
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

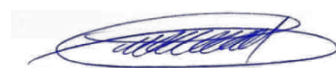
Estudio de *Rhodococcus* sp. en la sobrevivencia, crecimiento y
coloración del pez *Dario rerio*

QUE PRESENTA LA ALUMNA
Montserrat Casas Enríquez

Matrícula
2133028816

ASESORA

Asesor interno: Dra. María del Carmen Monroy Dosta (28906)
Universidad Autónoma Metropolitana-X



México, CDMX.

Fecha noviembre 2020

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la bacteria *Rhodococcus* sp. en el crecimiento, sobrevivencia y coloración del pez cebra *Danio rerio*; para determinar la sobrevivencia, el crecimiento (longitud, talla y peso) y coloración del pez cebra alimentado con la bacteria.

Se obtuvo un lote de 300 larvas de siete días después de la eclosión y fueron divididas en seis acuarios de 40 litros (50 organismos/acuario) y alimentados con nauplios de *Artemia franciscana* enriquecida con *Rhodococcus* sp. a una concentración de 1×10^8 UFC mL⁻¹. También se contó con un tratamiento control donde las larvas solo se alimentaron con nauplios de *Artemia* sp. sin probiótico. Todos los días se obtuvieron los parámetros biométricos de peso, longitud total, alto y ancho. De igual modo, se midieron parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos y amonio) y se evaluó el incremento de la coloración de los peces siguiendo el método para la extracción de pigmentos descrito por Olson (1979) y citado en Narayan et al. (2008). El periodo de alimentación se llevó a cabo durante 60 días. La sobrevivencia del pez cebra, fue del 90% en *Rhodococcus* sp y un 80% para el grupo control, en el caso del crecimiento se observaron mejores resultados en longitud total, ancho y peso en los organismos alimentados con *Rhodococcus* en comparación con el control. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.035$), con respecto a la coloración del pez cebra, se observó una coloración mejor definida en el tejido de los peces al utilizar el probiótico, demostrando que este género presenta enormes beneficios ya que no solo mejora los parámetros productivos, sino que también incrementa la coloración de los peces; aspecto fundamental para la comercialización de especies ornamentales.

ÍNDICE

MARCO INSTITUCIONAL	3
INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES.....	5
<i>Rhodococcus sp.</i>	5
Producción de pigmentos por <i>Rhodococcus sp.</i>	6
<i>Danio rerio</i>	6
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	7
OBJETIVO GENERAL	7
ESPECIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO	8
Actividades desarrolladas en el laboratorio	8
1. Obtención de <i>Danio rerio</i>	8
2. Obtención y administración de <i>Rhodococcus sp</i>	8
3. Obtención de nauplios de <i>Artemia franciscana</i>	8
4. Enriquecimiento de nauplios de <i>Artemia franciscana</i> con <i>Rhodococcus sp</i>	8
5. Diseño experimental.....	9
6. Obtención de parámetros biométricos	9
7. Coloración de los peces.....	9
Sobrevivencia y crecimiento de <i>Danio rerio</i>	10
Coloración de <i>Danio rerio</i>	12
IMPACTO EN LAS ACTIVIDADES	13
APRENDIZAJE Y HABILIDADES	14
FUNDAMENTOS DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO.....	14
REFERENCIAS	15

MARCO INSTITUCIONAL

Las actividades de Servicio Social se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo, perteneciente al Departamento el Hombre y Su Ambiente de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

La Unidad Xochimilco desde su creación el día 18 de junio de 1974 se planteó la tarea de redefinir el papel de la educación superior al vincular el proceso de enseñanza- aprendizaje (sistema modular) con problemáticas de la realidad socialmente definidas, buscando asimismo establecer nuevas relaciones entre los elementos fundamentales de la educación y las tareas universitarias de generación, transmisión, aplicación y difusión del conocimiento con objeto de socializarlo; esta articulación requirió de nuevas relaciones entre los sujetos y de éstos con el todo social, biológico y artístico.

La realización de proyectos de investigación como estrategia de aprendizaje propicia la exploración colectiva del conocimiento y enfrenta a los alumnos a trabajos, preguntas y problemas con soluciones conocidas o verificables, impulsándolos a desarrollar sus propios protocolos de investigación y estimulándolos a que se introduzcan al mundo científico. Parte importante de generación y aplicación de conocimiento se lleva a cabo en los laboratorios de Investigación.

