



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO**

---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD DEPARTAMENTO EL  
HOMBRE Y SU AMBIENTE**

**LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**INFORME FINAL DEL SERVICIO SOCIAL POR ACTIVIDADES VINCULADAS CON  
LA PROFESIÓN**

**TÍTULO**

**Evaluación del extracto de *Moringa oleifera* como tratamiento para  
infecciones bacterianas en *Betta splendens***

**QUE PRESENTA**

**Oswaldo Castro Martínez**

**Matricula**

**2192031102**

**ASESOR**

**Dra. Monroy Dosta María del Carmen (28906)  
Departamento el Hombre y su Ambiente**

**23 Enero 2025**

## Resumen.

La acuicultura es uno de los sectores productivos de mayor crecimiento a nivel mundial. En México, durante los últimos 15 años, se ha consolidado como una actividad clave para generar ingresos en diversas comunidades. Sin embargo, la alta mortalidad causada por patógenos oportunistas representa una de las principales limitantes en la producción. Como respuesta, muchos productores recurren al uso de antibióticos, lo que ha contribuido al surgimiento de reservorios de bacterias resistentes. Como respuesta, la *Moringa oleífera*, conocida por sus propiedades medicinales, incluyendo efectos antivirales y antibacterianos, surge como una alternativa prometedora para abordar esta problemática de manera sostenible. El objetivo de esta trabajo es evaluar el efecto del extracto metanólico y acuoso de *Moringa oleífera* en el control de patógenos bacterianos que causan procesos infecciosos en el pez luchador (*Betta splendens*).

Se elaboraron extractos metanólico y acuoso de *M. oleífera* con el objetivo de evaluar su efecto en 18 peces *B. splendens* enfermos utilizando tres diferentes concentraciones de extracto (0.5mL, 1.0mL, 1.5mL). Durante el experimento, se monitoreó la evolución de los signos y síntomas clínicos, así como la sobrevivencia de los peces tratados. Además, se evaluó la capacidad antibiótica in vitro de los extractos y antibiótico comercial (amoxicilina) frente a tres bacterias patógenas de peces (*Exiguabacterium sp*, *Serratia sp*, y *Edwardsiella ictialurus*). Finalmente, se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

En *B. splendens* enfermos se observaron signos como inactividad, pérdida de color y nado errático, así como lesiones de exoftalmia, aletas deshinchadas, podredumbre de aletas y hemorragia branquial. Tras el tratamiento, la incidencia de estos signos y lesiones decrecieron en la mayoría de los peces, específicamente en concentraciones de 0.5mL y 1.0mL, prevaleciendo únicamente lesiones leves de exoftalmia y hemorragia branquial. Además, se registró la formación de nidos de reproducción, lo que sugiere una recuperación general. La tasa de sobrevivencia fue del 89%, con dos muertes en peces tratados con 1.5mL de extracto metanólico, posiblemente debido a un deterioro en la calidad del agua. Así mismo, los tratamientos metanólico y acuoso de *M. oleífera* mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en comparación con el antibiótico comercial en su capacidad inhibidora in vitro. Estos resultados indican que los extractos de *M. oleífera* poseen una mayor eficacia en la inhibición del crecimiento bacteriano en las tres bacterias evaluadas, destacando su potencial como alternativa de tratamiento en el control de patógenos bacterianos que causan procesos infecciosos en peces.

**Palabras clave:** *Moringa oleífera*, *Betta splendens*, metanólico, acuoso, capacidad antibiótica.

## Índice.

<b>1. Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Lugar de realización.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Marco institucional.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Objetivo de las actividades.....</b>	<b>6</b>
4.1 Objetivo general.....	6
4.2 Objetivos particulares.....	6
<b>5. Descripción específica de las actividades desarrolladas.....</b>	<b>7</b>
5.1 Obtención del extracto.....	7
5.2 Evaluación de los extractos en peces enfermos.....	7
5.3 Pruebas de inhibición in vitro.....	7
5.4 Análisis de Datos.....	8
5.5 Resultados.....	8
5.5.1 Efecto de los extractos de <i>Moringa oleifera</i> en peces <i>Betta splendens</i> con procesos infecciosos.....	8
5.5.2 Capacidad antibiótica in vitro del extracto acuoso y metanólico...	11
5.5.3 Análisis estadístico.....	14
<b>6. Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios.....</b>	<b>15</b>
<b>7. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>16</b>
<b>8. Firma de Asesor interno.....</b>	<b>17</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es uno de los sectores productivos de mayor tasa de crecimiento en el mundo (Vázquez y Chávez, 2022). Sus objetivos son la producción de alimentos, la generación de ingresos, el cultivo de peces de ornato y la provisión de empleo para mujeres y hombres de escasos recursos (Hernández et al., 2009). El acuarismo en México es una actividad productiva que ha crecido notablemente en los últimos 15 años. El 48% de los peces que se comercializan en el país son importados y el resto se produce en granjas distribuidas en todo el territorio, pero concentradas fundamentalmente en el estado de Morelos (Ramírez et al., 2010). En México la producción de peces de ornato ha tomado gran importancia en las últimas décadas como una actividad que genera ingresos en las comunidades que antes eran agrícolas y ganaderas (Martínez et al, 2010).

