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

INFORME DE SERVICIO SOCIAL

**Propuesta de aprovechamiento de
Melanotaenia boesemani (*Pez Arcoíris*)
para enseñanza en el sistema modular de
la carrera de Biología en la
UAM Xochimilco.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Gorgonio Sánchez Lesslye Katteryn

Matrícula
2153026836

ASESOR
Gabriel Ricardo Campos Montes (NE 34761)

México, D.F.

02 junio de 2021



Resumen

El desarrollo de este servicio social estuvo direccionado a fortalecer y aportar algunas consideraciones y recomendaciones para alcanzar el objetivo que tiene la UAM-Xochimilco en la carrera de Biología, al dar una herramienta a los futuros biólogos. Durante el servicio social en modalidad a distancia se generó material didáctico a partir de trabajos presentados en congresos y que se retoman como consideraciones para trabajos modulares del trimestre historias de vida. Primeramente, se localizaron y recopilaron las bases de datos y las diversas investigaciones correspondientes acerca de *M. boesemani* realizadas previamente en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas (LSA) de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco y otras presentes en la literatura. Posteriormente se analizaron los contenidos sintéticos del módulo Historias de vida para elaborar las propuestas de alternativa didáctica aprovechando el *M. boesemani* para este módulo. Seguido de esto, se describió el diseño metodológico de cada estudio realizado en el LSA de UAM-Xochimilco del *M. boesemani*, destacando los elementos que fueron de utilidad en el módulo “Historias de vida” de la licenciatura de Biología de la UAM – Xochimilco con un enfoque didáctico. Después, se escribió un manual para laboratorio utilizando el *M. boesemani* como modelo, con los principales elementos para su reproducción, cría larvaria, crecimiento y supervivencia, así como aquellos factores que mejoran su calidad en el mercado.

El manual cuenta con recomendaciones genéricas de las bases para la realización de un diseño experimental, desde la construcción de una introducción hasta las conclusiones.

Palabras clave: *Melanotaenia boesemani*, Diseño experimental, Historias de vida, Peces de ornato.

ÍNDICE

Marco Institucional	3
Introducción	3
Antecedentes.....	5
Ubicación geográfica.....	6
Objetivo general.....	6
Fundamento de las actividades	6
Cronograma de actividades y fecha de realización.	8
Impacto de las actividades	8
Aprendizajes y habilidades obtenidas.....	9
Fundamento de las actividades del servicio Social	9
Referencias.....	10
Anexo: Manual para el aprovechamiento de Melanotaenia boesemani, en el módulo “Historias de vida” en la carrera de Biología de la UAM- Xochimilco	

Marco Institucional

El principal propósito de la carrera de Biología en la UAM Xochimilco, es formar profesionales creativos y críticos capaces de realizar actividades científicas para desarrollar y evaluar, con una perspectiva multidisciplinaria, estrategias de manejo de los recursos naturales bióticos, con base en metodologías propias de las ciencias biológicas para participar en el diagnóstico, gestión, planeación del uso, conservación y restauración de los recursos naturales. (UAM-X, s.f.)

Dadas las características del sistema modular es importante el uso adecuado de modelos biológicos, como el pez *M. boesemani*, que permitan un mejor desarrollo académico. Las características de este pez como que el desarrollo embrionario dura varios días, los huevos son resistentes al manejo, la reproducción y mantenimiento tienen amplios rangos ambientales, permiten generar experimentos de bajo costo y fácil instalación para reforzar la enseñanza en módulos como “Historias de vida” cuyo propósito es comprender las historias de vida y su aplicación en el diagnóstico de las condiciones que afectan a la productividad de una población (UAM-X, 2019).

Introducción

La historia de vida de cualquier organismo esta genéticamente programada y ambientalmente limitada, y se define por las características de cada etapa de desarrollo por la expresión fenotípica manifestada como características fisiológicas, anatómicas, metabólicas y conductuales. Conocer las historias de vida de los organismos a través de un diseño experimental es importante, ya que permite estudiar las condiciones

involucradas en ellas de manera controlada y a su vez tener un diagnóstico de las condiciones que afectan la viabilidad de una población (Bernis *et al.* 2016).

Uno de los objetivos principales de la carrera de Biología de la UAM Xochimilco es fomentar la construcción del aprendizaje por el alumno, y que este adquiera capacidades para la resolución de problemas sociales y de importancia actual, por este factor, es importante que en la investigación educativa se optimicen y reduzcan los costos de los diseños experimentales. Una forma de hacerlo es utilizando organismos que utilicen poco espacio, tiempo y alimento. El uso de peces de ornato es una alternativa viable para que se optimicen estas prácticas ya que, pues son organismos pequeños, y por lo tanto al ser objetos experimentales reducen la necesidad de espacio y requerimientos, es decir su crecimiento y reproducción son más económicos y los procesos más prácticos (Ramírez *et al.* 2010). Estas ventajas en el uso de estos organismos permitirán realizar diseños experimentales que ayuden al alumno a desarrollar estrategias y métodos para la elaboración de un diseño experimental con todas las consideraciones pertinentes. Además de que durante el proceso de diseños experimentales es importante considerar las características de cada estudio y relacionarlo a la etapa de la historia debida del organismo.

La importancia de este servicio social está enfocada a la elaboración de diseños experimentales en relación con los contenidos académicos del módulo Historias de vida de la carrera de Biología de la UAM Xochimilco.

Antecedentes

La Licenciatura en Biología de la UAM-Xochimilco se diseñó con un enfoque para que los egresados cuenten con la capacidad de responder a las prácticas de la profesión la cual se generaliza en el manejo de los recursos naturales renovables. El objetivo general del Plan es formar profesionales creativos y críticos capaces de realizar actividades científicas para desarrollar y evaluar, con una perspectiva multidisciplinaria, estrategias de manejo de los recursos naturales bióticos con base en metodologías propias de las ciencias biológicas” (UAM-X, s.f.).

Este plan de estudios incluye el apartado del módulo Historias de vida, en el cual se centra este servicio social, el objetivo de este módulo es comprender las historias de vida de los seres vivos y su aplicación en el diagnóstico de las condiciones que afectan a la productividad de una población (UAM-X, s.f.).

El Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la UAM-Xochimilco (LSA-UAMX) contribuye es esta formación, ya que desarrolla diferentes investigaciones que aportan conocimiento científico al área de acuicultura ornamental, la cual es una actividad económica y social, que buscar mantener una gran variedad de especies para su comercialización y evitar la saturación del mercado con las mismas especies (Martínez et al., 2013). Además, diferentes trabajos de investigación realizados en este laboratorio se ajustan como modelos de investigación modular en beneficio de la producción de peces de ornato.

Ubicación geográfica

Las actividades de servicio social se realizaron en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco ubicada en calzada del Hueso 1100, Coapa, colonia Villa Quietud, Coyoacán, CP. 04960, CDMX, en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas del Departamento del Hombre y su Ambiente, en modalidad a distancia a partir de información generada con anterioridad.

Objetivo general

Elaborar material didáctico de apoyo para la realización de experimentos que fortalezcan la enseñanza en el módulo “Historias de vida”, de la carrera de Biología de la UAM Xochimilco, aprovechando las ventajas del *Melanotaenia boesemani* utilizado en el acuarismo.

Fundamento de las actividades

El sistema modular en la UAM Xochimilco utiliza como herramienta formativa esencial la investigación. La afinidad entre las líneas de investigación del docente y los módulos en los que participa permite que los alumnos se apropien de los métodos que utilizan las ciencias, para aproximarse a las interpretaciones de la realidad que subyacen a las leyes científicas. La realización de proyectos de investigación como estrategia de aprendizaje, constituye una orientación congruente con el desarrollo del pensamiento crítico. Propicia la exploración colectiva del conocimiento y enfrenta a trabajos, preguntas y problemas con soluciones conocidas o verificables (UAM-X, s.f.).

La propuesta de este servicio social estuvo direccionada a fortalecer la formación de biólogos en la UAM-Xochimilco, los cuales deberán de articular entre sí la aplicación de experimentos en cada módulo y que permite la formación teórica, epistemológica, científica, profesional (técnico-metodológica) y critico-social. (UAM-X, s.f.)

En el desarrollo y la práctica de cada una de estas dimensiones es necesario desarrollar alternativas de solución a problemas reales a partir de un enfoque científico y de importancia social en este caso el estudio de organismos (pez de ornato), fundamentalmente a través de la ecología, que se desarrollarán utilizando una amplia gama de métodos que permitirán diagnosticar y enfocar el problema estableciendo bases éticas para su correcta valoración considerando siempre las necesidades humanas (UAM-X, 2019).

M. boesemani es una especie alternativa a las que se encuentran en el mercado comúnmente, y de la cual se tiene poca información, por lo tanto, conocer sus características de crecimiento y supervivencia es importante para tener una buena producción tanto en laboratorios de investigación como en granjas y es una especie con alto valor comercial en comparación con las especies ornamentales más comunes. (Ramírez, 2010).

El desarrollo de estos diseños experimentales no solo aporta conocimiento científico al área de la ecología, sino que también permiten la aplicación de las diferentes dimensiones que debe tener el perfil del biólogo de la UAM Xochimilco y que contribuye a su formación profesional mediante la resolución de problemas con impacto social cumpliéndose el objetivo de este servicio social (UAM-X, 2019).

Es por ello por lo que se realizó la propuesta de un marco general con las características de condición y alimentación del *M. boesemani* a partir de trabajos previamente realizados en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la UAM-Xochimilco para su mejor aprovechamiento y reproducción en laboratorio, además de realizar un manual genérico de diseños experimentales basados en los contenidos académicos del módulo Historias de vida.

Cronograma de actividades y fecha de realización.

- Se recopilaron las bases de datos y metodologías y se elaboró el protocolo. Julio - agosto 2020
- Se realizó un análisis de los contenidos sintéticos del módulo Historias de vida y se eligieron los objetivos específicos aplicables a las metodologías previamente seleccionadas. Septiembre - octubre 2020
- Se realizó la estructura del manual utilizando 3 bases de datos y metodologías de *Melanotaenia boesemani* previamente realizada en el LSA- UAMX
- Se realizó un apartado genérico para cada metodología. Noviembre 2020 - mayo 2021
- Se realizó la estructura del reporte de término de Servicio social Mayo – junio 2021

Impacto de las actividades

La realización de este servicio social es importante porque brinda una herramienta a los estudiantes de la licenciatura de Biología de la UAM Xochimilco que en cada módulo buscan fortalecer el perfil de investigador. El manual realizado es un apoyo para que los estudiantes aprendan y desarrollen las características y habilidades que brinda el sistema modular. Además de que proporciona información básica y necesaria para el desarrollo de diseños experimentales en área de ciencias biológicas, de forma ordenada y concisa, que son elementos claves para la formación y el perfil de los biólogos de esta institución.

Aprendizajes y habilidades obtenidas

Los principales aprendizajes y habilidades desarrollados durante este servicio social fue la localización, análisis y recopilación de bases de datos. Se fortaleció la búsqueda de información científica para verificar y comparar los datos obtenidos de cada experimento. Otro aprendizaje desarrollado fue la realización de análisis de contenidos sintéticos de módulos académicos de la carrera relacionados a los trabajos experimentales previamente realizados. Durante el desarrollo del manual se aprendió a elaborar material didáctico a partir de resultados de investigación y la descripción de diseños metodológicos con enfoque didáctico. Se fortaleció la escritura, redacción y estructura de textos científicos. Y un aprendizaje importante es que se establecieron, estructuraron y verificaron las bases del diseño de experimentos en ciencias biológicas.

Fundamento de las actividades del servicio Social

El principal objetivo de la realización del servicio social es el desarrollo de actividades por alumnos en beneficio de la sociedad. Esto se logró por la elaboración de material didáctico con un enfoque de diseño de experimentos que permite a los alumnos de la carrera de Biología de la UAM Xochimilco tener alternativas de trabajos modulares para su formación, específicamente en el módulo de historias de vida.

Referencias

Bernis, C., Varea, C., Terán J.M. (2016). *Ciclo vital, transformación ambiental y las estrategias de la Historia de vida*. Antropo.

Martínez-Espinosa, D., Sánchez-Robles, J., Matus-Parada, J., & Binqüist-Cervantes, G. (2013). Análisis de los factores que condicionan la idoneidad de la estructura productiva de las granjas acuícolas de peces de ornato del estado de Morelos. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.

Ramírez- Martínez C, Mendoza R, Aguilera G, 2010, “Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato en México. Instituto Nacional de Pesca, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ramírez, M., Mendoza, A. y Aguilera, G., (2010). *Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato de agua dulce en México*. Instituto Nacional de Pesca y Universidad Autónoma de Nuevo León.

Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, UAM-X (2019), [Programa Biología] recuperado de http://www2.xoc.uam.mx/ofertaeducativa/divisiones/cbs/licenciaturasposgrados/pplic/biologia/plan/programa_biologia_2019.pdf.

Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, UAM-X (s.f.), [Perfil de egreso] recuperado de <http://www2.xoc.uam.mx/oferta-educativa/divisiones/cbs/licenciaturas-posgrados/pplic/biologia/perfil1/>



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

**Manual para el aprovechamiento de
Melanotaenia boesemani, en el módulo
“Historias de vida” en la carrera de Biología de
la UAM- Xochimilco.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

**Gorgonio Sánchez Lesslye
Katteryn**

Matrícula
2153026836

ASESOR

Dr. Gabriel Ricardo Campos Montes

Contenido

Introducción.....	2
El pez Arcoíris (<i>Melanotaenia boesemani</i>)	5
Trabajo Genérico y Experimental 1.....	8
1.- Crecimiento y viabilidad en etapas tempranas asociado a la alimentación.....	8
1.1. Recomendaciones para la construcción de la introducción.....	11
1.2. Diseño experimental para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas.	12
1.3. Diseño de presentación de resultados y discusión para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas de vida.	21
1.4. Diseño para construcción de las conclusiones	24
Trabajo Experimental: Longitud total y supervivencia de alevines de <i>Melanotaenia boesemani</i> alimentados con tres dietas diferentes de alimento vivo.	25
Trabajo Genérico y Experimental 2.....	34
2. Efecto de la alimentación en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil.....	34
2.1. Diseño metodológico para el estudio del efecto de la alimentación sobre el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil en peces.....	38
Trabajo Experimental 2: Efecto en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil de <i>Melanotaenia boesemani</i> con una dieta de <i>Artemia sp</i> y alimento balanceado.....	44
Trabajo Genérico y Experimental 3.....	53
3. Efecto de la alimentación en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil.....	53
Trabajo Genérico 3: Diseño metodológico del estudio efectos del uso de diferentes tipos de alimento asociado a la eficiencia reproductiva de organismos.	57
Trabajo Experimental 3: Comparación del efecto del uso de dos dietas (alimento vivo tubifex y alimento comercial) en la eficiencia reproductiva de <i>Melanotaenia boesemani</i>.....	61

Introducción.

La historia de vida de cualquier organismo esta genéticamente programada y ambientalmente limitada, y se define por las características de cada etapa de desarrollo por la expresión fenotípica manifestada como características fisiológicas, anatómicas, metabólicas y conductuales. Conocer las historias de vida de los organismos a través de un diseño experimental es importante, ya que permite estudiar las condiciones involucradas en ellas de manera controlada y a su vez tener un diagnóstico de las condiciones que afectan la viabilidad de una población (Bernis *et al.*, 2016)

Es importante que en la investigación educativa se optimicen y reduzcan los costos de los diseños experimentales. Una forma de hacerlo es utilizando organismos que utilicen poco espacio, tiempo y alimento. El uso de peces de ornato es una alternativa de organismos que optimizan estas practicas ya que, generalmente son organismos pequeños, y por lo tanto al ser objetos experimentales reducen la necesidad de espacio y requerimientos, es decir su crecimiento y reproducción son más económicos y los procesos más prácticos (Ramírez *et al.*, 2010)

En cada etapa del ciclo de vida de cualquier organismo, los requerimientos físicos y nutricionales son diferentes, y éstos deben cubrirse correctamente para mejorar el crecimiento y la supervivencia. En los primeros estadios de vida es importante considerar factores como la calidad y disponibilidad del alimento; por ejemplo, los mamíferos se alimentan por aporte sanguíneo de las hembras y al nacer las crías son amamantadas, en aves el huevo está cargado de nutrientes necesarios para su desarrollo y al nacer son alimentados por la madre llevándoles el alimento que pueden consumir hasta el nido, por otro lado en peces el saco vitelino aporta los nutrientes y oxígeno necesarios para el desarrollo embrionario, y al nacer la principal fuente de alimento es el fitoplancton y zooplancton (Marasssi, 2014).

La alimentación de los peces es un factor muy importante para el correcto desarrollo, crecimiento y supervivencia. El alimento vivo es esencial durante su desarrollo y crecimiento ya que estimula el apetito, mejora su nutrición, debido a la buena calidad de sus nutrientes.

El plancton constituye un renglón básico en el crecimiento de los peces, la presencia del fitoplancton y zooplancton en el agua determina la calidad de la misma y establece una relación directa para el buen desarrollo de los organismos (Landines, 2007).

En la acuicultura, es común que se utilicen estrategias de alimentación combinando alimento vivo y alimento balanceado. El uso de estos alimentos es importante para cubrir los requerimientos nutricionales y asegurar el crecimiento de los organismos. Las ventajas que se obtienen al utilizar alimento vivo son diversas: rápido crecimiento, asimilación directa, alto valor nutricional, la posibilidad de enriquecimiento con complementos, mayor tolerancia a enfermedades, entre otros. Aunque la tendencia general de la producción masiva es hacia la formulación y elaboración de alimentos balanceados, el alimento vivo sigue siendo indispensable, al menos en las fases críticas (larvas y juveniles) del desarrollo de las especies de interés comercial (Luna- Figueroa y Arce-Urbe, 2007).

La importancia del uso de diferentes tipos de alimento es conocer su eficiencia en el crecimiento y supervivencia a lo largo de la historia de vida de los organismos, es por ello que, es importante conocer los diferentes tipos de alimento vivo y alimento balanceado para establecer las condiciones que permitan obtener un alimento de alto contenido nutricional principalmente ricos en aminoácidos y ácidos grasos esenciales entre otros nutrientes, que favorezcan el desarrollo y supervivencia de los organismos en las diferentes etapas (Martínez- Espinoza *et al.*, 2013).

Es posible diseñar estrategias alimentarias que beneficien el crecimiento, reproducción, coloración y supervivencia. Tal como lo es el caso del uso adecuado del alimento en los peces son los procesos de reproducción, donde se requiere un gran gasto energético, por lo tanto el alimento proporcionado en esta etapa es indispensable para no solo tener una buena reproducción sino una mejor supervivencia de las crías y una buena salud de los reproductores (Ramírez *et al.*, 2010).

Una especie alternativa para la realización de estos diseños experimentales es el pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*) ya que es una especie con características fisiológicas que permiten y facilitan su aprovechamiento debido a que son peces resistentes al manejo, tienen fecundación externa, sus hábitos alimenticios le permiten adaptarse a diferentes dietas, posee

caracteres sexuales secundarios evidentes (relacionados con la coloración). Es por ello que en este manual estará enfocado a esta especie, sin embargo las técnicas y metodologías podrían ser utilizadas en alguna otra especie de ornato con características semejantes (Rainbowfish, 2020).

El pez Arcoíris (*Melanotaenia boesemani*)

Melanotaenia boesemani es un pez muy apreciado en el acuarismo. Es originario de lago Ayamaru en Indonesia, donde el clima es tropical con dos estaciones monzónicas una estación húmeda y una seca, en este lugar la humedad es elevada con un promedio anual de 80%, y se han registrado que los valores de la temperatura ambiental oscilan entre 26-27° C. En cuanto a las precipitaciones alcanzan de 1.780 a 3.175 mm anuales de promedio, lo que indica la presencia de fuertes lluvias y durante todo el año (Rainbowfish, 2020).

Se ha descrito que para vivir prefieren pequeños arroyos y lagos que tienen una altitud de unos 250 metros sobre el nivel del mar, una profundidad que rara vez supera los 3 metros; agua clara casi estancada excepto cerca de la entrada de ríos y desagües, un fondo fangoso blando cubierto en su mayor parte por vegetación acuática. Los factores físicos del agua en donde se han encontrado la presencia de estos organismos son: pH de 6.4 a 7.8, temperaturas de 26 a 27 ° C, dureza 5 ° dGH y conductividad 145 mS / cm. (Ariztegi, 2020)

Estos peces pertenecen a la clase Actinopterygii (peces con rayas en las aletas), orden Atheriniformes (aleta dorsal separada). Es una especie pacífica que prefiere vivir en cardumen de al menos 6-8 organismos. El *M. boesemani* es de cuerpo alargado y comprimido, de cabeza pequeña, con aleta dorsal grande y dividida en dos y la aleta anal se extiende desde la punta de las aletas pélvicas hasta el pedúnculo caudal, pueden alcanzar tamaños hasta de 12 cm de largo. Son organismos con marcado dimorfismo sexual, los machos se distinguen fácilmente de las hembras por su color más intenso, sus radios de la aleta dorsal más largos y suelen tener un cuerpo ligeramente más grande que las hembras, además los machos presentan coloraciones azules en la parte anterior del cuerpo y amarillas en la mitad posterior. Las hembras presentan en los costados una banda oscura acompañada de una serie de franjas longitudinales estrechas de color amarillo o naranja rojizo, que varían según el entorno y el estado fisiológico del animal, sus colores son menos vistosos y no tan definidos por lo que son menos apreciadas en el acuarismo que los machos (Martínez *et al.*, 2007). Su cuerpo es, en general, más largo y con bordes más redondeados que en los machos, tienen de 10 a 14 radios dorsales y de 17 a 23 radios anales. (Fishbase 2020, Rainbowfish, 2020).

Es cuanto a los hábitos alimenticios *M. boesemani* es un pez omnívoro que en sus primeros 4-5 días se alimentan del saco vitelino y posteriormente comienzan a alimentarse con fitoplancton y zooplancton. En etapas de vida más avanzadas prefieren alimento como crustáceos, daphnia, entre otros y en acuarios se adaptan a las dietas que se les suministre, ya sea alimento vivo: artemia adulta, tubifex, larvas de mosquito, gusanillos y alimento balanceado en escamas (Ariztegi, 2020).

La madurez sexual la alcanzan aproximadamente los 4 meses de edad. Existe un patrón de cortejo en donde el macho intensifica sus colores para atraer a la hembra, ésta responderá al cortejo nadando de forma ondulatoria, después inicia la producción de huevos los cuales serán depositados en un sustrato vegetal como en pastos y arbustos bajos y posteriormente seguirá a la hembra y la irá fertilizando. El desarrollo embrionario de estos organismos dura aproximadamente de 10 -15 días, se han registrado incubaciones de hasta 7 días. El ciclo de vida es de hasta 5 años (Humphrey *et al.*, 2003).



Hembra en edad reproductiva de *M. boesemani*



Macho en edad reproductiva de *M. boesemani*

¿Cómo usar este material?

En los apartados siguientes se presentan los estudios que son ejemplos de la aplicación metodológica de un diseño experimental, en relación con los objetivos del módulo “Historias de vida”, que se proponen utilizar en la carrera de Biología de la UAM Xochimilco.

Cada estudio se realizó en dos secciones, primeramente se presenta un “Trabajo genérico”; que consiste en una serie de recomendaciones de construcción del diseño experimental, en donde vienen especificaciones de cada trabajo realizado y algunas consideraciones pertinentes. El segundo apartado es el “Trabajo experimental” el cual es la realización y aplicación experimental del trabajo ejemplo, que incluye ; metodología, resultados, discusión y conclusiones.

Es importante mencionar que cada trabajo genérico cuenta con apartados en *letra cursiva* lo cual indica que esa sección pertenece a especificaciones importantes del trabajo experimental que se este trabajando. En los siguientes ejemplos se acotarán con número de renglones en superíndice, las partes del trabajo experimental en donde se necesite revisar el diseño metodológico en el trabajo genérico y algunas especificaciones.

Trabajo Genérico y Experimental 1

- 1.- Crecimiento y viabilidad en etapas tempranas asociado a la alimentación.

Trabajo Genérico: Crecimiento y viabilidad en etapas tempranas asociado a la alimentación.

OBJETIVOS ASOCIADOS AL TEMA		
Objetivos particulares	Modular	Identificar las condicionantes que afectan la dinámica de las historias y los ciclos de vida
	Del trabajo	Identificar el efecto de la dieta en la dinámica en el crecimiento de <i>M. boesemani</i> en la etapa de alevinaje.
	Modular	Identificar las características fenotípicas como expresiones del ciclo de vida y su relación con las condiciones del medio.
	Del trabajo	Identificar al crecimiento como expresión del ciclo de vida y su relación con la alimentación.
	Modular	Determinar las características de la fase o fases del ciclo de vida que se pretende controlar fenotípica o genotípicamente.
	Del trabajo	Determinar las características de la fase de alevinaje y su relación con las dietas suministradas.