En el Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo se realiza la investigación: Uso, selección y aplicación de alimentos funcionales (prebióticos, probióticos, y simbióticos), para mejorar la sobrevivencia, crecimiento, reproducción, y respuesta inmune de organismos acuáticos. Buscando nuevas estrategias para la producción acuícola sustentable, con el fin de generar conocimiento que puede ser transferido a productores acuícolas encaminados a resolver problemáticas relacionadas con la disminución de enfermedades, el desarrollo de dietas funcionales y la reducción del uso del agua. Por lo que la inserción de alumnos de servicio social es prioritario, con el fin de coadyubar a la solución de problemáticas relacionadas con la producción de alimentos y peces ornamentales, lo que les permita adquirir conocimientos, herramientas y habilidades que podrán poner en práctica durante su desempeño profesional.

INTRODUCCIÓN

El acuarismo ha sido una actividad productiva reconocida como una importante afición a la introducción y cría de especies acuáticas en acuarios bajo condiciones controladas (Ramírez et al., 2010). Durante los últimos quince años México ha tenido un crecimiento en la demanda de peces de agua dulce destinados al ornato, el interés en el desarrollo de la producción y comercialización en la industria, ha generado empleos y el bienestar económico para el sector rural de varias regiones de nuestro país.

Cada año se comercializan alrededor de 43 millones de peces de ornato con un beneficio económico de más de 1,600 millones de pesos (SAGARPA, 2015), en consecuencia, se ha incrementado la actividad de manejar grandes cantidades de organismos, lo que, a derivado problemas de nutrición, calidad de agua y enfermedades, por este motivo nace la necesidad de buscar diversos aditivos, químicos, hormonas y antibióticos que mejoren la producción y presentación de las especies ornamentales.

No obstante, estos compuestos son de costo económico elevado para el productor, cabe mencionar que el uso inapropiado puede provocar reacciones adversas, resistencia bacteriana e impacto ambiental en ecosistemas (Negrete et al., 2004). Como una alternativa los probióticos se han implementado como una estrategia para mejorar la producción acuícola de una forma más natural y sustentable. Diversos estudios han demostrado que los microorganismos probióticos benefician al mejoramiento del balance intestinal de los peces, permitiendo una mayor asimilación de nutrientes y aumento en las tasas de crecimiento; además de incrementar la respuesta inmunológica lo que les confiere mayor resistencia a enfermedades (World Gastroenterology Organisation, 2008; Castro et al., 2011).

Los probióticos más utilizados se encuentran bacterias del género *Lactobacillus*, *Lactococcus* y *Bacillus*, sin embargo, existen otros géneros que pueden ser productivos como la bacteria *Rhodococcus* sp. que forma parte de la microbiota intestinal de los peces y que produce de manera natural pigmentos carotenoides, por lo tanto puede ser utilizada como probiótico para incrementar el crecimiento y coloración en peces de ornato, sin el elevado costo económico y ambiental que tienen los aditivos comerciales (Ahamed et al., 2012).

Por lo que, el objetivo de este proyecto es evaluar el efecto de *Rhodococcus* sp. en la supervivencia, crecimiento, y coloración del pez *Danio rerio* bajo condiciones de controladas en laboratorio.

ANTECEDENTES

***Rhodococcus* sp.**

Rhodococcus sp. es un actinomiceto de nocardioformo y considerado en el subgrupo de bacterias que contienen ácidos micólicos en su pared celular (Krewer et al., 2008), es miembro de la familia *Microlata*, que también contiene géneros como *Corynebacterium*, *Mycobacterium* y *Nocardia*.

En 1974, Tsukamura estableció el género integrado por seis especies: *R. aurantiacus*, *R. bronchialis*, *R. rhodochrous*, *R. roseus*, *R. rubropertinctus* y *R. terrae* (Ponce et al., 2016). Actualmente gracias a la biología molecular al grupo se incluyeron más especies como *R. coprophilus*, *R. corallinus*, *R. equi*, entre otros.

Pavía y colaboradores (2005), mencionan en el estudio de diferenciación de especies de *Rhodococcus* sp. (prueba PCR-RFLP) basada en genes codificantes para la subunidad 16S ribosomal, este género se caracteriza por agrupar bacterias de forma bacilar, es decir llegan a formar filamento vegetativo ramificado, septado y que se fragmenta en formas bacilares y cocoidales.

El género se encuentra identificado como bacterias Gram-positivas que llegan a ser variables, en ocasiones en alcohol-ácido-resistentes y aeróbicas; de igual manera se desarrollan a temperaturas entre 30 a 37°C, en medios de laboratorio, por lo que son no motiles (Ponce et al., 2016) y están ampliamente distribuidos en el medio ambiente, tanto en lo terrestre como en lo acuático.

De acuerdo a Rabagliati y colaboradores (2005), algunas cepas ocasionalmente llegan a ser patógenos del hombre y los animales, sin embargo, no es común que se comporten de forma oportunista y en organismos inmunodeprimidos, el más importante de ellos es *R. equi*. Es un género bastante peculiar, utilizado para diversas investigaciones como en la biorremediación, probióticos y pigmentación.