Aunque el acuarismo es considerado una actividad recreativa y estética muy rentable, existen ciertas limitantes que impactan en la producción de este tipo de organismos. Una de ellas son las enfermedades. Los peces cultivados están sometidos a procesos de producción intensiva con elevadas densidades de siembra y sometidos a variaciones constantes en la calidad del agua, lo que genera condiciones de estrés que se traducen en enfermedades ocasionadas por patógenos oportunistas, incluyendo *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas salmonicida*, *Edwardsiella tarda*, *Pasteurella piscicida*, *Vibrio anguillarum* y *Yersinia ruckeri* (Akinbowale et al., 2006) (Salomón et al., 2021). Las infecciones bacterianas son las responsables de la alta mortalidad en sistemas de producción acuícola por lo que para controlar las enfermedades infecciosas, en la acuicultura se emplean estrategias similares a las que se utilizan en otras áreas de la producción animal (vacunación y uso de agentes antimicrobianos). Es por ello que muchos veterinarios o productores acuícolas recurren al uso de antibióticos como profilácticos o ante el primer signo de enfermedad (Huanambal, 2020). Sin embargo, existen vacíos en cuanto a la información disponible al público sobre los productos químicos utilizados, las cantidades aplicadas, la frecuencia de los tratamientos y su impacto en el medio ambiente (OCEANA, 2021) sobre todo si consideramos que el uso de agentes

antimicrobianos en la acuicultura ha dado lugar a la aparición de reservorios de bacterias resistentes a dichos compuestos (López et al., 2007) Debido a lo anterior, es necesario buscar nuevas alternativas naturales para prevenir las infecciones bacterianas en los peces sin los daños ocasionados por los químicos y antibióticos.

Por esta razón, se están buscando alternativas más sostenibles y saludables para el control de las enfermedades en los peces. Una de estas alternativas es el uso de plantas medicinales como aditivos en la alimentación de los peces. Estudios han demostrado que diversos extractos como el de la salvia (*Salvia officinalis*) y hierba luisa (*Lippia citriodora*), rica en verbascósidos y compuestos triterpénicos como el ácido ursólico pueden mejorar el crecimiento y la respuesta inmune de los peces, lo que los hace menos susceptibles a enfermedades y reduce la necesidad de antibióticos en la acuicultura (Salomon et al., 2021). Dentro de las especies vegetales que ha llamado mucho la atención en la producción de peces en los últimos años se encuentra la *Moringa oleifera*, es conocida mundialmente como el árbol de la vida o la planta milagrosa por sus diversos usos y aplicaciones, destacando principalmente en la medicina y nutrición. Esta planta posee innumerables propiedades nutritivas y terapéuticas de la cual se puede aprovechar todas sus partes (semillas, raíz, hojas, flores, vainas y frutos). Varios estudios demuestran las propiedades medicinales de la *Moringa* como antioxidante, en enfermedades respiratorias, cardiovasculares, gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, cáncer, en el sistema inmunológico, antiviral y como antibacteriano. Sin embargo, son escasos los estudios en el control de enfermedades de los peces (Salomon et al., 2021).

## **2. LUGAR DE REALIZACIÓN**

Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo del Departamento del Hombre y su Ambiente, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Ubicada en Calzada del Hueso 1100, colonia Villa Quietud, Coyoacán, Ciudad de México.

## **3. MARCO INSTITUCIONAL**

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco inició sus actividades el 11 de noviembre de 1974, con un nuevo sistema en el que se hacía una redefinición social de las profesiones y creando una nueva forma de concebir y operar el sistema de enseñanza-aprendizaje orientado a la acción de la Universidad hacia el cambio social, se creó el Sistema Modular.

A través de los años, la UAM ha creado las condiciones para que su alumnado, profesorado y personal administrativo puedan desplegar sus capacidades y habilidades intelectuales y de trabajo, así como comprometerse con la sociedad, por lo tanto tiene como misión “Servir al país al ofrecer un trabajo académico sólido y de excelencia alrededor de las funciones sustantivas: al impartir educación superior de licenciatura, maestría, doctorado, y cursos de actualización y especialización, en sus modalidades escolar y extraescolar, y formar profesionales e integrantes de la ciudadanía competentes y responsables en correspondencia con las necesidades de la sociedad; organizar y desarrollar actividades de investigación humanística, científica, tecnológica y artística; y ser fuente de conocimientos relevantes, en atención, primordialmente, a los problemas nacionales y en relación con las condiciones del desarrollo histórico, así como ser una institución que rescata, preserva y difunde la cultura.”

Por otro lado, en cuanto a su visión, la UAM aspira a convertirse en la mejor universidad de México para el año 2025, esto implica que todas las personas que integran la comunidad universitaria tengan en claro el modelo de universidad que se desea construir.