Cuadro 1. Objetivos del módulo historias de vida y su adaptación al trabajo experimental.

Introducción

La historia de vida es un conjunto de elementos que definen la estrategia que utilizan los organismos para distribuir energía en mantener funciones vitales, crecer y reproducirse en función de las limitaciones energéticas de su ambiente (Walker *et al.*, 2006). Cada etapa de la historia de vida es una característica, definida por su duración, extensión, por la expresión fenotípica, patrones de reproducción que permiten la perpetuación de una especie y por los factores que permiten el correcto desarrollo en cada una de ellas (Jansieska, 2009).

Una etapa importante en la historia de vida de un organismo es la post eclosión o perinatal, en ella se presentan dificultades alrededor de la especificidad del alimento, las altas mortalidades, un mayor requerimiento nutricional, cuidado parental y debilidad del sistema inmunológico (en algunos casos), además de que estará directamente influenciado por la

calidad del desarrollo embrionario, por lo tanto el ambiente debe tener los factores necesarios para que el crecimiento y la supervivencia se garantice (Bernis, 2016).

Un factor importante, es el alimento que consume el organismo, éste debe tener la carga de nutrientes adecuada para su correcto funcionamiento, ya que si no existe una correcta alimentación puede haber desnutrición, muerte, o enfermedad en el organismo (Martínez *et al.*, 2010). Es por ello la importancia del estudio de esta etapa, y de los factores que se deben considerar cuando se busca el correcto crecimiento y supervivencia de cualquier organismo.

1.1. Recomendaciones para la construcción de la introducción.

La introducción de un texto científico debe de tocar primeramente los aspectos generales, hasta llegar a los más particulares. Esta parte del texto permite dar un contexto general del tema que se va a abordar, además de un bosquejo general de los diversos aspectos que componen el trabajo. Se trata, en última instancia, de hacer un planteamiento claro y ordenado del tema de la investigación, de su importancia de sus implicaciones, así como de la manera en que se ha creído conveniente abordar el estudio de sus diferentes elementos. Es importante que en este apartado se realicen las limitaciones correspondientes de los temas, para saber qué tan general o específico será el trabajo (Sierra, 1996).

Preguntas que debe responder una introducción (Respuestas para el estudio de ejemplo)

a) ¿Cuál es el tema de interés?

Conocer el efecto de la dieta en el largo total y la supervivencia en alevines de M. boesemani.

b) ¿Cuáles son las características generales del tema?

Las diferencias entre el uso como alimento vivo de Brachionus plicatilis (rotíferos), Panagrellus redivivus (panagrellus) en el largo total y la supervivencia en alevines de M. boesemani en condiciones de laboratorio.

c) ¿Por qué es relevante el trabajo?

Porque la etapa de vida más frágil es el alevinaje, y la alimentación es clave para permitir la supervivencia de los organismos.

d) ¿Qué aspectos se van a abordar?

Características de la acuicultura ornamental, alimentación en el alevinaje, el pez M. boesemani y conductas alimentarias, uso de Panagrellus y rotíferos.

e) ¿Cuál es el objetivo general?

Comparar el efecto de dietas con B. plicatilis, P. redivivus y la mezcla de estos, en la longitud total y supervivencia de alevines del pez Arcoíris (M. boesemani).

29 **1.2. Diseño experimental para evaluar el efecto del alimento en el**
30 **tamaño y supervivencia en etapas tempranas.**

31
32 **METODOLOGÍA**

33 Para realizar un experimento que mida el crecimiento y la supervivencia en relación con la
34 dieta en etapas tempranas, es importante considerar los siguientes puntos:

35
36 **1.2.1. Especificar las características de las unidades experimentales**

37 La unidad experimental es la entidad física expuesta al tratamiento y corresponde a la
38 división más pequeña del material experimental que podría recibir tratamientos diferentes
39 (Kuehl, 2001; Badii *et al.*, 2007).

- 40
41 *a) Para la evaluación del tamaño se tomará como unidad experimental el organismo.*
42 *b) Para la evaluación de la supervivencia, se tomará como unidad experimental los*
43 *acuarios que reciben un nivel del tratamiento.*

44
45 Es importante investigar el origen de las unidades experimentales, debido a que es necesario
46 conocer los antecedentes, procesos, técnicas o intervenciones previas que podrían
47 interponerse en el estudio, también esto permite descartar los posibles factores que interfieran
48 en el experimento, o intervengan en la obtención de los resultados (Ron- Shelemyahu, 2000).

49
50 Una vez que se han identificado las unidades experimentales del estudio, se debe establecer
51 el tamaño de la muestra, esto se refiere a obtener una proporción de elementos de un
52 conjunto, a través de métodos que permitirán considerarlo como representativa de él. Es
53 decir, que las conclusiones que se produzcan en esta muestra puedan aportar información útil
54 del conjunto total de elementos (Méndez *et al.*, 2004). Esto se realiza para estimar un
55 parámetro determinado con el grado de confianza deseado, lo cual permite detectar una
56 determinada diferencia entre los grupos de estudio, el tamaño de muestra permite a los
57 investigadores saber la cantidad de individuos necesarios en el experimento que representen
58 y permitan obtener los resultados más reales y fidedignos (Montgomery, 2004).

1.2.2. Establecer adecuadamente los tratamientos (Tx)

59

60
61 Los tratamientos son procedimientos que se aplican a las unidades experimentales, es una de
62 las formas en que el factor a estudiar durante el experimento se torna en cantidad y calidad.
63 Es importante, en medida de lo posible, tener un tratamiento control, ya que servirá como
64 punto de referencia. Se debe establecer el tratamiento de tal forma que al suministrarse arroje
65 diferencias al menos teóricas y que permita observar las ventajas y/o desventajas evidentes
66 de cada uno de los tratamientos (Kuehl, 2001).

67

68 a) Definir las características de las dietas: Dentro de las principales características que se
69 deben considerar para establecer las dietas son que, el alimento induzca estímulos
70 visuales, químicos y conductuales, que los elementos que constituyen al alimento
71 utilizado contribuyan a la digestión cuando son consumidos y que el valor nutricional sea
72 acorde al requerimiento nutricional de los organismos que se les suministrará (Torres *et*
73 *al.*, 2020).

74

75 b) Determinar las réplicas a utilizar en el experimento: Es la asignación de más de una
76 unidad experimental al mismo tratamiento. Esto es importante porque se obtiene una
77 mejor estimación del error experimental, que es la unidad de medición básica para
78 determinar si las diferencias observadas son en realidad estadísticamente diferentes, es
79 decir, se aumenta la precisión de las estimaciones del efecto (Montgomery 2004).

80

81 *En la realización de réplicas es importante considerar el efecto de tratamiento; por ejemplo,*
82 *en la acuicultura; el estanque (o acuario) en donde se realiza el tratamiento está expuesto a*
83 *diferentes factores externos no controlados, como el clima, enfermedades, interacciones*
84 *sociales, entre otras cosas, debido a estos fenómenos, se deben tener réplicas suficientes*
85 *para disminuir el error en la mayor medida de lo posible.*

86 **1.2.3. La validez interna**

87

88 Se trata de controlar aquellas condiciones externas a las unidades experimentales, que pueden
89 ocasionar variación indeseable en los resultados del experimento. Eliminar el efecto de las
90 variables extrínsecas de la investigación, asegura que los resultados obtenidos serán
91 ocasionados únicamente por la variable independiente (Sierra, 1996). Para fortalecerla es
92 importante considerar los siguientes aspectos:

93

94 a) El número de organismos por réplica-tratamiento deberá ser suficiente, homogéneo
95 de edad y especie, distribuidos de manera aleatoria y que la densidad poblacional sea
96 la adecuada para disminuir efecto por interacciones sociales o en acuicultura por
97 efectos de la calidad del agua.

98 b) La preparación del lugar de realización debe asegurar el bienestar de la especie y
99 garantizar el desarrollo adecuado del experimento.

100 c) Establecer la cantidad de alimento a suministrar (por peso, volumen, talla etc.) y el
101 número de veces a alimentar y horarios por día.

102 d) Definir el tiempo del tratamiento y los ajustes necesarios en relación con el
103 crecimiento y la supervivencia (Sierra, 1996 y Montgomery, 2004).

104

105 *Para poder realizar un ajuste en el alimento de debe verificar el número de organismos*
106 *totales que se tienen hasta ese momento, debido a que mientras se desarrolla el experimento*
107 *hay muertes de los organismos, esto hace que el número inicial de individuos sea modificado.*

108 *Al hacer un ajuste para la alimentación por el crecimiento (los organismos requieren más*
109 *alimento) los dos factores principales a considerar al realizar este ajuste es el tamaño*
110 *(cuanto come) y la supervivencia (cuantos son) de esta forma no se estará dando ni más ni*
111 *menos alimento del que corresponde por organismo.*

112

113 **1.2.4. Validez externa**

114

115 Se refiere a la extensión y forma en que los resultados de un experimento pueden ser
116 generalizados a diferentes sujetos, poblaciones, lugares, e investigadores. La validez externa

117 hace alusión a que tan generalizables son los resultados, del experimento a situaciones no
118 experimentales, a situaciones como tipo de personas, grupos, contextos. Es establecer
119 relaciones generales, referente al grado con que pueden generalizarse los resultados de un
120 experimento (Badii *et al.*, 2007).

121

122 La validez externa de un estudio está limitada por los efectos del ambiente de la investigación,
123 en un estudio los organismos tienden a reaccionar al ambiente y responden de forma diferente
124 cuando están siendo estudiados que cuando se encuentran en condiciones normales (Badii *et*
125 *al.*, 2007).

126

127 *Un ejemplo de un experimento que carecería de validez externa es el siguiente: En 9 acuarios*
128 *de 20 L se distribuyen 180 alevines de tilapias por acuario, con un peso promedio de 2 g. El*
129 *objetivo es evaluar el crecimiento y supervivencia en relación a 3 dietas diferentes (3*
130 *réplicas por dieta) por 30 días, en los resultados y conclusiones se observa que el tamaño de*
131 *los organismos está influenciado por el tamaño de los acuarios, debido al rápido crecimiento*
132 *de esta especie, es decir, durante el experimento el aumento de la densidad en los acuarios*
133 *restringe el crecimiento de los organismos, es por ello que la validez externa se compromete*
134 *cuando al observar los resultados y compararlos con otros estudios, no es posible hacer tal*
135 *comparación o extrapolación ya que los resultados obtenidos no lo permite debido a las*
136 *condiciones de crecimiento de los organismos.*

137

138

139 **1.2.5. Diseño estadístico**

140

141 Dado que nuestras descripciones del mundo son casi siempre incompletas y nuestras medidas
142 incorporan incertidumbre e imprecisión, necesitamos métodos que nos permitan evaluar el
143 grado de concordancia entre las ideas confrontadas y las observaciones: la estadística
144 (Hilborn y Mangel, 1997). La estadística trata de verificar la validez probabilística de los
145 acontecimientos para relacionarlos y la validez permite presentar el estudio con la menor
146 cantidad de errores, que sea exacto y preciso. La validez estadística permite buscar el método
147 más adecuado para analizar los resultados de un estudio, no solo analizarlos sino

148 interpretarlos y evaluar el grado de concordancia, efecto, interacción de las variables sobre
149 la unidad experimental (Orlandoni, 2010).

150

151 Para realizar el diseño y análisis estadístico, se recomienda seguir los siguientes pasos:

152

153 a) Definir las variables y la escala de medición de cada una.

154

155 La medición de las variables se define como la asignación de números a objetos y eventos,
156 de acuerdo con ciertas reglas, la manera en cómo se asignan ese número determina el tipo de
157 escala de medición lo cual permite que existan diferentes tipos de escalas (Orlandoni, 2010).

158

TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	PROPIEDAD EN SISTEMA NUMÉRICO	FORMA DE ANALIZARLO
Numérica	Intervalo	Distancia cero relativo.	Media Varianza
	Razón	Cero absoluto	Coefficiente de variación
	Absoluta	No acepta fracciones.	Conteo
Categórica	Nominal	Contar	Frecuencias Moda
	Ordinal	Ordenar	Mediana Rango

159

Cuadro 2. Basada en Stevens 1957, elaborada por Orlandoni, 2010

160

161

162 b) Definir las variables dependientes e independientes.

163

164 Una variable estadística es una característica que posee una dinámica de fluctuación y adopta
165 diferentes valores medibles u observables y que pueden interactuar con otras variables. Es
166 una condición susceptible para modificarse o de variar en cuanto a cantidad y calidad
167 (Montgomery ,2004). De entre los tipos de variables que existen se explicarán las variables
168 dependientes, e independiente.