Producción de pigmentos por *Rhodococcus sp.*

Los pigmentos carotenoides, son alto valor comercial, los principales están presentes en algas, hongos y bacterias. Estos pigmentos son liposolubles y responsables de la gran diversidad de colores apreciados en la naturaleza, asociados a las diversas tonalidades de amarillo, naranja y rojo (Ponce *et al.*, 2016).

Por lo que, diversas investigaciones sobre la generación de pigmentos como metabolitos secundarios se han enfocado al estudio de bacterias debido a su actividad metabólica, evaluando la cantidad y capacidad de producción extracelular de pigmentos para agilizar los procesos fermentativos como es en el caso de las bacterias fotosintéticas, lo cual se ha evidenciado la presencia de astaxantina en *Rhodococcus sp.* (Atenas, 2014).

La astaxantina es un carotenoide perteneciente a la familia de las xantofilas por las presencia de oxígeno en su estructura, ya que se caracterizan por ser pigmentos y se han descubierto sus altas propiedades farmacéuticas, cabe mencionar que la astaxantina se reconoce como un antioxidante de alta eficiencia y químicamente se conoce como 3, 3'-dihidroxi-b, b-caroteno-4, 4'diona (Guerin, Huntley y Olaizola, 2003 citado por Córdoba *et al.*, 2015).

Por lo que, el uso de aditivos químicos en la industria alimentaria es preocupante, de manera que exponencialmente a ocurrido un mayor interés en carotenoides extraídos de forma natural por procesos biotecnológicos. De forma que, *Rhodococcus sp.* representa una parte importante en la pigmentación, en vista de que, su desarrolló en medios nutritivos sus colonias presentan formas mucoides, lisas o rugosas y pigmentadas de color crema, rojo, o anaranjado, indicando la presencia de compuestos carotenoides (Ponce *et al.*, 2016).

Danio rerio

Es un pequeño pez de agua dulce, comúnmente conocido como “pez cebra” perteneciente a la familia *Cyprinidae*, originario de ríos de la India y distribuido en diversas zonas de Bangladesh, Nepal, Nyanmar y Pakistán (Vargas, 2017).

La especie *Danio rerio* cuenta con grandes ventajas para el campo de estudio de biomédicina, biotecnología, ecológica, entre otros campos de la biología, así como en el desarrollo de genética

molecular y modelos toxicológicos, por lo que se ha reconocido su valor en toxicología y en el descubrimiento de fármacos; cabe mencionar que es cotizado por los beneficios relacionados con su tamaño, cría y morfología temprana, a diferencia de otras especies de vertebrados, por ejemplo, la especie adulta crece aproximadamente entre 1-1,5 pulgadas de largo reduciendo la capacidad de almacenamiento del acuario y costos de crianza (Hill *et al.*, 2005):

El desarrollo embrionario y larval en *Danio rerio* ocurre externamente y el proceso de desarrollo desde la fertilización hasta la edad de adulto joven es rápido, llega a completarse en alrededor de tres meses, por esa razón, en las primeras etapas de vida embrionaria y larval, el estudio es favorable debido a que el pez cebra es transparente, lo que permite realizar un seguimiento directo del desarrollo y funcionamiento de órganos internos en condiciones normales, con técnicas de microscopia convencional, sin que se requiera sacrificar al animal o colocarlo en microambientes artificiales (Barrio *et al.*, 2015).

Hoy en día el *Danio rerio* es cotizado como mascota, por lo que es fácil adquirirlo debido a que tiene una alta capacidad de reproducción y se encuentra catalogada como una especie no protegida (Vargas *et al.*, 2017). Es una de las especies más comercializadas por su coloración atractiva, de fácil manejo y con requerimientos de bajo costo para su de crianza.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El servicio social se realizará en el Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo, perteneciente al Departamento del hombre y su ambiente, ubicado en la Universidad Autónoma Mexicana unidad Xochimilco; Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México.

OBJETIVO GENERAL

El proyecto tiene como objetivo general evaluar el efecto de la bacteria *Rhodococcus* sp. en el crecimiento, sobrevivencia y coloración del pez cebra *Danio rerio*; así determinando la sobrevivencia y su efecto del pez alimentado con *Rhodococcus* sp., además, del crecimiento (longitud, talla y peso) y coloración del pez cebra.

ESPECIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO

Actividades desarrolladas en el laboratorio

1. Obtención de *Danio rerio*

Los peces fueron obtenidos a partir de las parejas de reproducción con las que cuenta el Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo. Se utilizaron 300 larvas de siete días de eclosión para iniciar la fase experimental.

2. Obtención y administración de *Rhodococcus* sp.

La bacteria *Rhodococcus* sp. se aisló del tracto intestinal de trucha arcoíris previamente en el laboratorio. Para la administración de *Rhodococcus* sp. se utilizaron nauplios de *Artemia franciscana*.