La UAM está comprometida con la sociedad a formar integrantes con sólidos principios éticos, con conocimientos amplios y capacidad crítica racional, capaces de abordar problemas complejos y contribuir al desarrollo humano y bienestar social.

#### **4. OBJETIVO DE LAS ACTIVIDADES**

##### **4.1 Objetivo general.**

Evaluar el efecto del extracto metanólico y acuoso de *Moringa oleifera* en el control de patógenos bacterianos que causan procesos infecciosos en el pez luchador (*Betta splendens*).

#### 4.2 Objetivos particulares.

- Evaluar el efecto de los extractos de *Moringa oleifera* en peces *Betta splendens* con procesos infecciosos.
- Evaluar la capacidad antibiótica in *Vitro* de los extractos acuoso y metanólico de *Moringa oleifera* frente a patógenos bacterianos.

### 5. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

#### 5.1 Obtención del extracto

Las hojas de *Moringa oleifera* se lavaron con agua destilada, y se secaron en un horno a 40 °C por 24 horas, transcurrido este tiempo, se pulverizaron. Posteriormente, para el extracto metanólico se utilizó 200 g de polvo a los que se les agregó un litro de metanol al 95%. Se esperó un periodo de 3 días y se filtró con papel Whatman No.1. Finalmente, el extracto obtenido se evaporó en un rotavapor y se almacenó a 4 °C para su uso.

En el caso del extracto acuoso se realizó el mismo procedimiento solo que en lugar de agregar el alcohol se agregó agua destilada. Una vez obtenidos los extractos se almacenó en frascos ámbar para protegerlos de la luz.

#### 5.2 Evaluación de los extractos en peces enfermos

Del mercado de peces de Morelos se obtuvieron peces de la especie *Betta splendens*. Los peces se dividieron en acuarios de 20 litros separados de manera individual donde se sometieron a procesos de infección hasta presentar signos y lesiones de enfermedad como nado errático, exoftalmia, hemorragia branquial, entre otras. Posterior a esto se administraron los extractos a una concentración de 0.5mL, 1.0mL y 1.5 mL de extracto metanólico y acuoso considerando tres replicas por tratamiento. Una vez iniciado el tratamiento se observaron los signos y lesiones de enfermedad y se determinó la sobrevivencia.

### 5.3 Pruebas de inhibición *in vitro*

Para evaluar la capacidad de exclusión *in vitro* de los extractos obtenidos, se inocularon tres bacterias patógenas de peces que han sido aisladas de procesos infecciosos y que forman parte del cepario del Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo, se sembraron las bacterias *Exiguabacterium sp*, *Serratia sp*, y *Edwardsiella ictialurus* por triplicado en cajas de agar BHI. Las cajas se incubaron 24 h a 30°C. Posteriormente, se utilizó el método de difusión en pozos y se adicionaron los extractos metanólico y acuoso con concentraciones de 3.91 y 10.0 McFarland Standard respectivamente. Las cajas se incubaron durante 24 h a 30°C, y transcurrido este tiempo se observó la formación de halos de inhibición. Se empleó como control negativo la incubación con tratamiento antibiótico (amoxicilina).

### 5.4 Análisis de Datos

Para toda la información generada se creó una base de datos con el paquete Microsoft Excel 2010 para obtener valores promedios y desviación estándar, así como también se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para varias muestras a un nivel de confianza del 95% bajo principios de normalidad y homogeneidad.

### 5.5 Resultados

5.5.1 Efecto de los extractos de *Moringa oleifera* en peces *Betta splendens* con procesos infecciosos.

De acuerdo a los signos y lesiones que se presentaron en *B. splendens* se determinó un cuadro clínico correspondiente a una septicemia hemorrágica sub-aguda, con presencia de signos como inactividad, pérdida de color y nado errático, y lesiones como exoftalmia, aletas deshilachadas, podredumbre de aletas y hemorragia branquial **Tabla 1**. Dentro de los signos con incidencia en *B. splendens* antes de los tratamientos se presentó la inactividad en 18 peces, la pérdida de color en 7 y nado errático en 11. En cuanto a lesiones, se observó exoftalmía en 18 peces, aletas deshilachadas en 6, podredumbre de aletas en 15 y hemorragia branquial en 17 **Tabla 1**.

Tras el término de los tratamientos metanólico y acuoso en la semana 4, los signos y lesiones se redujeron **Figura 1**. La inactividad prevaleció en 4 de los peces, entre ellos dos peces correspondientes a ensayos con concentración metanólica a 1.5mL de la segunda y tercera repetición que murieron a la semana 4, presentando también lesiones de exoftalmia y hemorragia branquial **Figura 2**. Dichos decesos pueden ser consecuencia de un decremento en la calidad del agua de los acuarios, ocasionado posiblemente por el extracto metanólico.

**Tabla 1.** Cuadro clínico de *Betta splendens* en 18 ensayos: Signos y lesiones antes y después del tratamiento aplicado.