169

- 170 • Dependiente: Mide el resultado de un estudio, esta variable depende de otra variable
171 que la explica.

- 172 • Independiente: Variable que explica o causa los resultados observados, esta explica
173 los cambios observados en la variable de respuesta.

174

175 *Por ejemplo, en el estudio de la longitud total y supervivencia de alevines de M. boesemani,*
176 *alimentados con dos dietas diferentes de alimento vivo, se identifican las siguientes variables*
177 *y el estudio supone que el largo total de los organismos está definido por la dieta.*

178

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Largo total	Numérica	Razon
Supervivencia	Numérica	Intervalo
Dieta	Catagórica	Ordinal

179

180

Cuadro 3. Variables y escala de medición del estudio

181

182

183 c) Forma de analizar los resultados

184

185 El análisis de la información generalmente se realizará buscando explicar la variación de la
186 variable dependiente en función de la variable independiente (Tratamiento). En muchas
187 ocasiones nuestros estudios tienen otras variables independientes que no necesariamente son
188 del interés de la investigación (“Otras variables”), pero si pueden influir en la dinámica de la
189 variable dependiente. De forma simplificado se puede definir como:

190

$$191 \text{ Variable dependiente} = \text{Tratamiento} + \text{Otra variable} + \text{Residuo}$$

192

193 Donde “Residuo” corresponde a efectos desconocidos o que no fueron evaluados ya sea
194 porque sabemos que su efecto es despreciable o bien sale de las posibilidades del
195 investigador. Si nosotros no consideramos el efecto de la “otra variable” una parte de esta
196 fuente de variación se sumará al Tratamiento y otra al Residuo, esto ocurrirá de manera
197 aleatoria. Lo que se busca en el experimento es reducir el tamaño del Residuo y tener la mejor
198 estimación posible del efecto del Tratamiento.

199 Por ejemplo, el interés de una investigación puede ser el efecto que diferentes dietas sobre la
200 longitud de alevines de *M. boesemani*, sin embargo, el efecto de lo que ocurre en el acuario
201 (réplica) puede alterar este resultado, debido a las diferencias atribuibles a la densidad
202 poblacional, parámetros del agua que son diferentes para cada acuario o interacciones
203 sociales. Lo que quedaría explicado, de forma simplificada como:

204

205
$$\text{Longitud total} = \text{Dieta} + \text{Acuario} + \text{Residuo}$$

206

207 Por lo que, si omitimos el efecto del acuario, las medias de longitud total de los alevines de
208 cada dieta estarán alteradas y su comparación no será confiable.

209

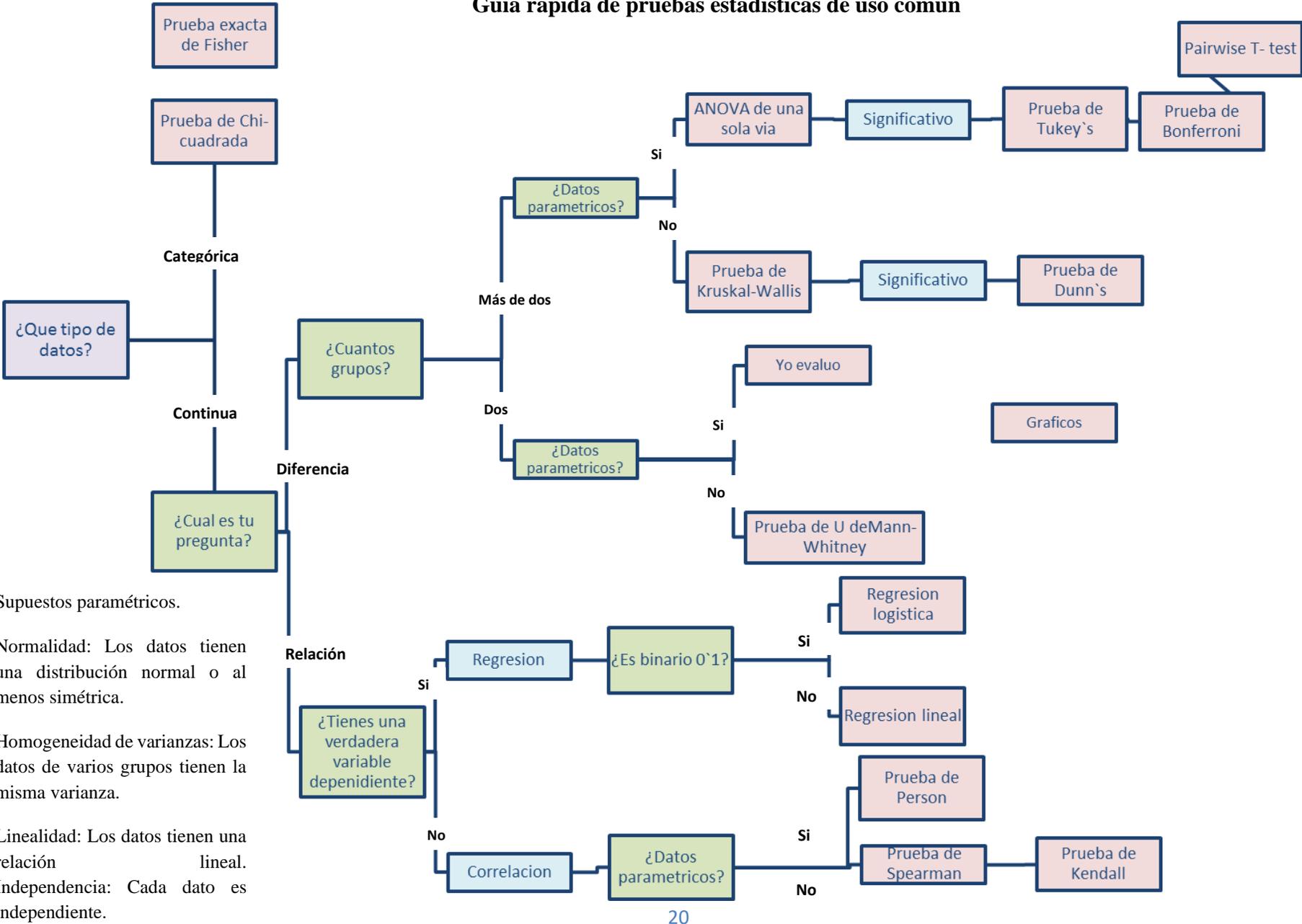
210 La “otra variable” puede tener diferentes formas, lo que definirá la manera en que debe de
211 ser considerada en el modelo para el análisis estadístico, en el cuadro 3 se presentan algunos
212 tipos de variables independientes que pueden influir en el tratamiento.

213 El siguiente cuadro describe las posibles variantes del análisis de varianza con más de un
 214 solo camino de clasificación.
 215

Cuadro 4. Posibles variantes del análisis de varianza con más de un solo camino de clasificación.	
Modelo	Además del tratamiento de interés existe...
Bloque al azar	Una variable discreta cuyos niveles están presentes en todos los niveles del tratamiento. Tiene pocos niveles y estos son conocidos. Es posible repetir la media de cada nivel al repetir el experimento.
Anidado (o jerárquico)	Una variable discreta pero cuyos niveles no están presentes en todos los niveles del tratamiento. Tiene pocos niveles y estos son conocidos, pero la media de cada uno de ellos carece de relevancia dentro del estudio.
Covariable	Una variable continua.
Mixto	Una variable discreta cuyos niveles solo son una muestra de todos los niveles posibles y la media de cada uno de ellos carece de interpretación, por lo que solo importa el porcentaje de la varianza de la variable independiente explicada por ellos.
<p>Para conocer más se recomienda: Kuehl R. O., (2001). <i>Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones</i>. Segunda edición. International Thomson Editores, S.A. de C.V., México, CDMX.</p>	

216
 217 *Para el análisis del porcentaje de supervivencia se propone utilizar un análisis de varianza*
 218 *de un solo camino de clasificación, dado que el único efecto que fue medido con causa de la*
 219 *variabilidad del porcentaje de supervivencia fue la dieta (Montgomery 2004).*
 220 *En el caso del estudio 1 para el largo patrón, se utilizó un análisis de varianza anidado, el*
 221 *cual considera un efecto de bloque, representado por el acuario, que no puede ser*
 222 *considerado como independiente del tratamiento (dieta) dado que no se repite en todas las*
 223 *dietas. Se integra el modelo como un efecto anidado para remover la variabilidad*
 224 *correspondiente a este efecto de la variabilidad de cada tratamiento. No tiene sentido*
 225 *discutir sobre el efecto de acuario en este estudio, dado que es un efecto que no es posible*
 226 *reproducir (Montgomery 2004).*

Guía rápida de pruebas estadísticas de uso común



Supuestos paramétricos.

Normalidad: Los datos tienen una distribución normal o al menos simétrica.

Homogeneidad de varianzas: Los datos de varios grupos tienen la misma varianza.

Linealidad: Los datos tienen una relación lineal.

Independencia: Cada dato es independiente.

229 **1.3. Diseño de presentación de resultados y discusión para evaluar el**
230 **efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas**
231 **tempranas de vida.**

232
233 **1.3.1. Resultados**
234

235 En los resultados se muestra objetivamente lo que ha ocurrido en el estudio con base en los
236 objetivos, planteamiento de supuestos e hipótesis. Es una presentación gráfica y descriptiva
237 de los resultados, donde se evidencian las diferencias entre grupos de estudio, cuando sea el
238 caso, y la significación estadística. Es una aproximación a la descripción, comprensión y
239 explicación de los hallazgos derivados del estudio (Hall, 2008). Se recomienda, una vez que
240 se obtengan los resultados de los análisis estadísticos, las siguientes actividades.

- 241
- 242 a) Organizar los resultados. Primero los descriptivos, por variable del estudio; luego los
243 resultados relativos a la confiabilidad y la validez; posteriormente los inferenciales,
244 que se pueden ordenar por hipótesis o de acuerdo con su desarrollo.
 - 245 b) Cotejar la congruencia de los diferentes resultados, y en caso de inconsistencia lógica
246 volverlos a revisar.
 - 247 c) Evitar la combinación de cuadros, diagramas o gráficas que repitan datos. De forma
248 general, los gráficos servirán para presentar fluctuaciones, dinámica o
249 comportamiento de los resultados y los cuadros servirán para comparar los resultados
250 de dos o más variables.
 - 251 d) Priorizar la información más valiosa (que es en gran parte resultado de la actividad
252 anterior), sobre todo si se van a producir reportes ejecutivos y otros más extensos.
253 (Hernández *et al.*, 2014).

254 En general, para la presentación de los resultados es importante considerar los siguientes
255 criterios:

256

257 a) Comentar o describir brevemente la esencia de los análisis, valores, cuadros,
258 diagramas, gráficas.

259 b) Que la presentación de la estadística descriptiva es importante, ya que permite
260 conocer la estructura de la información utilizada

261 c) La interpretación de los resultados debe ser acorde a la metodología de análisis, con
262 el fin de evaluar si los hallazgos del estudio confirman o no las hipótesis planteadas
263 o que generan debates con la teoría ya existente (Bernal, 2006).

264 d) Los cuadros y gráficas que se presenten deben ser tituladas y presentados claramente,
265 de forma tal que se puedan entender sin necesidad de recurrir a la lectura del texto.