3. Obtención de nauplios de *Artemia franciscana*

Se utilizó una cepa de *Artemia franciscana* proveniente de la Bahía de San Francisco California EUA y siguiendo el método de Sorgeloos et al. (1997). Se procedió a decapsular 2 g de quistes, los cuáles fueron hidratados previamente durante una hora con agua dulce y un suministro de aire continuo. Transcurrido el tiempo, los quistes se tamizaron por una malla de 200 μm y se colocaron en una solución de 250 mL de Hipoclorito de Sodio (NaClO) mezclado con 250 mL de agua salina (200 g L^{-1}) y aireación continua. Los quistes fueron pasando de una coloración café oscura a naranja. Los embriones decapsulados se colectaron en el tamiz de 200 μm , se enjuagaron con agua dulce y se bañaron con 100 mL de una solución de Tiosulfato de Sodio ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$) (12 g L^{-1}) para eliminar el exceso de cloro. Para su eclosión, los embriones se colocaron en un embudo de 4 L de capacidad con 3 L de agua a 40 g L^{-1} de salinidad, a $26 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura, un pH de 8, aireación y luz continua durante 24 horas (Soorgelos et al., 1998). Las larvas libres nadadoras llamadas nauplios se colectaron por sifoneo y fueron colocados en un cilindro de plástico de 200 L de capacidad con 160 L de agua salada a 80 g L^{-1} de concentración, bajo las mismas condiciones ambientales que la eclosión.

4. Enriquecimiento de nauplios de *Artemia franciscana* con *Rhodococcus* sp.

Siguiendo la metodología propuesta por Gelabert (2001), para la incorporación de la bacteria se colocaron 3000 nauplios de *Artemia franciscana* en 1 L de agua estéril y se añadió 1.5 mL de la bacteria probiótica a una concentración de 1×10^8 UFC mL^{-1} , dejándolos un lapso de 30 minutos en

un agitador magnético. Posterior a este tiempo los nauplios se tamizaron y estuvieron listos para dárselos a los peces (500 nauplios por pecera). Cabe mencionar que conforme avanzó el desarrollo de los peces se les proporcionó metanauplio o preadulto de *Artemia* sp. y la cantidad de *Artemia* varió considerando el 10% de la biomasa total por tratamiento.

5. Diseño experimental

Las trecientas larvas, fueron distribuidas al azar en seis peceras de 40 L de capacidad manteniendo una temperatura de 20°C aeración constante y un fotoperiodo de luz- oscuridad de 12-12, cada pecera contó con 50 organismos, tres acuarios fueron alimentados con nauplios de *Artemia* enriquecidos con *Rhodococcus* sp. y las otras tres con nauplios sin bacteria. El período de alimentación se llevó a cabo durante 60 días. Los desechos sólidos (heces y alimento) se retiraron con redes de luz de malla de 0.3 mm y con la ayuda de un sifón, una vez por semana; cada 15 días se monitoreó el pH, el oxígeno disuelto (O₂), los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂), para mantener la calidad del agua.

6. Obtención de parámetros biométricos

Diariamente se llevó registro de la supervivencia y a partir de los 30 días de alimentación los peces se midieron utilizando un Vernier digital tomando en cuenta la longitud total y el alto de los peces, de igual manera se pesaron con una balanza digital.

7. Coloración de los peces

Para evaluar el incremento de la coloración de los peces se utilizó el método para la extracción de pigmentos descrito por Olson (1979) y citado en Narayanan et al. (2008). Para lo cual se tomó un gramo de tejido corporal del pez con excepción de la cabeza y el tracto digestivo y se depositó en un vial de 10 mL, donde se agregaron 2.5 gr. de sulfato de sodio anhidro. La muestra se presionó contra las paredes del vial con un agitador de vidrio, se adicionaron 5 mL de cloroformo y se dejó reposar durante toda una noche a 0°C. Cuando el cloroformo formó una capa clara de uno a dos centímetros sobre el residuo, se registró la lectura de la densidad óptica a 500 nm en un espectrofotómetro, para lo cual se tomaron alícuotas de 0.03 mL de las muestras preparadas y fueron contrastadas con el control y el blanco. El contenido total de carotenoides fue calculado como µg por peso húmedo del tejido con la siguiente fórmula:

Contenido total de carotenoides = [absorción en la longitud de onda máxima / (0.25 x peso de la muestra (g))] x 10.

Donde:

10 = factor de dilución

0.25 = coeficiente de extinción.

4.6 Análisis estadístico

Para toda la información generada se generó una base de datos en Excel donde se realizó la estadística paramétrica. Para determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), de ser significativo, se procedió a realizar un análisis de la comparación de medias múltiples por el método de Tukey.