Tratamiento	Concentración	Repetición	Cuadro Clínico											Último día de tratamiento								
			Signos de enfermedad					Lesiones						Nido de Reproducción	Sobrevivencia							
			Anorexia	Inactividad / Letargia	Pérdida de Color	Boqueo de superficie	Nado Errático	Septicemia Hemorrágica Aguda			Septicemia Hemorrágica Sub-Aguda		Septicemia Hemorrágica Crónica									
								Petequias	Distensión abdominal	Exoftalmia	Aletas Deshiliachadas	Podredumbre de Aletas	Hemorragia branquial			Hiperemia	Hemorragias en aletas y ojos	Úlceras				
Metanólico	0.5 mL	1															Si	Vivo				
		2																	Vivo			
		3																	Vivo			
	1.0 mL	1																		Vivo		
		2																		Vivo		
		3		•																Vivo		
	1.5 mL	1																		Si	Vivo	
		2		•																	Muerto	
		3		•																	Muerto	
Acuoso	0.5 mL	1																		Si	Vivo	
		2																		Si	Vivo	
		3																			Vivo	
	1.0 mL	1																				Vivo
		2																			Si	Vivo
		3																				Vivo
	1.5 mL	1																				Vivo
		2																			Si	Vivo
		3		•																		Vivo

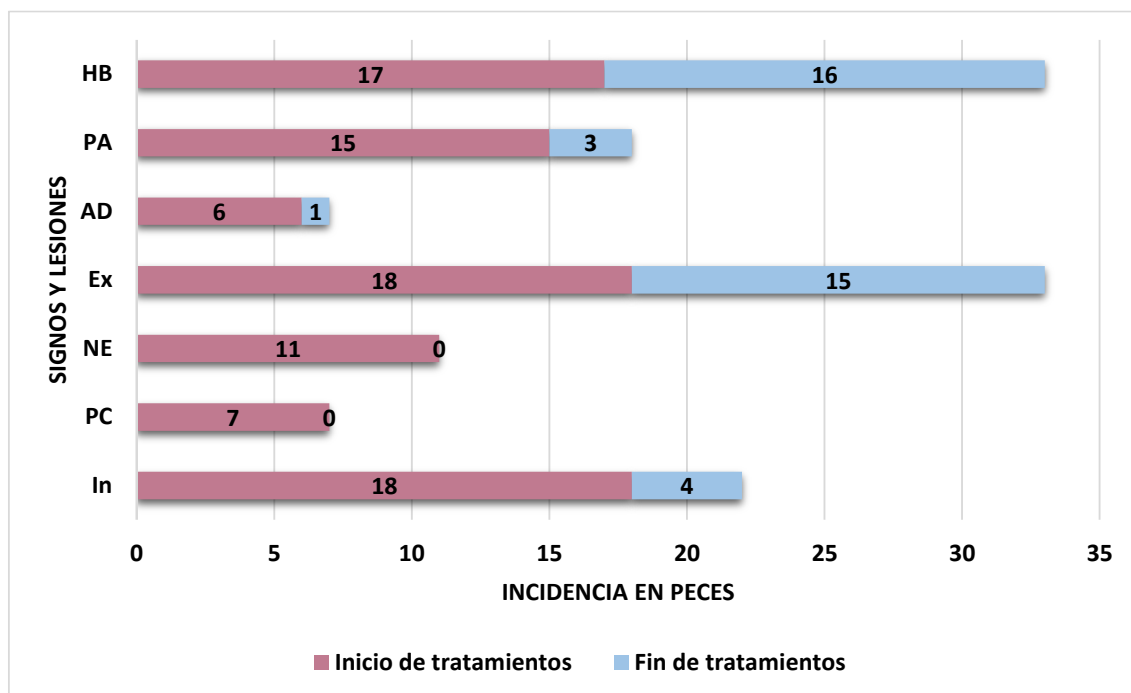
**Nota.** Los colores señalan los signos y lesiones presentes al inicio del tratamiento, los puntos negros al interior de los colores señalan los signos y lesiones que prevalecieron al término del tratamiento. Al último día de tratamiento se señalan los peces que presentaron nidos de reproducción y la sobrevivencia.

Otros signos como la pérdida de color y el nado errático se redujeron a 0 incidencias **Figura 1**. Entre estos, peces con tratamiento metanólico a 0.5mL de la segunda repetición (0.5mL M2) **Figura 3A**, y 1.5mL de la primera repetición

(1.5mL M1) **Figura 3C**, mostraron una recuperación con respecto a la pérdida de color.

En relación a las lesiones, aunque muchos peces presentaron una disminución de la exoftalmia y hemorragia branquial, éstas prevalecieron en la mayoría de ellos, con incidencias de 15 y 16 respectivamente **Figura 1**. Entre estos, los peces con tratamiento metanólico 0.5mL M2, 1.0mL M2 y 1.5mL M1 presentaron mejoría pero prevalencia de ambas lesiones aún después de finalizar el tratamiento **Figura 3AByC**. Con respecto al tratamiento acuoso, también los peces 0.5mL A3, 1.0mL A2 y 1.5mL A3 presentaron exoftalmia y hemorragia branquial ligera al final del ensayo **Figura 3DEyF**. En cuanto a lesiones como aletas deshilachadas y podredumbre de aletas, las incidencias se redujeron a 1 y 3 **Figura 1**.