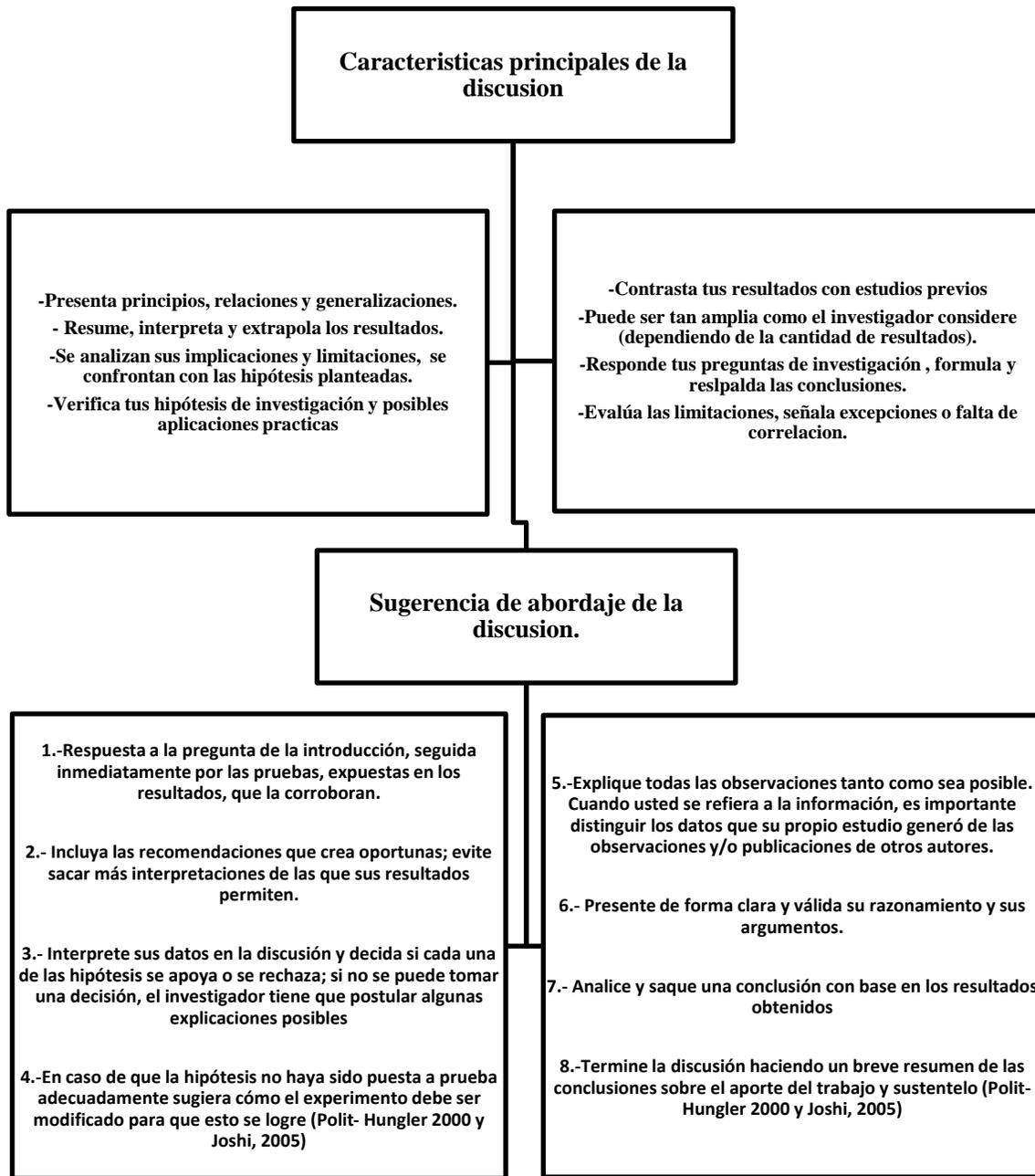
266

267

268 **1.3.1. Discusión**

269

270 Bryant (1998) la define como el “Estado general de interpretación de los datos a la luz de la
271 totalidad de la evidencia disponible, incluidas las fuentes de sesgo e imprecisión (validez
272 interna) y la discusión de la validez externa, incluyendo las medidas cuantitativas cuando sea
273 posible”. Es aquella en la que relacionas los resultados de la investigación con la teoría o
274 con otras perspectivas de autores que previamente han realizado un estudio parecido o
275 semejante, y comparas el estado de la cuestión y tu propia investigación. Es argumentativa
276 ya que requiere una toma de posición ante los datos y un ejercicio de pensamiento crítico
277 para valorar justificadamente los aportes (Universidad de Chile s.f.).



1.4. Diseño para construcción de las conclusiones

279

280

281 Consiste principalmente en sintetizar brevemente los puntos más relevantes e importantes
282 del experimento, aportando los conocimientos explorados a lo largo de la investigación. Se
283 debe considerar que en este apartado se debe cuidar no ser redundantes ni repetitivos y no
284 anexar información que no se haya mencionado en la investigación (Bernal, 2006). En este
285 apartado es fundamental que la conclusión se encuentre relacionada totalmente con el
286 objetivo del estudio, respondiendo de la mejor manera posible a la pregunta de investigación.

Trabajo Experimental 1: Longitud total y supervivencia de alevines de *Melanotaenia boesemani* alimentados con tres dietas diferentes de alimento vivo¹.

Introducción

La acuicultura ornamental es una actividad importante debido al impacto económico y social de las regiones donde se realiza ⁽²³⁻²⁵⁾. Uno de los problemas de esta actividad es la falta de diversidad en la oferta, lo que repercute en los precios en granja, por lo que incrementar la variedad de especies para su comercialización se vuelve una alternativa para mitigar esta situación. Los productores de dichas granjas deben conocer alternativas que les permitan producir organismos que crezcan rápido y con altas supervivencias (Ramírez *et al.*, 2010).

La búsqueda de nuevas dietas alimentarias permitirá que los productores de las granjas acuícolas conozcan nuevas opciones de alimentación, técnicas y alternativas de manejo que mejoren la producción, y les permita tener mejor supervivencia y crecimiento en la etapa de alevinaje ^(13-15,23-25).

El *Melanotaenia boesemani* es una especie con poca oferta y buena demanda en México, por lo que conocer sobre su crecimiento y requerimientos nutricionales sería importante para lograr una producción óptima y así mejorar los ingresos de las unidades de producción. Uno de los factores que se deben considerar de manera prioritaria es el alimento que se va a suministrar en cada etapa. El manejo de la dieta en el alevinaje es fundamental, dado que es una de las etapas en donde los organismos tienen una alta especificidad alimentaria y un mayor requerimiento nutricional para obtener un crecimiento adecuado con la menor mortalidad posible (Luna- Figueroa y Arce-Urbe, 2007)²⁰⁻²².

En los primeros días posteriores a la eclosión, (4-5 días) *M. boesemani* ⁽²³⁻²⁵⁾ se alimentan del saco vitelino y posteriormente comienzan a alimentarse con fitoplancton y zooplancton. (Rainbowfish, 2020), por lo que en un sistema de producción comercial debemos de

¹ Gorgonio SLK, García CLE, Ortiz ANJ, Torres OCA, Bracho GJI, Martínez EDA, Campos MGR. “Comparación de longitud total y supervivencia de alevines de *Melanotaenia boesemani* alimentados con *brachionus plicatilis* y *panagrellus redivivus*” LIII Reunión Nacional De Investigación Pecuaria, Acapulco Gro., México, del 15-17 de noviembre de 2017.

suministrar alimento que tenga las características nutricionales adecuadas, además de ser atractivo y de tamaño adecuado para los alevines.

El manejo adecuado de la dieta en los alevines de *M. boesemani* es fundamental, dada su especificidad alimentaria y requerimientos nutricionales, lo que se reflejaría en un crecimiento adecuado y alta supervivencia (Salazar *et al.*, 2001). Algunas alternativas de alimento vivo son los rotíferos *Brachionus plicatilis* que se distribuyen en toda la columna de agua y el nemátodo *Panagrellus redivivus* ⁽²³⁻²⁵⁾ el cual se mantiene en el fondo, ambos casos cuentan con un buen valor nutritivo y motilidad para estimular su consumo por parte de los alevines (Schlechtriem *et al.*, 2004) ⁽¹⁶⁻¹⁹⁾.

Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo es comparar el efecto de dietas con *B. plicatilis*, *P. redivivus* y la mezcla de estos, en la longitud total y supervivencia de alevines del pez Arcoíris (*M. boesemani*) ⁽²⁶⁻²⁸⁾.

Material y métodos

El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Metropolitana en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la Unidad Xochimilco. Se utilizaron 297 alevines ⁽⁵¹⁻⁵⁵⁾ de entre 7 y 12 días post eclosión de *M. boesemani* con un promedio (desviación estándar) de longitud total de 0.37cm ⁽³⁷⁻³⁹⁾, que provenían de 22 parejas de reproductores alimentados con tubifex y alimento comercial, sin antecedentes reproductivos ⁽⁴⁵⁻⁴⁹⁾. Los organismos se sembraron de forma aleatoria en nueve tinas de 33 cm x 20 cm con una columna de agua de 7.5 cm, a una temperatura de 26° C, cada tina con 33 organismos ⁽⁹⁵⁻⁹⁸⁾. Las tinas contaron con aireación constante y los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron en los rangos de bienestar de la especie ⁽⁹⁹⁻¹⁰⁰⁾. Para el desarrollo del cultivo de *P. redivivus* se utilizó un sustrato de avena y para *B. plicatilis* se utilizó como cultivo de apoyo *Chlorella sp.* Es importante considerar el tiempo de producción del alimento y que cantidades se ocuparán durante todo el tratamiento ⁽⁶⁹⁻⁷⁴⁾.

Se utilizaron 3 dietas para el tratamiento: En una se suministraron 9 individuos de *P. redivivus* por ml de agua (Panagrellus), en la segunda 3 individuos de *B. plicatilis* por ml

(Rotíferos) y en la tercera 4.5 *P. redivivus* y 1.5 *B. plicatilis* por ml (Mezcla) ⁽¹⁰¹⁻¹⁰²⁾. Cada dieta tuvo 3 réplicas (3 tinas por dieta), ⁽⁷⁶⁻⁸⁰⁾ las cantidades de alimento se calcularon de manera volumétrica², se alimentaba una vez al día todos los días. A los 15 días del tratamiento se hizo un ajuste en las dietas incrementando en todos los casos un 60% la cantidad de alimento debido al crecimiento y demanda de alimento de los organismos. A los 21 días de tratamiento se obtuvo la longitud total de los individuos ⁽¹⁰³⁻¹⁰⁴⁾ utilizando un vernier, se midieron y contaron todos los organismos de cada tina, sin excepción para obtener los datos de crecimiento y supervivencia. Los datos de longitud total fueron analizados considerando el efecto de dieta y de tina anidado en dieta ⁽¹⁸⁸⁻²⁰¹⁾. Para determinar las posibles diferencias entre el porcentaje de supervivencia entre las dietas se utilizó un análisis de varianza de un solo camino de clasificación. En caso de detectar diferencia significativa se utilizó una prueba de Tukey con un α de 0.05 ⁽²⁰²⁻²¹⁵⁾.

Resultados y discusión

En el siguiente cuadro se muestran los resultados del estudio, en donde se detectó efecto de la dieta sobre la longitud total ($P < 0.0001$) y la supervivencia ($P < 0.07$). Los organismos alimentados con Rotíferos presentaron los resultados más bajos en ambas variables, en comparación con las dietas que incluían *Panagrellus* ⁽²⁴⁵⁻²⁴⁷⁾.

² Se realiza un conteo de organismos en 1 ml de agua con un estereoscopio (*Panagrellus*, rotíferos o mezcla), dependiendo de la densidad de la mezcla (número de organismos totales en cada ml) se suministran los mililitros correspondientes para cada dieta ya establecidos anteriormente.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de longitud total de *M. boesemani* alimentados con 3 dietas (Panagrellus, Rotíferos, Mezcla) ⁽²⁵⁰⁻²⁵³⁾

	N	Longitud total (cm)	Supervivencia (%)
Panagrellus	69	0.88 ± 0.01 ^a	66 ± 11 ^a
Rotíferos	14	0.70 ± 0.02 ^b	18 ± 11 ^b
Mezcla	43	0.87 ± 0.01 ^a	44 ± 11 ^{a,b}

*Medias mínimas cuadráticas, ee = error estándar. Literales diferentes dentro de columna indican diferencia significativa

Según los resultados de este estudio, en el largo total se observa que los organismos que incluyen Panagrellus crecen más, lo que puede estar relacionado con los valores nutricionales de ambos alimentos. El contenido nutricional de Panagrellus es en promedio 40% es proteína y 20% grasa, el 40% restante corresponde al extracto libre de nitrógeno y a otros micronutrientes (Figuroa *et al.*, 2006), los Rotíferos contienen alrededor de un 39.8% de proteína, un 11.7% es de lípidos y un 8.8% es de ceniza (Meryem *et al.*, 2015).

Según lo reportado, se puede observar que el valor nutricional de los alimento es muy semejante, esto nos lleva a pensar que la diferencia del largo total observada en los organismos se podría deber a la cantidad de alimento proporcionada, es posible que la ración suministrada de Rotíferos utilizada en el estudio no cubriera los requerimientos de la población en total, lo que estaría reflejado no sólo en la longitud total, si no en las diferencias entre las supervivencias; o bien que las características del medio de cultivo influyeran sobre la calidad nutricional de los alimentos (Figuroa *et al.*, 2006, Gosh S., *et al.*, 2016).

Esto lo mencionó Rabe y colaboradores (2000), quienes dicen que es necesario verificar la cantidad de alimento proporcionado ya que, una mayor alimentación generalmente resulta en más rápido crecimiento y desarrollo, mejores condiciones generales de las larvas y altas tasas de supervivencia.