Sobrevivencia y crecimiento de *Danio rerio*

Dentro del laboratorio se observó la supervivencia del pez cebra alimentado con nauplio de *Artemia francisca* sometido a tratamientos, se obtuvo un valor del 90% de la supervivencia de los organismos tratados con *Rhodococcus* sp. y un 80% para el grupo control (**figura 1**).

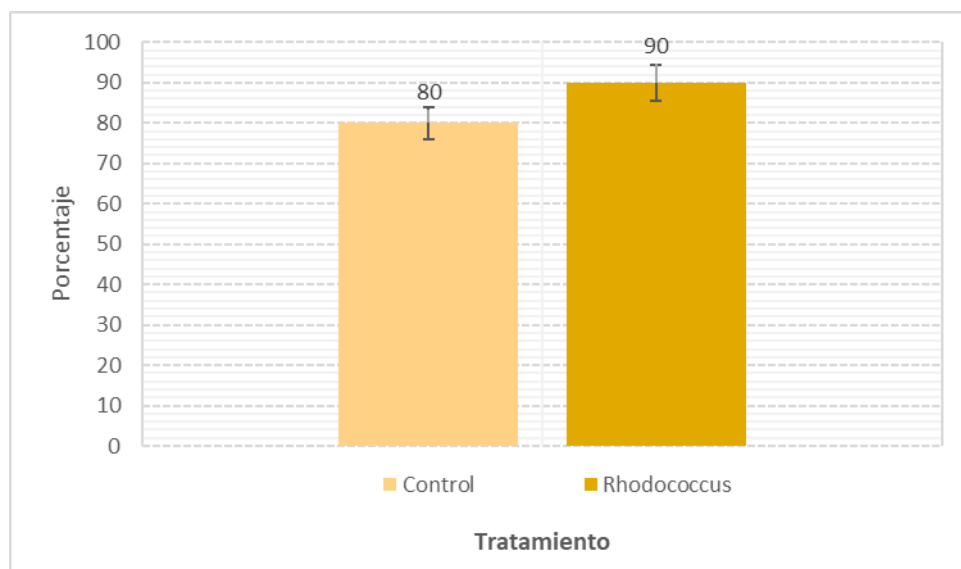


Figura 1. Supervivencia al tratamiento de pigmentos en *Danio rerio*.

En el crecimiento de *Danio rerio*, se observa que el tratamiento con *Rhodococcus* sp. hay un aumento constantemente en los valores de peso (0.072g), longitud (8.07 mm) y ancho (1.03mm) (**Figura 2a,b y d**), con respecto en la medición de lo alto se muestran valores diferenciados entre el control y *Rhodococcus* sp. (**Figura 2c**), representando una ganancia obtenida mayor en el control de 4.59 mm, con respecto a *Rhodococcus* sp. de 1.14 mm (**Tabla 1**).