**Figura 1.** Incidencia de signos y lesiones en *Betta splendens*; antes y después del tratamiento aplicado.

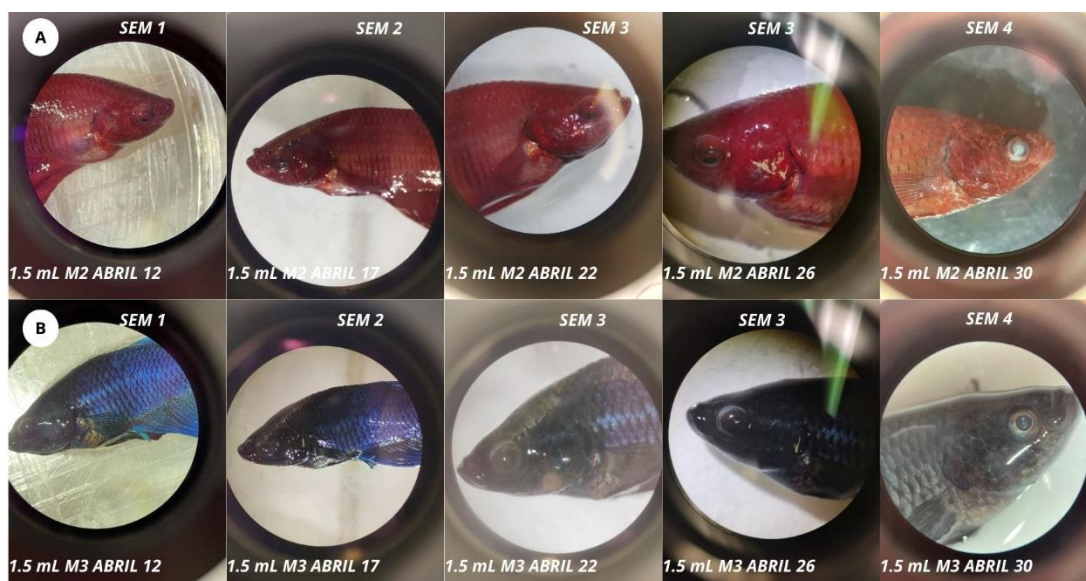


**Nota.** Inactividad (In), pérdida de color (PC), nado errático (NE), exoftalmia (Ex), aletas deshilachadas (AD), podredumbre de aletas (PA), hemorragia branquial (HB).

El comportamiento general de los tratamientos metanólico y acuoso en sus distintas concentraciones se mostraron relativamente similares con reducciones en los signos y lesiones, una sobrevivencia alta del 89% con la muerte solamente de 2 peces y la sobrevivencia de 16, y formación de nidos de reproducción de 6

peces **Figura 1**. Particularmente las concentraciones 0.5mL y 1.0mL mostraron resultados bastante positivos en el decremento de signos de enfermedad y posterior formación de nidos de reproducción. Las concentraciones de 1.5mL, particularmente en el tratamiento metanólico lograron una disminución de los signos de enfermedad en los peces, sin embargo, provocó una probable caída en la calidad del agua, causando la muerte de 2 peces. Posterior a la suspensión del tratamiento, se dispusieron a los peces al laboratorio para su reproducción.

**Figura 2.** Signos y lesiones en *Betta Splendens* enfermos con tratamientos metanólico a 1.5mL de concentración.



**Nota.** A) Fotografías del pez Betta con tratamiento metanólico al 1.5mL de concentración, repetición 2, hasta el día de su muerte. B) Fotografías del pez Betta con tratamiento metanólico al 1.5mL de concentración, repetición 3, el día su muerte.