En cuanto a los valores mayores de supervivencia se relacionan a las dietas en donde se incluía Panagrellus, lo que coincide con Figuroa y colaboradores (2006), en estudios realizados donde mencionan que el microgusano constituye una alternativa nutricional y

económica como alimento inicial de larvas de peces, dado que está relacionado con una acelerada tasa de crecimiento y buena supervivencia de los organismos. A diferencia de los resultados obtenidos de los peces que su dieta incluía Rotíferos, se observan que los valores de supervivencia son menores, aunque en *Jenysia multidentata* en donde el uso de Rotíferos en etapa de alevinaje beneficia el crecimiento y la supervivencia (Martínez *et al.*, 2010).

Otra explicación posible a los resultados altos de longitud total y supervivencia a favor de *Panagrellus*, podría deberse al comportamiento del alimento. *Panagrellus* al ser suministrado tiende a ubicarse en el fondo, de esta forma permite que los alevines puedan consumir más fácilmente al microgusano, lo que facilita su ingestión ya que es esta etapa los peces prefieren permanecer en el fondo. En tanto que los Rotíferos se distribuyen en toda la columna de agua provocando un mayor gasto energético para los alevines, o bien no puedan ser consumidos por ellos dado que a esta edad no ocupan la totalidad de la columna de agua. Lo anterior podría explicar en las diferencias entre la longitud total y la supervivencia con las diferentes dietas usadas en este estudio (Figuroa *et al.*, 2006, Gosh S., *et al.*, 2016) ⁽²⁷⁴⁻²⁸²⁾

Conclusiones

El uso de *Panagrellus* en etapa de alevinaje beneficia el crecimiento y la supervivencia de *M. boesemani*, mientras que el incluir rotíferos en las dietas disminuye la supervivencia y el crecimiento ⁽²⁸⁵⁻²⁹¹⁾.

Referencias

[Como escribir la discusión de una tesis] S.f. Departamento de pregrado. Universidad de Chile. Disponible en: <https://aprendizaje.uchile.cl/recursos-para-leer-escribir-y-hablar-en-la-universidad/escribir-la-tesis/profundiza-en-la-tesis/como-escribir-la-discusion-en-una-tesis/>

Ariztegi J, A (2002-2020) Ficha *Melanotaenia boesemani* (pez arcoíris) <https://acuariofiliamadrid.org/Thread-Ficha-Melanotaenia-boesemani-pezo-iris-boesemani>

Badii, M.H., Castillo J., Rositas, R. y Ponce G. (2007). “*Diseño experimental*”. In: M.H. Badii y Castillo J. (eds.). *Técnicas Cuantitativas en la Investigación*. UANL, Monterrey.

Bernal T. Cesar A., (2006) “*Metodología de la Investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*”. Editorial Pearson Educación, México.

Bernis, C., Varea, C., Terán J.M. (2016). *Ciclo vital, transformación ambiental y las estrategias de la Historia de vida*. Antropo.

Bryant, T.,N. (1998). “*The presentation of statistics*”. *Pediatr Allergy Immunol* 1998; 9: 108-15.

Figueroa, J., Soriano, M., Luna-Figueroa, J. (2006) “*El microgusano*”. *Hypatia* [Citado 13 de enero de 2021]. Disponible en: <https://revistahypatia.org/el-microgusano-revista-19.html>

Fishbase. *Melanotaenia boesemani* Allen & Cross, 1980. Recuperado el 22 de noviembre de 2020 de la base de datos FISHBASE. Disponible en <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=10489&genusname=Melanotaenia&speciesname=boesemani&AT=melanotaenia+boesemani&lang=Portuguese>

Ghosh S., Biji X., Loveson L. Edward., Biswajit D. (2016) “*Training Manual on Live Feed for Marine Finfish and Shellfish Culture*”. Visakhapatnam regional centre ICAR -central marine fisheries research institute ocean view layout. Pandurangapuram Visakhapatnam pp 1-12

Hall, G, M. (2008). “*How to write a paper*”. 4ª ed. Malden, Mass.: Blackwell Pub.; 2008.

Hernández S, R., Fernández, C., C., Baptista, L.,P. (2014). “*Metodología de la investigación*”. Sexta edición. Mc Graw Hill. México. D.F. pp 327.

Hilborn, R., Mangel, M. (1997). “*The ecological detective. Confronting Models with data*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Humphrey, C., Klumpp, D.W. y Pearson, R. (2003). “*Desarrollo temprano y crecimiento del pez arco iris del este, Melanotaenia splendida*”. (Peters. I. Morfogénesis y ontogenia). Investigación marina y de agua dulce.

Jansieska, G. (2009) “*Reproduction and lifespan*” Trade-off, Overall Energy Budgets.

Joshi, B.,K.(2005) “*Guide for scientific paper writing*”. Nepal Agric Res J 2005; 6: 131-7.

Kuehl R. O., (2001). “*Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*”. Segunda edición. International Thomson Editores, S.A. de C.V., México,CDMX.

Landines, M., Sanabria, A. y Daza, P. (2007) *Producción de peces ornamentales en Colombia*. INCODER. Bogotá D.C.

Martínez ED, Malpica SA y Hernández AJ. (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*”. Vol.10 Núm 20. Martínez CA.

Luna-Figueroa, J. y Arce-Urbe, E. (2017). “*Un menú diverso y nutritivo en la dieta de peces el Alimento Vivo*”. Agroproductividad.

Luna-Figueroa, J.; Pérez, C. E. y Figueroa, T. J. 2007. “*Influencia de alimento vivo sobre la tasa de crecimiento y sobrevivencia de crías del pez ángel Pterophyllum scalare (Pisces: Cichlidae) Lichtenstein, 1823*”. Scientiae Naturae, 10(1): 33-45

Marassi A. (2014). “*Crecimiento y desarrollo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*”. UNNE.

Martínez, C., Cruz, S., Ricque M., Tapia, S., Nieto L.,Villarreal, C., Gamboa, D., (2010). “*Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada*”. Avances en Nutrición

Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 668-699.

Martínez, D., Marañón, S. y Menéndez, L. (2007). “*Análisis comparativo de dos estrategias de producción acuícola en unidades ejidales del estado de Morelos*” Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Serie Académicos CBS primera Edición México

Martínez-Espinosa, D., Sánchez-Robles, J., Matus-Parada, J. y Binqüist-Cervantes, G. (2013). “*Análisis de los factores que condicionan la idoneidad de la estructura productiva de las granjas acuícolas de peces de ornato del estado de Morelos*”. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente, , 13(25), 93-114.

Méndez, R., Eslava, G., Romero, M. (2004). “*Conceptos básicos de muestreo*” Monografías, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. UNAM.. 12 (27) 1-130.

Meryem Öz, Mehmet B, Dilek Ş, Zafer K, Ünal Öz. “*Using white worm (Enchytraeus spp.) as a live feed in aquarium fish culture*”. Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture. 2015; 1:165-168.

Montgomery D. C. (2004). “*Diseño y Análisis de experimentos*”. Segunda edición. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.

Orlandoni, M., G. (2010). “*Escalas de medición en estadística*”. Universidad Privada Dr Rafael Bellosó Chacín. Red de Revistas científicas de América Latina. Maracaibo Venezuela. Telos vol 12.

Polit, D.,F., Hungler, B.,P. (2000) “*Investigación científica en ciencias de la salud*”. 6ª ed. México: Editorial Interamericana.

Rabe, J., Brown, J. (2000) “*A pulse feeding strategy for rearing larval fish: an experiment with yellowtail flounder*”. Aquaculture 191(4): 289-302.

Rainbowfish. “*Melanotaenia boesemani*”. Recuperado el 03 de diciembre de 2020 de la base de datos rainbowfish. Disponible en <http://rainbowfish.angfaqld.org.au/Boesemani.htm>

Ramírez, M., Mendoza, A. y Aguilera, G., (2010). “*Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato de agua dulce en México*”. Instituto Nacional de Pesca y Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ron K., Shelemyahu, Z. (2000). “*Estadística industrial moderna, diseño y control de la calidad y confiabilidad*”. International Thompson editores.

Schlechtriem, C., Ricci, M., Focken, U. y Becker K. (2004). *Mass produced nematodes Panagrellus redivivus as live food for rearing carp larvae: preliminary results*. Aquaculture Research, 35, pp 547-551

Sierra, B., R. (1996). “*Tesis doctorales y trabajos de investigación*”. 4ª Edición. Madrid Paraninfo

Torres, O., Campos, M., Martínez, E. (2020). “*Preparación y mantenimiento de alimento vivo para peces de ornato*” 1ª edición. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco.

Walker, R., Gurven, M., Hill, K., Oliver, W. J., Valeggia, C., Yamuchi, T. (2006) “*Growth rates and lifes histories in twenty-two small- Scale societies*”. *Am Hum Biol*.

Trabajo Genérico y Experimental 2

2. Efecto de la alimentación en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil

Trabajo genérico 2: Efecto de la alimentación en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil

OBJETIVOS ASOCIADOS AL TEMA		
Objetivos particulares	Modular	Identificar las condicionantes que afectan la dinámica de las historias y los ciclos de vida.
	Del trabajo	Identificar el efecto del alimento vivo y alimento balanceado en el crecimiento y supervivencia de <i>M. boesemani</i> en la etapa juvenil.
	Modular	Identificar al crecimiento y la supervivencia como expresión del ciclo de vida y su relación con la alimentación.
	Del trabajo	Identificar las características fenotípicas como expresiones del ciclo de vida y su relación con las condiciones del medio.
	Modular	Determinar las características de la fase o fases del ciclo de vida que se pretende controlar fenotípica o genotípicamente.
	Del trabajo	Determinar las características de la fase juvenil y su relación con el efecto del tipo de alimentación sobre el crecimiento y la supervivencia.

Cuadro 1. Objetivos del módulo historias de vida y su adaptación al trabajo experimental.

Introducción

En las historias de vida, uno de los aspectos más importantes de los organismos, es la capacidad para crecer y desarrollarse. La síntesis continua de macromoléculas a partir de iones y moléculas pequeñas no sólo conduce a la formación de células más grandes sino también más complejas. El crecimiento es el aumento irreversible de volumen de una célula, tejido, órgano o individuo, generalmente acompañado de un aumento de masa (Marasssi 2014). Comprender las causas y mecanismos que conforman las historias de vida de las diferentes especies, permite identificar las diferencias específicas que determinan las estrategias sobre el momento adecuado y la energía necesaria para nacer, destetar (en el caso de), crecer, madurar, reproducirse y morir (Stearns, 1986).

Hay que tener en cuenta que una única célula fertilizada se traduce en un organismo completo, cuyas características físicas se estructura en un ecosistema complejo, que contiene información fisicoquímica, biológica, social, cultural y conductual. Por ello, el ciclo vital está genéticamente programado, pero ambientalmente limitado (Worthman y Kuzawa 2005). Esos diseños generan los rasgos que caracterizan los ciclos vitales de cada especie, de manera que las edades de maduración, el tamaño adulto, el patrón reproductor y el envejecimiento han sido modelados de manera coordinada por la selección natural. Estos aspectos son esenciales, porque condicionan la distribución a lo largo de la vida de dos recursos básicos, el tiempo y la energía. Estos recursos tienen que distribuirse en mantenimiento, crecimiento y reproducción, (Charnov 1993) los individuos distribuyen la energía disponible en mantenimiento y productividad, siendo el crecimiento y la reproducción los componentes principales.

Uno de los factores más importantes en el ciclo de vida para optimizar el crecimiento es la nutrición (Léger *et al.*, 1986). La nutrición afecta diferentes áreas del organismo, es por ello que considerar una buena alimentación es indispensable para cualquier etapa, pero específicamente en la etapa juvenil el mayor gasto energético se emplea en crecer y sobrevivir, esto para alcanzar la talla, peso y fisiología adecuada para dar paso a la etapa reproductiva y no tener organismos débiles o con alguna enfermedad (Bernis 2004). Debido a esto la importancia de suministrar alimento con un contenido nutricional adecuado permite un óptimo crecimiento y supervivencia en los organismos.

Se han buscado alternativas de alimentación, y se han desarrollado alimentos artificiales que cubren los requerimientos nutricionales de los organismos que se van a alimentar. Además, han tomado gran ventaja sobre el alimento vivo debido a que no tienen que ser preparados, son fáciles de conseguir, de mantener y prácticos a diferencia de un alimento que debe ser elaborado.