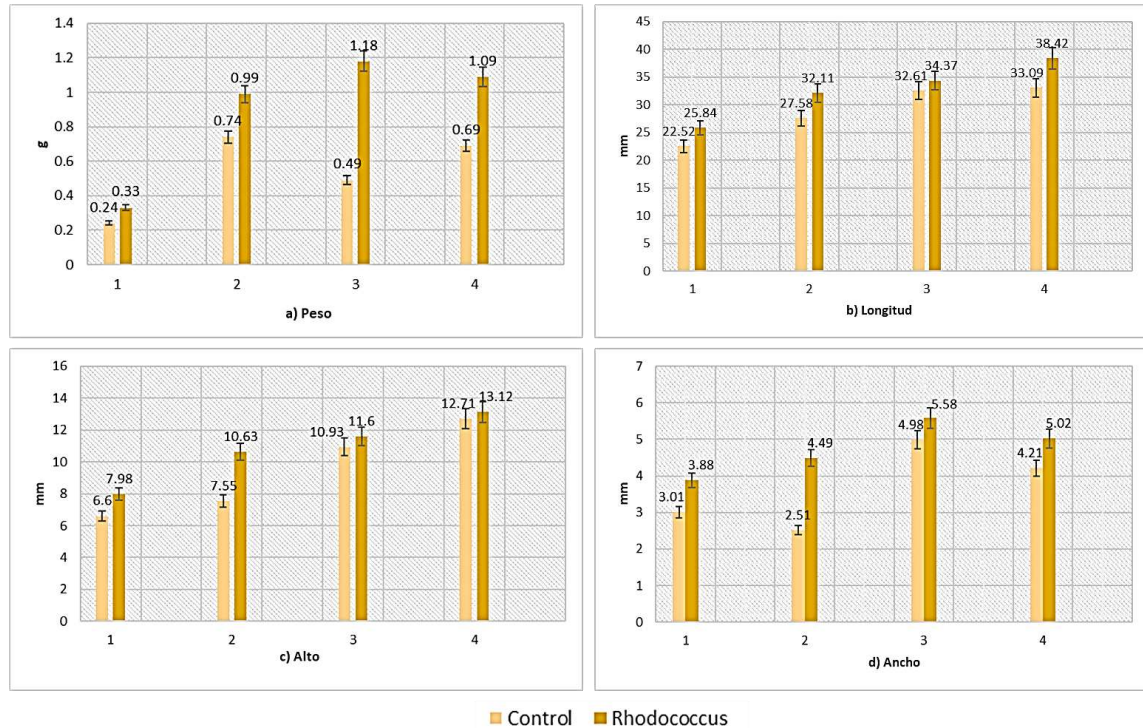


Figura 2. Valores de crecimiento de *Danio rerio*, alimentados con *Rhodococcus* sp. y control; Mediciones de a) Peso (g), b) Longitud total (mm), c) Alto (mm) y d) Ancho (mm).

Tabla 1. Valores promedio del crecimiento *Danio rerio* con su desviación estándar en el control y *Rhodococcus* sp.

Medición	Control				<i>Rhodococcus</i>			
	Peso (g)	Longitud (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)	Longitud (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)
1	0.24 ± 0.027	22.52 ± 1.277	6.60 ± 0.555	3.01 ± 0.146	0.33 ± 0.073	25.84 ± 1.419	7.98 ± 0.702	3.88 ± 0.197
2	0.74 ± 0.249	27.58 ± 2.149	7.55 ± 1.075	2.51 ± 0.218	0.99 ± 0.712	32.11 ± 1.083	10.63 ± 0.302	4.49 ± 0.137
3	0.49 ± 0.071	32.61 ± 0.444	10.93 ± 0.445	4.98 ± 0.096	1.18 ± 0.110	34.37 ± 1.637	11.60 ± 0.242	5.58 ± 0.369
4	0.69 ± 0.038	33.09 ± 1.471	12.71 ± 0.278	4.21 ± 0.142	1.09 ± 0.002	38.42 ± 0.987	13.12 ± 0.200	5.02 ± 0.330
Ganancia obtenida	0.006	2.81	4.59	0.002	0.072	8.07	1.14	1.03

En el análisis de varianza se muestra las diferencias entre el inicio y el final del experimento, en los tratamientos con relación al peso y la longitud total, se observa valores de $P=0.01$ y $P=0.03$ respectivamente, mientras que en las mediciones de alto no se observan diferencias significativas (Figura 3).

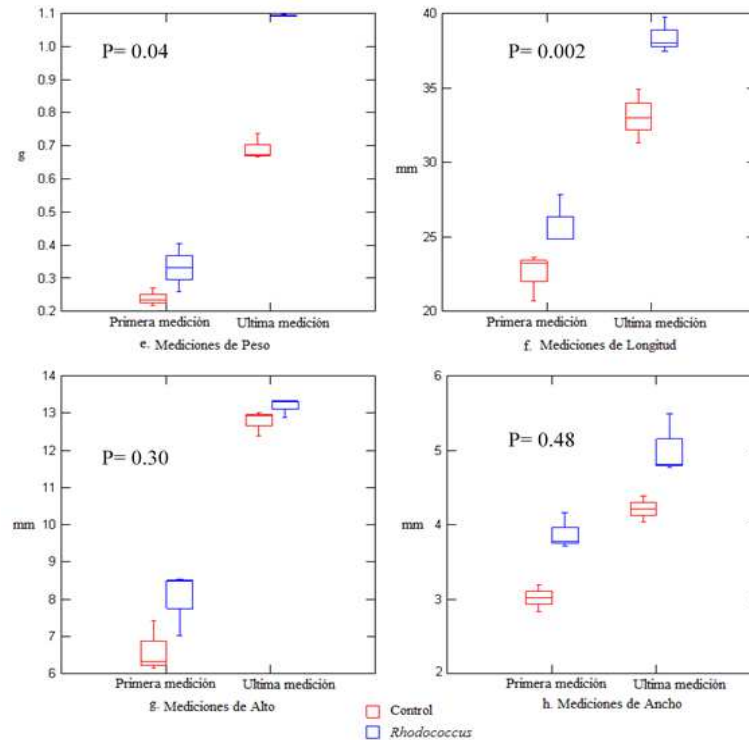


Figura 3. Análisis de varianza de las mediciones de crecimiento del pez cebra, entre los diferentes tratamientos; a) medición de peso (g), b) longitud total (mm), c) medición de alto (mm) y d) medición de ancho (mm).

Coloración de *Danio rerio*

Los resultados muestran, que entre los cuatro tratamientos administrados al pez cebra, el tratamiento de *Rhodococcus* sp. obtuvo los mayores valores de la densidad óptica y el contenido de carotenoides, en contraste con el control (Tabla 2). De igual manera, estos datos se representan en el análisis de varianza donde hay diferencias en el contenido de carotenoides de cada tratamiento con una $P=0.035$ (Figura 4).