### 5.5.2 Capacidad antibiótica in vitro del extracto acuoso y metanólico.

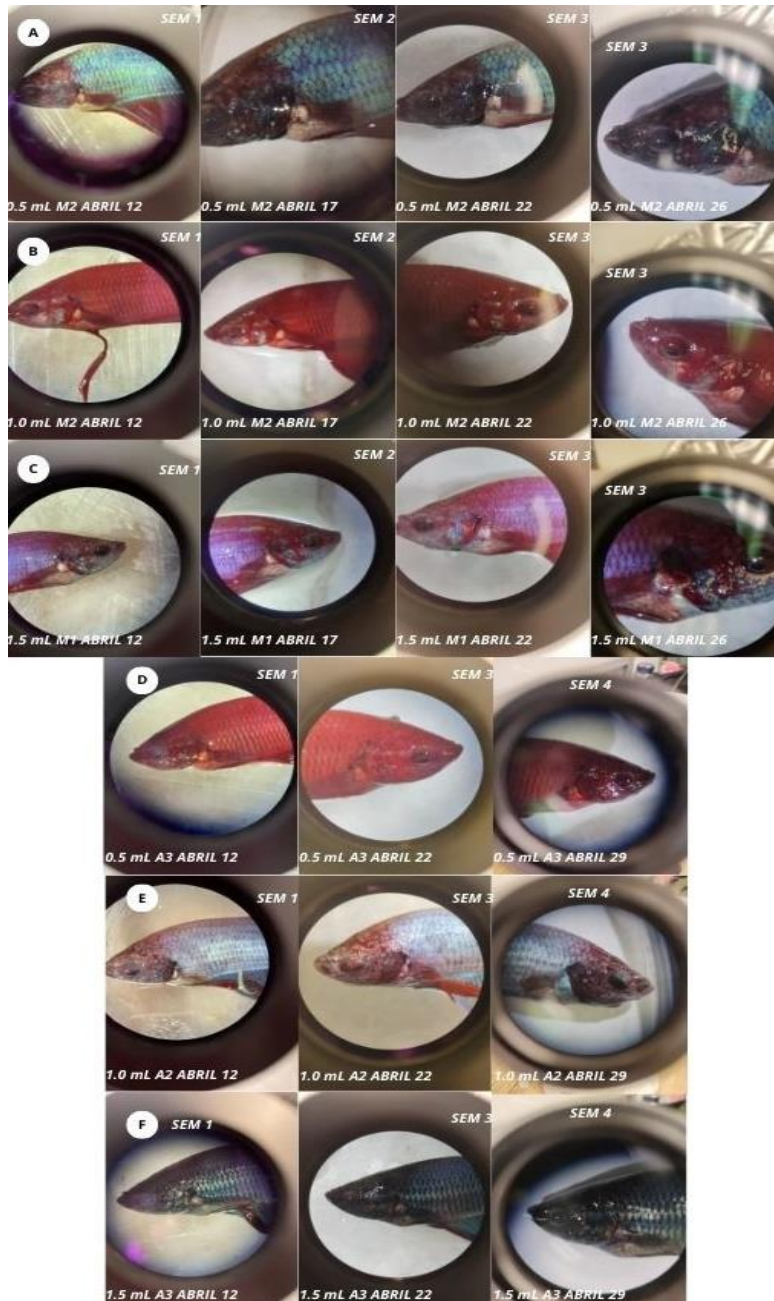
Los extractos metanólico y acuoso de *M. oleifera* reflejaron halos de inhibición mayores a los del antibiótico comercial en la mayoría de muestras para las bacterias cultivadas (*Exiguabacterium sp*, *Serratia sp* y *E.ictialurus*) **Tabla 2 y Figura 4**.

El extracto metanólico mostró una mayor capacidad antibiótica para la bacteria *Serratia sp* con un valor promedio de halo de inhibición de 1.58cm seguido de *Exiguabacterium sp* con 1.45cm y *E.ictialurus* con 1.15cm **Figura 5**.

Con respecto al extracto Acuoso, este mostró una relativa mayor capacidad antibiótica en su interacción con *Serratia sp*, y *E.ictialurus* con 1.45cm y 1.31cm de halo de inhibición promedio respectivamente, mientras que tuvo menor

capacidad antibiótica con *Exiguabacterium sp* con 0.91cm. El antibiótico comercial tuvo una menor capacidad antibiótica, con halos de inhibición por debajo de 1cm en su interacción con las 3 bacterias (0.84, 0.81 y 0.91 para *Exiguabacterium sp*, *Serratia sp* y *E.ictialurus* respectivamente) **Figura 5.**

**Figura 3.** Signos y lesiones en *Betta Splendens* enfermos con tratamientos metanólico y acuoso en 3 concentraciones (0.5mL, 1.0mL y 1.5mL).



**Nota.** **A)** Fotografías del Betta con tratamiento metanólico al 0.5mL de concentración, repetición 2. **B)** Fotografías del Betta con tratamiento metanólico al 1.0mL de concentración, repetición 2. **C)** Fotografías del Betta con tratamiento metanólico al 1.5mL de concentración, repetición 1. **D)** Fotografías pez Betta con tratamiento acuoso al 0.5mL de concentración, repetición 3. **E)** Fotografías pez Betta con tratamiento acuoso al 1.0mL de concentración, repetición 2. **F)** Fotografías del Betta con tratamiento acuoso al 1.5mL de concentración, repetición 3.

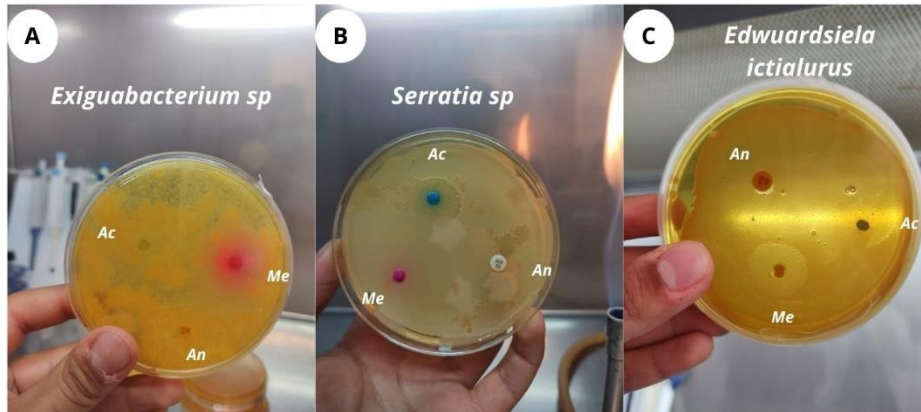
En función de las bacterias y su interacción con los tratamientos, se observó que para *Exiguabacterium sp* y *Serratia sp* el tratamiento con extracto metanólico fue el que presentó una relativa mayor capacidad antibiótica, con halos de inhibición promedio de 1.45cm y 1.58cm respectivamente. En el caso de *E.ictialurus*, el extracto acuoso mostró mayor capacidad antibiótica, con un halo de inhibición promedio de 1.15cm. Para las 3 bacterias, el antibiótico comercial fue el que menos capacidad antibiótica mostró **Figura 5**.

