J. (2005). Grape seed procyanidins prevent oxidative injury by modulating the expression of antioxidant enzyme systems. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(15), 6080-6086.
- Punia, N., & Singh, D. (2024). Approaches to Use Anti-nutritional Factors Containing Plant Based Protein-rich Aquafeeds. *UTTAR PRADESH JOURNAL OF ZOOLOGY*, 45(7), 72-82.
- Quideau, S., Defeux, D., Douat-Casassus, C., Pouységu, L. (2011). Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angew Chem Int*, 50(3):586–621. <https://doi.org/10.1002/anie.201000044>.
- Rana, K. J., Siriwardena, S., & Hasan, M. R. (2009). Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production (No. 541, pp. 63).
- Richard, N., Costas, B., Machado, M., Fernández-Boo, S., Girons, A., Dias, J., & Skiba-Cassy, S. (2021). Inclusion of a protein-rich yeast fraction in rainbow trout plant-based diet: Consequences on growth performances, flesh fatty acid profile and health-related parameters. *Aquaculture*, 544, 737132.

- Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Liu, Y., Baby, T., & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: an assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Front Plant Sci* 13:1094633. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1094633>
- Rollin, X., Médale, F., Gutieres, S., Blanc, D., & Kaushik, S. J. (2003). Short-and long-term nutritional modulation of acetyl-CoA carboxylase activity in selected tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 89(6), 803-810.
- Rungruangsak-Torrissen, K., Moss, R., Andresen, L.H., Berg, A., Waagbø, R.(2006). Different expressions of trypsin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*. 32, 7-23. DOI 10.1007/s10695-005-0630-5
- Rupasinghe, H. V., Sekhon-Loodu, S., Mantso, T., & Panayiotidis, M. I. (2016). Phytochemicals in regulating fatty acid β -oxidation: Potential underlying mechanisms and their involvement in obesity and weight loss. *Pharmacology & therapeutics*, 165, 153-163.
- Sarker, P. K., Kapuscinski, A. R., McKuin, B., Fitzgerald, D. S., Nash, H. M., & Greenwood, C. (2020). Microalgae-blend tilapia feed eliminates fishmeal and fish oil, improves growth, and is cost viable. *Scientific Reports*, 10(1), 19328.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Vino mexicano igual a excelencia. Gobierno de México. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/vino-mexicano-igual-a-excelencia>
- Šikuten, I., Štambuk, P., Andabaka, Ž., Tomaz, I., Marković, Z., Stupić, D., Maletić, E., Kontić, J. K., Preiner, D. (2020). Grapevine as a rich source of polyphenolic compounds. *Molecules* 25(23):5604. <https://doi.org/10.3390/molecules25235604>
- Szkudelska, K., & Szkudelski, T. (2010). Resveratrol, obesity and diabetes. *European journal of pharmacology*, 635(1-3), 1-8.
- Tarricone, S., Iaffaldano, N., Colonna, M. A., Giannico, F., Selvaggi, M., Caputi Jambrenghi, A. & Ragni, M. (2023). Effects of dietary red grape extract on the quality traits in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Animals*, 13(2), 254.
- Tejada de Hernández, I. (1992). Control de calidad y análisis de alimentos para animales (No. SF95. T44 1992).

- Terzi, F., Demirci, B., Acar, Ü., Yüksel, S., Salum, Ç., Erol, H. S., & Kesbiç, O. S. (2023). Dietary effect of grape (*Vitis vinifera*) seed extract mitigates hepatic disorders caused by oxidized fish oil in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 49(3), 441-454.
- Toche-Tuesta, A., Curay Carhuamaca, V. L., Diaz Barrientos, R., Fernández Rebaza, G. A., & Bonilla Rivera, P. E. (2017). Estructura química de compuestos fenólicos del extracto etanólico de hojas de *Clinopodium pulchellum* (Kunth) Govaerts" panisara". *Rev. Peru. Med. Integr*, 803-809.
- Tocher, D. R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in fisheries science*, 11(2), 107-184.
- Torno, C., Staats, S., Rimbach, G., & Schulz, C. (2018). Effects of resveratrol and genistein on nutrient digestibility and intestinal histopathology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 491, 114-120.
- Vishal, S., & Shalu, S. (2024). ANTINUTRITIONAL FACTORS AND DIGESTIBILITY CHALLENGES IN AQUAFEEDS: A REVIEW. ??????
- Wang, Y. J., Thomas, P., Zhong, J. H., Bi, F. F., Kosaraju, S., Pollard, A., & Zhou, X. F. (2009). Consumption of grape seed extract prevents amyloid- β deposition and attenuates inflammation in brain of an Alzheimer's disease mouse. *Neurotoxicity research*, 15, 3-14.
- Wang, R., Yu, H., Fang, H., Jin, Y., Zhao, Y., Shen, J. & Zhang, J. (2020). Effects of dietary grape pomace on the intestinal microbiota and growth performance of weaned piglets. *Archives of animal nutrition*, 74(4), 296-308.
- Wang, Y., Chen, X. H., Cai, G. H., & Zhai, S. W. (2022). Grape seed proanthocyanidin extract regulates lipid metabolism of the American eel (*Anguilla rostrata*). *Natural Product Research*, 36(22), 5889-5893.
- Winkler, A., Weber, F., Ringseis, R., Eder, K., & Dusel, G. (2015). Determination of polyphenol and crude nutrient content and nutrient digestibility of dried and ensiled white and red grape pomace cultivars. *Archives of animal nutrition*, 69(3), 187-200.
- Xie, D., Yang, L., Yu, R., Chen, F., Lu, R., Qin, C., & Nie, G. (2017). Effects of dietary carbohydrate and lipid levels on growth and hepatic lipid deposition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 479, 696-703.

- Yang, H., Li, Y., Wang, G., Xie, J., Kaneko, G., & Yu, E. (2023). Dietary grape seed proanthocyanidin extract improved the chemical composition, antioxidant capacity, myofiber growth and flesh quality of Nile tilapia muscle. *Aquaculture Reports*, 33, 101878.
- Yu, J., & Ahmedna, M. (2013). Functional components of grape pomace: Their composition, biological properties and potential applications. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(2), 221-237.
- Zamani, A., Khajavi, M., Moafi, A., & Gisbert, E. (2021). Utilization of grape seed oil as a dietary lipid source in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Journal of Applied Aquaculture*, 33(2), 126-149.
- Zhai, S. W., Lu, J. J., & Chen, X. H. (2014). Effects of dietary grape seed proanthocyanidins on growth performance, some serum biochemical parameters and body composition of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Italian Journal of Animal Science*, 13(3), 3357.
- Zhao, J. X., Li, Q., Zhang, R. X., Liu, W. Z., Ren, Y. S., Zhang, C. X., & Zhang, J. X. (2018). Effect of dietary grape pomace on growth performance, meat quality and antioxidant activity in ram lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 236, 76-85.
- Zhong, L., Hu, Y., Hu, Y., Li, J., Tian, Y., Chen, J., & Xiao, T. (2020). Effects of dietary tea polyphenols on growth, immunity and lipid metabolism of juvenile black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Aquaculture Research*, 51(2), 569-576.
- Zhu, F., Du, B., Zheng, L., & Li, J. (2015). Advance on the bioactivity and potential applications of dietary fibre from grape pomace. *Food Chem*, 186, 207–212. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.057>
- Zorlu, K., & Gümüş, E. (2022). Effect of dietary fish oil replacement with grape seed oil on growth performance, feed utilization and fatty acid profile of mirror carp, *Cyprinus carpio*, fingerlings. *Aquaculture Research*, 53(5), 1755-1765.