Tabla 2. Densidad óptica y contenido de carotenoides de la especie *Danio rerio*, sometido a diferentes tratamientos.

Tratamientos	Densidad óptica (500 nm)	Contenido de carotenoides
<i>Rhodococcus</i> sp.	0.085	3.4
	0.175	7.04
	0.156	6.24
Control	0.051	2.04
	0.052	2.08
	0.53	2.12

Con relación a la sobrevivencia de *Danio rerio*, fue del 100% en ambos tratamientos. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos en la experimentación no mostró variaciones significativas ya que los parámetros de oxígeno disuelto, pH, NO₃, NO₂ y NO₄, se mantuvieron constantes entre tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedio en *Danio rerio* de los parámetros fisicoquímicos en tratamientos.

Mediciones	Control					Rhodococcus				
	pH	O ₂ (%)	NO ₃	NO ₂	NO ₄	pH	O ₂ (%)	NO ₃	NO ₂	NO ₄
1	8.44	99.93	0.37	0.67	0.18	8.30	99.2	0.90	0.22	0.26
2	8.26	99.93	0.62	0.77	0.09	8.20	99.16	0.87	0.15	0.26
3	7.93	99.03	3.90	0.12	0.1	8.10	99.50	3.93	0.16	0
4	8.10	97.66	3.90	0.17	0.006	7.67	98.16	3.42	0.11	0

IMPACTO EN LAS ACTIVIDADES

La presente investigación permitió ampliar el conocimiento sobre el uso de una bacteria para incrementar la coloración de peces de ornato, sin la necesidad de utilizar aditivos sintéticos que son muy costosos. Cabe señalar que la pigmentación es uno de los criterios más importantes para la comercialización de peces ornamentales. Por lo que los resultados pueden contribuir a mejorar los beneficios económicos de los productores de peces de ornato. Así mismo el proyecto apoyo a las actividades que alumnos de Maestría y Doctorado vienen desarrollando sobre el uso de bacterias probióticas en la acuicultura, ya que los resultados obtenidos fortalecerán los estudios que se están realizando en el laboratorio.

APRENDIZAJE Y HABILIDADES

Durante el desarrollo del proyecto adquirir habilidades para el manejo y cultivo de peces ornamentales como *Danio rerio*. Así mismo adquirí nuevos conocimientos sobre las bacterias probióticos y en específico de aquellas que producen pigmentos. Con relación al laboratorio pude aprender técnicas para el aislamiento y cultivo de bacterias, técnicas de conteo bacteriano. Una muy interesante fue la técnica de bioencapsulación mediante la cual se utiliza un organismo filtrador como el crustáceo *Artemia* para incorporar diversas sustancias o microorganismos como fue en este estudio.

FUNDAMENTOS DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO

Las actividades principales en el servicio social se llevaron dentro del laboratorio, las cuales, son los cuidados, mantenimiento para la reproducción del pez cebra *Danio rerio*, de acuerdo con Vargas (2017), este pez es un modelo animal emergente con muchas cualidades que lo posicionan como una alternativa atractiva ya que tiene alta fecundidad, es decir, posee un desarrollo rápido desde el estadio embrionario, facilitándonos la obtención de larvas para iniciar la fase experimental de la investigación. Cabe mencionar, que la producción acuícola ha mostrado un fuerte crecimiento convirtiéndose en una importante industria proveedora de alimentos de alto valor nutricional y generadora de empleos e ingresos. Sin embargo, a pesar de que se ha observado un avance en el desarrollo de esta actividad, existen obstáculos que limitan considerablemente el éxito productivo, tal es el caso de las enfermedades infecciosas, la generación de desechos contaminantes y el uso de químicos y antibióticos de forma indiscriminada que ha producido resistencia en las principales enfermedades bacterianas de peces y crustáceos en cultivo (Ponce et al., 2016). Actualmente existe un gran interés por la obtención de cepas bacterianas probióticas, el cual, se ha potenciado su uso, pero sobre todo de los microorganismos que producen pigmentos como es el caso de *Rhodococcus* sp. (Ponce et al., 2106), no obstante, no hay registros de estudios que determinen si al utilizar esta bacteria se obtienen mejores resultados que al a utilizar otros pigmentos de origen natural, por lo que es recomendable seguir con futuras investigaciones.