Un ejemplo en la acuicultura es la combinación de alimentos vivos y alimentos artificiales balanceados que permite proporcionar variedad y tener disponibilidad de alimentos. Se ha

observado que tienen efectos positivos en el crecimiento y supervivencia de los organismos en los que se usan. Cabe mencionar que no en todas las especies se tienen los mismos resultados, cada uno tiene estos efectos positivos en ciertas especies que aceptan el alimento, y en etapas específicas. Es por ello que se han buscado alternativas de alimentación en las diferentes etapas que beneficien el crecimiento y la supervivencia (Lim *et al.*, 2003; Martín *et al.*, 2006).

2.1. Diseño metodológico para el estudio del efecto de la alimentación sobre el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil en peces.

2.1.1. Variables del estudio y su escala de medición:

Variable	Tipo de variable	Unidad experimental	Escala de medición
Largo total	Numérica	El organismo	Razón
Peso	Numérica	El organismo	Razón
Supervivencia	Numérica	La pecera	Intervalo
Dieta	Categoría	Tratamientos	Ordinal

Cuadro 2. Variables de estudio, unidad experimental y escala de medición

Para el abordaje del diseño experimental, puede revisar el capítulo “Diseño experimental para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas”, en donde se mencionan aspectos que se deben de considerar para este experimento.

A continuación, se mencionarán algunas especificaciones de aspectos relacionados a la realización de este trabajo que no se mencionaron antes y que es importante considerar.

En el momento de la elección de las dietas (tratamientos) que se van a utilizar para el experimento, es importante tener en cuenta estas dos consideraciones:

1. La elección de las dietas debe de garantizar que ocurra el efecto deseado en el experimento y permita alcanzar el objetivo del trabajo, sin comprometer en ninguna manera los resultados.

Por ejemplo, en este estudio, en la revisión de literatura previa al experimento se detectó que ambas dietas favorecerían el crecimiento y no incrementarían la mortalidad, de forma tal que quedarían suficientes unidades experimentales, de

24 *forma tal que no compromete la validez de los resultados debido a la pérdida de*
25 *unidades experimentales por un factor asociado.*

26

27 2. En la elección de las dietas a comparar, hay que considerar que estas deberían de contar
28 con elementos que nos permitan suponer que provocarán efectos diferenciados sobre las
29 unidades experimentales.

30

31 *Existen dos aspectos del alimento vivo y el alimento balanceado que pueden generar*
32 *diferencia en el crecimiento y supervivencia, por un lado, la movilidad que suele*
33 *estar asociada al volumen de consumo, y por otro lado presentan diferencias en el*
34 *porcentaje de proteína disponible contenido en ellos.*

35

36 2.1.2. Distribución de las unidades experimentales.

37

38 Las asignaciones de las unidades experimentales a los tratamientos y/o réplicas dentro de
39 tratamiento, debe ser preferentemente de forma aleatoria, esto servirá para evitar algún efecto
40 sistematizado que altere el resultado del estudio (Mendenhall *et al.*, 2010).

41

42 *Por ejemplo, si los individuos más pesados se asignan a la dieta A, y los más ligeros a la*
43 *dieta B, habrá un efecto confundido, en donde las diferencias en la talla al final del estudio*
44 *se deberán a la diferencia en la talla inicial de los organismos, y no al efecto de los*
45 *tratamientos, lo que no permitirá obtener los resultados más confiables en el experimento.*

46 Al momento de asignarles un tratamiento en peces juveniles, es común que cuando van a ser
47 capturados dentro de un estanque o acuario, los organismos más grandes sean los primeros
48 en ser capturados (efecto de fuga)³ y por lo tanto sean asignados a un solo tratamiento. Si
49 asignamos primero un tratamiento, este tendrá los peces más grandes y en el resto de los
50 tratamientos estarán las unidades experimentales más pequeñas. Por este motivo es necesario
51 buscar estrategias de siembra para evitar este error.

³ Efecto de fuga: Es el proceso en el cual los organismos de mayor tamaño son capturados primero y posteriormente los organismos más pequeños, lo que provoca poblaciones desproporcionales en tamaño.

52 *En el estudio presentado se utilizó una variante del muestreo aleatorio sistematizado (Otzen*
 53 *– Manterola 2017), para evitar el “efecto de fuga”. La distribución de los organismos en las*
 54 *dietas se llevó a cabo el siguiente orden entre peceras y niveles.*

55

<u>Nivel</u>	<u>Acuario A</u>	<u>Acuario B</u>
<u>1</u>	<u>1°</u>	<u>2°</u>
	<u>8°</u>	<u>5°</u>
	<u>11°</u>	<u>12°</u>
	<u>14°</u>	<u>15°</u>
<u>Nivel</u>	<u>Acuario C</u>	<u>Acuario D</u>
<u>2</u>	<u>3°</u>	<u>4°</u>
	<u>6°</u>	<u>7°</u>
	<u>9°</u>	<u>10°</u>
	<u>16°</u>	<u>13°</u>

Fig 1. Muestra la distribución de los tratamientos y el orden de siembra en cada uno de ellos

56

57 *En la imagen se muestra el orden en cómo se realizó la siembra de los organismos en los*
 58 *acuarios con el fin de homogeneizar cada tratamiento. Se realizó un método de siembra en*
 59 *donde cada acuario tuvo la oportunidad de ser el primero en recibir un organismo por tanda.*
 60 *La primer tanda inicio con el acuario A (figura 1) y el orden que se siguió fue ABCD (1°, 2°,*
 61 *3° 4° organismo) respectivamente. La segunda tanda siguió el orden BCDA (5°, 6°, 7°, 8°*
 62 *organismo), la tercera siguió el orden CDAB (9°, 10°, 11°, 12° organismo) y la cuarta tanda*
 63 *siguió el orden DABC (13°, 14°, 15°, 16° organismo), y así sucesivamente hasta sembrar a*
 64 *todos los organismos disponibles.*

65

66 *En la realización de un experimento con estas características, lo deseable es que no existan*
 67 *diferencias entre los grupos correspondientes a cada nivel de los tratamientos.*

68 *Una vez realizada la siembra fue necesario confirmar que no hay diferencia significativa*
 69 *entre las unidades experimentales asignadas a cada dieta o nivel. Esto se realizó tomando*

70 una muestra⁴ de los organismos para obtener el peso y la talla inicial y realizar el análisis
71 correspondiente. La muestra se realizó con el fin de evitar manejar a todos los organismos
72 y exponerlos al estrés u otro factor que provoque pérdida de peces antes de iniciar el
73 experimento.

74

75 Una vez obtenidos los datos se utilizó un análisis de varianza con el siguiente modelo:

76

$$77 \quad y_{ijk} = \bar{\mu} + D_i + N_j + e_{ijk}$$

78

79 Donde y_{ijk} es el peso (o talla) de la k -ésima unidad experimental de j -ésimo nivel del mueble
80 de la i -ésima dieta, $\bar{\mu}$ es la media de la característica, D_i es el efecto de la i -ésima dieta
81 (Alimento vivo, Alimento balanceado), N_j es el efecto del j -ésimo nivel del mueble de los
82 acuarios (Arriba, Abajo) y $e_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$ ⁵. El residuo del modelo e_{ijk} representa aquellos
83 factores que aportan a la variabilidad, pero no fueron registrados por desconocimiento o
84 por decisión del investigador.

85

86 El modelo supone que la variabilidad en la característica y_{ijk} (peso o talla) de cualquier unidad
87 experimental (pez) perteneciente a cualquier grupo del estudio deberá estar explicado por el
88 efecto de la dieta (Alimento vivo/ Alimento balanceado) y el efecto del nivel (Arriba, Abajo).
89 Pero es importante considerar que los efectos encontrados no son solamente influenciados
90 por estas variables, sino que también hay efectos que no son controlados durante el
91 experimento (e_{ijk}) y que aportan variabilidad a los resultados, *por ejemplo en el caso de este*
92 *estudio, aunque el sexo es una característica que debería considerarse, no es posible*
93 *hacerlo, dado que es una característica que aún no se hace visible a esta edad, por lo que*
94 *no puede ser registrado.*

⁴ Durante la siembra se obtenía el peso y la talla de 1 de cada 3 organismos. Se medía uno y dos no).

⁵ $\sim N(0, \sigma_e^2)$ = Los residuos tienen distribución normal, media cero y una varianza residual.

95 2.2. Análisis estadístico

96 En algunas ocasiones nuestros tratamientos pueden ser influenciados por otras variables de
97 manera diferenciada a través de los niveles del tratamiento de interés, es decir existe
98 interacción entre ellos (Mendenhall *et al.*, 2010). Por ejemplo, la toxicidad del amonio en el
99 agua dependerá más del valor de pH que de su concentración. De tal manera que altos niveles
100 de amonio con un pH neutro no tendrá la misma toxicidad que niveles de amonio moderados
101 con un pH alcalino. Estos efectos son importantes de considerar al momento del análisis
102 estadístico.

103

104 *Para el análisis de la información generada en este estudio, se consideró un diseño factorial*
105 *2 x 2. Se decidió evaluar la interacción entre la dieta y el nivel (alto, bajo) dentro del sistema*
106 *de recirculación utilizado, dado que se contaba con evidencia de diferencias de hasta 1 C°*
107 *entre ambos niveles del sistema de recirculación y el crecimiento en los peces suele verse*
108 *afectado por la temperatura. Se podría suponer que el efecto de la dieta estaría afectado por*
109 *la temperatura a la que crecieron los peces, es decir, podría presentarse un efecto de*
110 *interacción (Badii et al., 2007). El modelo sería el siguiente:*

111

$$112 \qquad y_{ijk} = \bar{\mu} + D_i + N_j + DN_{ij} + e_{ijk}$$

113

114 *Donde y_{ijk} es el peso (o talla) de la k -ésima unidad experimental de j -ésimo nivel del mueble*
115 *de la i -ésima dieta, $\bar{\mu}$ es la media de la característica, D_i es el efecto de la i -ésima dieta*
116 *(Alimento vivo, Alimento balanceado), N_j es el efecto del j -ésimo nivel del mueble de los*
117 *acuarios (Arriba, Abajo) y DN_{ij} es la interacción entre el nivel del sistema de recirculación*
118 *y la dieta y $e_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$.*

119

120 2.3. Resultados

121

122 Para la realización de este apartado, se aconseja remitirse al capítulo de “Diseño experimental
123 para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas” al

124 apartado de “Resultados” y considerar las especificaciones ahí mencionadas que sean útiles
125 y pertinentes para este experimento.

126

127 **2.4. Discusión**

128

129 Para la realización de este apartado, se aconseja remitirse al capítulo de “Diseño experimental
130 para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas” al
131 apartado de “Discusión” y considerar las especificaciones pertinentes para este experimento.
132 Además, se recomienda centrarse en las diferencias de interés de los tratamientos, incluir los
133 fenómenos nuevos, y resaltar las diferencias significativas que se presentaron durante el
134 experimento.

135

136 **2.5. Conclusiones**

137

138 Para la realización de este apartado, se aconseja remitirse al capítulo de “Diseño experimental
139 para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas” al
140 apartado de “Conclusiones” y considerar las especificaciones pertinentes para este
141 experimento. Además de concluir en base a la discusión realizada y no agregar información
142 no mencionada u obtenida durante el experimento.

Trabajo Experimental 2: Efecto en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil de *Melanotaenia boesemani* con una dieta de *Artemia sp* y alimento balanceado.⁶

Introducción

La producción de peces de ornato en la acuicultura es una actividad económica y social de gran importancia, que requiere mantener una gran variedad de especies para su comercialización evitando así la presión por la saturación del mercado con las mismas especies (Martínez *et al.*, 2013). El *Melanotaenia boesemani* es una especie alternativa a las que se encuentran en el mercado comúnmente, y de la cual se tiene poca información, por lo tanto, conocer sobre su crecimiento y supervivencia es importante para tener una buena producción. Algunas características que dan valor a las especies son su color, forma y tamaño. El *M. boesemani* es una especie en el mercado ornamental cuya principal característica es la coloración que presenta y comienza a aparecer cuando inicia la etapa juvenil y aumenta la intensidad cuando los organismos están pasando a etapa adulta. Los machos presentan coloraciones azules en la parte anterior del cuerpo y amarillas en la mitad posterior y las hembras presentan colores menos vistosos (Rainbowfish, 2020). Estas características se ven influenciadas en el tipo de alimentación suministrada, es por ello que es importante buscar alternativas que permitan a los organismos crecer y llegar a esas etapas de mayor expresión fenotípica con buena supervivencia. En el proceso de crecimiento el organismo dedica energía para la formación de estructuras y tejidos; sin embargo, este proceso puede ser afectado por distintos factores. Los peces utilizan una mayor proporción de la energía ingerida para el crecimiento, solamente bajo condiciones óptimas internas y externas. Un factor importante que influye en el crecimiento es el tipo de alimento suministrado (Martínez *et al.*, 2009).