El promedio total de halos de inhibición de los tratamientos para las tres bacterias, arrojó que el extracto metanólico tuvo mayor capacidad antibiótica con 1.40cm de halo de inhibición promedio, seguido del extracto acuoso con 1.22cm, mientras que el antibiótico comercial tuvo menor capacidad antibiótica con 0.85cm de halo de inhibición promedio para las 3 bacterias **Figura 5**.

**Tabla 2.** Halos de inhibición (cm) en medios de cultivo inoculados con bacterias patógenas de peces (*Exiguabacterium sp*, *Serratia sp* y *E. ictialurus*) sometidos a tratamientos con extractos metanólico-acuoso y con antibiótico comercial.

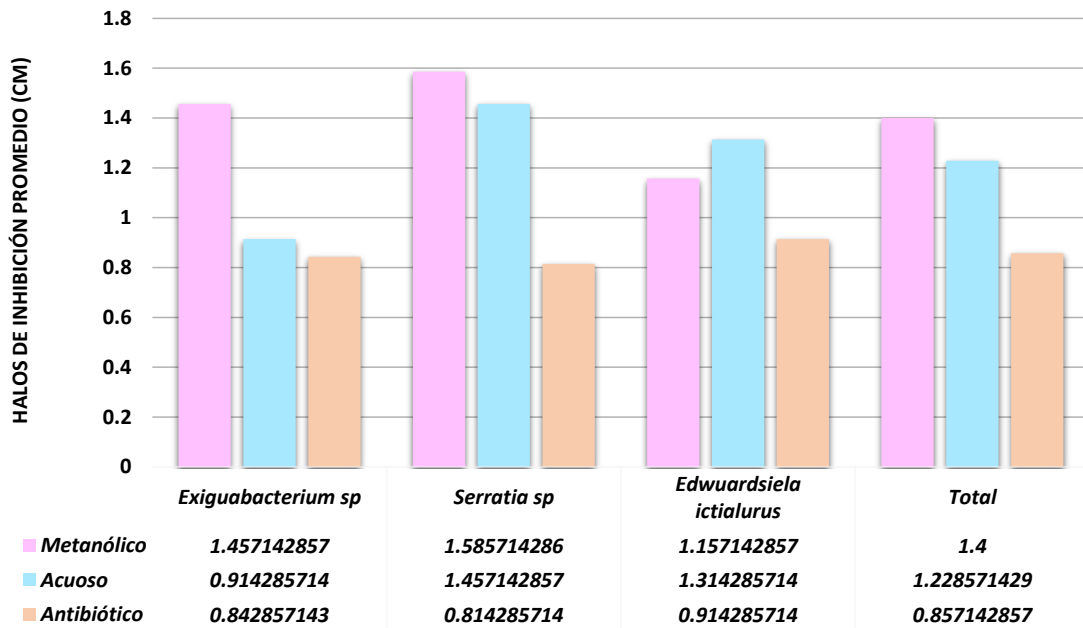
		BACTERIAS		
		<i>Exiguabacterium sp</i> (cm)	<i>Serratia sp</i> (cm)	<i>Edwardsiella ictialurus</i> (cm)
T R A T A M I E N T O	Metanólico	2	1	1.8
		0.8	0.8	0.7
		1.5	1.6	0.7
		1.8	1.6	0.8
		1.4	2	1
		1.5	1.4	0.9
		1.2	2.7	2.2
	Acuoso	0.7	1.6	0.7
		0.8	0.8	1.7
		1	2.2	1.8
		0.8	1.8	1
		1.2	2	1.2
		1	0.8	0.9
		0.9	1	1.9
	Antibiótico	0.7	0.7	1.3
		0.7	1	0.7
		0.8	0.8	0.8
		1	0.9	1
		1.2	0.8	1
		0.8	0.8	0.9
		0.7	0.7	0.7

**Figura 4.** Halos de inhibición (cm) en medios de cultivo inoculados con bacterias patógenas de peces sometidas a tratamientos con extractos metanólico (Me) y acuoso (Ac) y con antibiótico comercial (An).