REFERENCIAS

- Ahamed F., Ahmed Z. F., Yeamin M., Ohtomi J. (2012). Growth study of the Pool Barb *Puntius sophore* (*Cyprinidae: Barbinae*) throughm ultimodel inferences. *Zoological Studies*. 51 (7): 1077-1085 pp.
- Atenas, I. (2014). Biotecnología asociada a la generación de pigmentos microbianos para los alimentos. Universidad Tecnológica de Chile INACAP. 24 pp. Consultado el 01/03/2020 en: <https://bit.ly/3cksoqE>
- Barrio, D., Avila, A. Solimano, P., Piñuel, L., Boeri, P., Zubillaga, F. y Cantoni, G. (2015). El pez cebra (*Danio rerio*) como un sistema modelo para la Valoración biológica de las toxinas producidas por la marea roja. ISSN 2314-2901. sns 8: 1-9 pp. Consultado el 30/03/2020 en: <https://bit.ly/30VOLyT>
- Castro, B. T., Monrroy, D. M. C., Castro, M. J., De Lara, A.R., Castro, M. G. (2011). Efecto de cuatro probióticos en el crecimiento y la sobrevivencia de *Carassius auratus*. En *Ciencia Pesquera*. 19 (1):12-28 pp.
- Córdoba, NM., Acero, N.L., Duque, L.F., Jiménez, L.J. y Serna, J.A. (2015) Obtención y caracterización de astaxantina de la microalga *Haematococcus Pluvialis*. *UGCiencia* 21: 73-82 pp.
- Gelabert, R. (2001). Artemia bioencapsulation I. Effect of pasticie sizes on the filtering behavior of *Artemian franciscana*. In *Journald of Crustacean biology*. 21(2): 135-442 pp.
- Hill AJ, Teraoka H, Heideman W, Peterson RE. (2005). Zebrafish as a model vertebrate for investigating chemical toxicity. *Toxicol. Sci*. 86: 6 p.
- Kellogg, (1906). Interpretation of the species as published in World Register of Marine Species. To view GBIFs vie won this species see the backbone version. <https://www.gbif.org/species/154607070>
- Krewer, C., Costa, M., Schrank, I. y Vargas, A. (2008), *Rhodococcus equi*. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, 75(4): 533-545 pp. Consultado el 10/06/2020 en: <http://bit.ly/2whU6nK>
- Narayan S., Kass K. E. y Thomas E. A. (2008). Chronic haloperidol treatment results in a decrease in the expression of myelin/oligodendrocyte-related genes in the mouse brain. *J Neurisci Res*. (85): 757-765 pp.
- Negrete P., Romero J., Arredondo J. (2004). Resistencia a antibióticos y presencia de plasmidos en: *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio fluvialis* y *Vibrio furnissii*, aislados de *Carassius auratus auratus*. En *veterianaria México*. 35 (1): 21-30 pp.

- Pavia, P., Calderon, C. y Puerta, C. (2005). Diferenciación de especies de *Rhodococcus* mediante una prueba de PCR-RFLP basada en los genes codificantes para la subunidad 16S ribosomal. NOVA, 3(4). Consultado el 04/05/2020 en: <https://bit.ly/3fz1Xj6>
- Ponce, C.V., Monroy, M. C., Becerril, D., Castro, J. y Ocampo, J.A. (2016). Uso potencial de *Rhodococcus* sp. (Zopf, 1891) en la acuicultura. Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente ISSN: 2007-5782, 12 (1): 01- 06 pp.
- Rabagliati, R., Morales, A., Baudrand, R., Jorquera, J., Oddo, D., García, P., Carmona, C., Cisternas, M. y Huete, A. (2005). Neumonía cavitada por *Rhodococcus equi* en paciente inmunocomprometido no infectado por virus de inmunodeficiencia humana. Caso clínico y revisión. *Rev Chil Infect*; 22 (2): 155-160 pp. Consultado en 11/04/2020 en: <https://bit.ly/3ckycAq>
- Ramírez, C. Mendoza, R. y Aguilera, C. (2010). Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato en México. 122 pp. Consultado el 11/08/2020 <https://bit.ly/3dW8dRj>
- SAGARPA. (2015). Impulsa SAGARPA-CONAPESCA la acuicultura de peces ornamentales como alternativa de negocio en el país. México D.F, Comunicado de prensa. NUM. 162-15 pp.
- Sorgeloos P., Bossuyt E., Laviña E., Baeza M. y Persoone G. (1997). Decapsulation of *Artemia* cysts: A simple technique for the improvement of the use brine shrimp in aquaculture. En *Aquaculture*. 12: 311- 315 pp.
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Xochimilco. Consultado el 22/05/2019 en: https://www.uam.mx/unidad_xochimilco.html
- Vargas, R. A. (2017). Pez cebra (*Danio rerio*) y anestesia. Un modelo animal alternativo para realizar investigación biomédica básica. *Anestesia en México*; 1 (29): 86-96 pp.
- World Gastroenterology Organisation. (2008). Guía práctica de la OMGE probiótico y prebióticos I. World Gastroenterology Organisation.