**Nota.** A) Medio de cultivo inoculado con *Exiguabacterium sp* con tratamiento Me, Ac y An. B) Medio de cultivo inoculado con *Serratia sp* con tratamiento Me, Ac y An. C) Medio de cultivo inoculado con *E. ictialurus* con tratamiento Me, Ac y An.

**Figura 5.** Valores promedio de halos de inhibición en (cm) de los medios de cultivo inoculados con bacterias patógenas de peces (*Exiguabacterium sp*, *Serratia sp* y *E. ictialurus*) sometidos a tratamientos con extractos metanólico-acuoso y con antibiótico comercial.



### 5.5.3 Análisis estadístico

Los tratamientos presentan diferencias significativas en su efecto sobre las bacterias con un valor de  $P= 0.000402655606094667$ . Particularmente, los tratamientos metanólico y acuoso muestran una mayor eficiencia en la inhibición del crecimiento bacteriano en comparación con el antibiótico comercial.

En relación a las bacterias, no se encontraron diferencias significativas con un valor de  $P= 1.44971818451503$ , lo que sugiere que las tres especies bacterianas responden de manera similar a los tratamientos, reforzando la idea de que las diferencias encontradas están relacionadas con la efectividad de los tratamientos y no con las bacterias. Esto indica que la efectividad de los tratamientos metanólico y acuoso es consistente para las tres bacterias, confirmando su eficiencia con respecto al antibiótico.

En resumen, los tratamientos metanólico y acuoso de *M. oleifera* fueron significativamente más efectivos que el antibiótico para inhibir el crecimiento de las tres bacterias, sin importar el tipo de bacteria. Los resultados destacan el potencial del extracto de *Moringa oleifera* como alternativa de tratamiento en el control de patógenos bacterianos que causan procesos infecciosos en peces.

## **6. DESCRIPCIÓN DEL VÍNCULO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS CON LOS OBJETIVOS DE FORMACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS.**

Realización de actividades científicas orientadas al desarrollo y evaluación estrategias innovadoras para el manejo sostenible de los recursos naturales bióticos. Esto incluye la producción y cultivo del pez *Betta splendens* mediante la implementación de metodologías propias de las Ciencias Biológicas, con el objetivo de no solo de optimizar los procesos productivos, sino también atender las problemáticas que se enfrentan como las infecciones por patógenos oportunistas. En este contexto se buscan alternativas de tratamientos ecológicos para infecciones bacterianas que puedan sustituir el uso de antibióticos cuya aplicación excesiva ha resultado en problemas ambientales significativos, como la contaminación de los ecosistemas acuáticos, y en la creciente amenaza de resistencia bacteriana. El enfoque integral de estas investigaciones contribuye a garantizar la sostenibilidad ambiental y promover prácticas responsables en el manejo de los recursos biológicos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Akinbowale, O.L., Peng, H. and Barton, M.D. (2006). *Antimicrobial resistance in bacteria isolated from aquaculture sources in Australia*. J. Appl. Microbiol., 100, 1103-1113.
- Hernández, C., G. Aguirre y D. López. (2009). *Sistemas de producción de acuicultura con recirculación de agua para la región norte, noreste y noroeste de México*. Revista Mexicana de Agronegocios 25(13):117:130
- Huanambal, S. C. (2020). *Residuos de antibióticos y resistencia antimicrobiana en acuicultura: antecedentes desde la literatura y percepción de los médicos veterinarios en el Perú*. Tesis de maestría. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- López Simeón R., Negrete Redondo P. y Romero Jarero J. (2007). *Comprobación in vivo de la capacidad antibacterial de Oedogonium capilare contra Vibrio fluviales en pez dorado Carassius auratus*. Vet. Mex., 38 (4) 2007.
- Martínez D., Malpica A. & Hernández J. (2010). *Estructura de la producción de la piscicultura de ornato del estado de Morelos y su relación con la diversidad de la oferta*. Sociedades rurales, producción y medio ambiente año 2010 vol.10 núm 20.
- OCENA (2021). *Transparentando el uso de productos químicos y medicamentos en la salmonicultura nacional*. OCEANA, Chile.
- Ramírez, M. C., Mendoza, A. R., & Aguilera, G. C. (2010). *Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato de agua dulce en México*. Monterrey, México. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Salomón, R., Reyes-López, FE., Tort, L., Firmino, JP., Sarasquete, C., Ortiz-Delgado, JB., Quintela, JC., Pinilla-Rosas, JM., Vallejos-Vidal, E. & Gisbert, E. (2021). *Medicinal Plant Leaf Extract From Sage and Lemon Verbena Promotes Intestinal Immunity and Barrier Function in Gilthead Seabream (Sparus aurata)*. Front Immunol. (12). 1-18.
- Vázquez-Vera, L. y Chávez-Carreño, P. Eds. (2022). *Diagnóstico de la acuicultura en México*. ISBN: 978-607-99061-5-3 Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. México.

## 8. FIRMA DE ASESOR INTERNO

ASESOR INTERNO



---

Dra. Monroy Dosta María del Carmen  
Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo  
Departamento "El Hombre y su Ambiente", UAM X  
No. económico 28906