⁶ Gorgonio S., García. C., Ortiz A., Bracho G., Campos M. “Efecto en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil de *Melanotaenia boesemani* con una dieta de *Artemia sp.*”. 3er Simposio Internacional de Zootecnia Acuicola. Guadaluajara, Jalisco, México. 26 al 28 de septiembre de 2018

En la acuicultura ornamental es común el uso de diferentes alimentos vivos y balanceados que son aceptados por la mayoría de los peces (Pérez *et al.*, 2003). El alimento vivo es un recurso de gran valor nutricional para el cultivo de peces, debido a que constituye una cápsula nutritiva que contiene los elementos básicos de una dieta balanceada y no sólo es estimado por ser fisiológicamente una forma valiosa de nutrimento, sino también un factor conductual importante (Luna Figueroa *et al.*, 2007; Glencross *et al.*, 2007).

Una alternativa de alimento vivo, son los nauplios de *Artemia* sp, pues cubre los requerimientos nutricionales, induce estímulos visuales, químicos, tiene mayor digestibilidad, alto valor nutritivo, alta disponibilidad, abundancia, tamaño aceptable, cuerpo blando, ciclo de vida corto y movilidad. Estas características lo convierten en una opción adecuada para el uso en peces de ornato de etapas tempranas (Erdogan- Olmez, 2009).

Otra alternativa es el uso de alimento balanceado, su uso busca que los requerimientos nutricionales de los organismos para cada etapa de vida sean cubiertos adecuadamente, sin embargo, estos no producen estímulos visuales que en etapas tempranas son importantes para ser consumidos (Ortega, 2000). Existen varios alimentos disponibles en el mercado, pero muy pocos se dedican a atender las necesidades específicas de los organismos ya que no tienen la estabilidad adecuada ni son específicos para determinadas especies. Algunos adoptan el uso constante de raciones comerciales recomendadas, en cuanto que otros prefieren la utilización del alimento vivo complementado con subproductos agropecuarios (Silva y Nogueira, 1989).

De esta forma, el objetivo de este trabajo es comparar el crecimiento y supervivencia de juveniles de *M. boesemani* alimentados con *Artemia Sp* y alimento balanceado.

Material y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Se utilizaron 120 organismos de 6 semanas de edad de *M. boesemani* con una talla promedio de 1.10 cm y un peso promedio de 0.054 gr. Se sembraron en 6 acuarios de 40 L con 20 organismos cada uno, colocados en

estantes con dos niveles y una diferencia promedio de temperatura de un grado centígrado entre ellos durante el estudio. La siembra se realizó de tal forma que se buscó que las muestras fueran homogéneas y se eliminara el sesgo de captura por tamaño (efecto de fuga ⁽³⁸⁻⁵¹⁾⁽⁷⁵⁻⁹⁴⁾). Los acuarios se mantuvieron con aireación constante y los parámetros fisicoquímicos se monitoreaban semanalmente para verificar que se encontraran dentro de los rangos de bienestar de la especie. Se suministraron dos dietas; una de nauplios de *Artemia* sp y otra con alimento balanceado con 44% de proteína ⁽¹⁷⁻¹⁹⁾. De cada alimento se suministró el 5% de la biomasa total por acuario en dos dosis por día con una diferencia de 3 horas entre cada ración ⁽²⁶⁻³³⁾. Cada 15 días se tomaba medida del largo total (punta de la boca- punta de aleta caudal) y el peso por organismo, se contaba el total de organismos y además que se realizaba un ajuste del alimento considerando los decesos. A la 5ta semana de iniciado el tratamiento se realizó la última medición, se obtuvo de manera individual el peso corporal y largo total de todos los organismos por acuario. Para evaluar la respuesta en la supervivencia se consideró de manera dicotómica: 1 se consideró vivo y 0 para aquellos no recuperados al final del experimento, sobre la base del número de organismos sembrados. Las variables fueron analizadas considerando como tratamientos la dieta, el nivel y la interacción entre ellos, usando modelos lineales univariados ⁽⁹⁵⁻¹¹⁸⁾.

Resultados

El efecto de nivel del estante, relacionado con la temperatura, no tuvo efecto sobre las variables de interés; se detectó diferencia ($P=0.0042$) en el peso corporal donde con *Artemia* sp. tuvieron un peso 32% mayor con respecto a los alimentados con balanceado y en la supervivencia ($P=0.0208$) fue 15% mayor a favor de la dieta con *Artemia* sp. Los resultados se presentan en el cuadro 1 ⁽¹²²⁻¹²⁵⁾.

Cuadro 1. Medias para peso corporal, largo total y supervivencia de alevines de *M bosemani* alimentados con dos dietas

Tratamiento	Peso corporal (mg) *	Largo total (cm)	Supervivencia (%)*
Alimento balanceado	21.7 ± 2.0	1.41 ± 0.03	81.3 ± 4.1
<i>Artemia sp.</i>	29.9 ± 1.8	1.45 ± 0.03	95.0 ± 4.1

Media mínima cuadrática ± error estándar. * Diferencia significativa P<0.05

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio no se registraron diferencias en el largo total entre ambas dietas ($P > 0.05$), pero se observó diferencia significativa en el peso y la supervivencia a favor de los organismos alimentados con *Artemia sp.* Güel, R. (1973). Barker y Scheibling, (2008) mencionan que existen dos tipos de crecimiento, el crecimiento somático, que refleja en las dimensiones longitudinales del organismo y el crecimiento en masa asociado al aumento en volumen debido a la acumulación de reservas energéticas y formación de órganos reproductores (Lucas, 1996). Es posible que la dieta basada en *Artemia sp.* promueva el crecimiento en masa, pero no tenga mayor efecto sobre el crecimiento somático del que tiene el alimento balanceado.

En este estudio se registró diferencia significativa en el peso a favor de los organismos alimentados con *Artemia sp.*, esto se puede atribuir a dos factores; un factor importante son los estímulos visuales, y la conducta de alimentación de los organismos. El *M. bosemani* es un organismo que en etapa juvenil prefiere alimentarse del alimento que se encuentra en la columna de agua, y no del fondo, la *Artemia sp.* se desplaza en toda la columna de agua, lo cual estimula su consumo, mientras que el alimento balanceado que no es consumido en una primera instancia se va depositando en el fondo. Por lo tanto, los organismos que se les suministró alimento balanceado no consumieron suficiente alimento en esa etapa, lo que podría explicar parte de las diferencias en el peso, pero no en la talla. Se han registrado estudios en donde el uso de artemia favorece el consumo, y que los nutrientes

aportados a los organismos permiten mayor digestibilidad, lo que mejora el crecimiento y la supervivencia, lo cual es confirmado en este estudio (García-Ortega, 2000).

Otro factor involucrado podría ser la composición nutricional de los alimentos, así como la cantidad y calidad de los nutrientes ingeridos, que tienen un efecto directo sobre el crecimiento. El componente principal de la *Artemia sp.* es la proteína, la cual corresponde al 82% base húmeda mientras que el alimento balanceado tiene 44%. Lo anterior podría tener influencia en la diferencia encontrada en el peso, ya que la proteína es importante para el crecimiento muscular y ganancia de peso, aunado a esto, la proteína en el nauplio de *Artemia sp.* está constituida principalmente por proteínas de pesos moleculares bajos, las cuales pueden ser más fácilmente digeribles en comparación con las proteínas de las dietas artificiales (Martínez-Porchas, 2005).

Dentro de las características que se deben considerar para elegir un tipo de alimento es el objetivo del organismo. En la acuicultura ornamental el precio de los peces se establece a partir de la talla del organismo, por lo que es más importante el largo total que el peso (García-Ortega, 2000).

En el caso de *M. boesemani* por ser un pez de ornato, lo que se busca es llegar a la talla comercial en el menor tiempo posible, por lo que de acuerdo con los resultados de este estudio el alimento balanceado podría ser una opción como única fuente de alimento para esta especie, pero es importante considerar los valores de supervivencia. En el caso del alimento balanceado se registró un 15% menos supervivencia que con *Artemia sp.*, sin embargo, la producción de nauplio *Artemia sp.* implica procesos más laboriosos (proceso de eclosión) y su costo en el mercado es 3 veces mayor que el del alimento balanceado. Por esta razón es importante considerar los costos de producción de estos organismos con los diferentes tipos de alimento, ya que la supervivencia sea menor con alimento balanceado, los costos también son menores, y podría compensar el costo a la supervivencia (Martínez *et al.*, 2013) ⁽¹²⁹⁻¹³⁴⁾.

Conclusiones

El uso de nauplios de *Artemia sp.* en etapa juvenil temprana de *M. boesemani* mejora el peso y la supervivencia en comparación con el alimento balanceado, pero no se detectaron diferencias en el largo total. Es importante valorar, además de los efectos biológicos de las dietas, los costos y manejo necesario para el diseño de dietas en acuicultura ornamental (138-142).

Referencias

- Badii, M.H., Castillo J., Rositas, R. y Ponce G. (2007). “*Diseño experimental*”. In: M.H. Badii y Castillo J. (eds.). *Técnicas Cuantitativas en la Investigación*. UANL, Monterrey.
- Barker, M.F. y R.E. Scheibling. (2008). “*Rates of fission, somatic growth and gonadal development of a fissiparous sea star, Allostichaster insignis, in New Zealand*”. *Marine Biology* 153:815-824.
- Bernis C. (2004). “*Ciclo vital y envejecimiento reproductor en mujeres: una perspectiva evolutiva*”.
- Bernis, C., Varea, C., Terán J.M. (2016). “*Ciclo vital, transformación ambiental y las estrategias de la Historia de vida*”. *Antropo*.
- Charnov EL.(1993). “*Life history invariants: some explorations symmetry in the evolutionary ecology*”. Oxford Unive Press.
- Erdogan, F. and Olmez, M. 2009. “*Effects of enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in angel fish, Pterophyllum scalare*”. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(8): 1660-1665.
- García-Ortega, A., Koussoulaki, A., Boer, H., Verreth, J. (2000). “*In vitro protein digestibility of Artemia cysts and nauplii, and of microbound diets for larval fish*”. *Aquacult. Res.* 31, 475-478.
- Glencross, B. D.; Booth, M. and Allan, G. L. (2007). “*A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds*”. *Aquaculture Nutrition*, 13: 17-34.
- Güel, R. (1973). “*Factores que influyen en el crecimiento somático*”. *Revista Cubana de Pediatría* 47:523-5.
- Landines, M., Sanabria, A. y Daza, P. (2007) “*Producción de peces ornamentales en Colombia*”. INCODER. Bogotá D.C.
- Léger, P.; Bengtson, D. A.; Simpson, K. L. and Sorgeloos, P. (1986). “*The use and nutritional value of Artemia as a food source*”. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 24: 521-623
- Lim . C., (1979). “*Nutrition and Feeding of Tilapias. Fish Diseases and Parasite Research Lab*”. USDAARS, Auburn, Alabama-USA. En: IV Simposio Centroamericano de Acuicultura “Cultivo de Camarón y Tilapia”. Tegucigalpa-Honduras. p 94-107.

Luna-Figueroa, J.; Pérez, C. E. y Figueroa, T. J. (2007). “Influencia de alimento vivo sobre la tasa de crecimiento y sobrevivencia de crías del pez ángel *Pterophyllum scalare*(Pisces: Cichlidae) Lichtenstein, 1823”. *Scientiae Naturae*, 10(1): 33-45.

Lucas, A. (1996). “*Bioenergetics of Aquatic Animals*”. Taylor & Francis, Ltd. 169 pp.

Marassi A. (2014). “Crecimiento y desarrollo”. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*. UNNE.

Martín, L.; Arenal, A.; Fajardo, J.; Pimentel, E.; Hidalgo, L.; Pacheco, M.; García, C. and Santiesteban, D. (2006). “Complete and partial replacement of *Artemia nauplii* by *Moina micrura* during early postlarval culture of white shrimp (*Litopenaeus schmitti*)”. *Aquaculture Nutrition*, 12: 89-96

Martínez-Espinosa, D., Sánchez-Robles, J., Matus-Parada, J. y Binqüist-Cervantes, G. (2013). “Análisis de los factores que condicionan la idoneidad de la estructura productiva de las granjas acuícolas de peces de ornato del estado de Morelos”. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 13(25), 93-114.

Martínez-Porchas, Martínez-Córdova, Ramos-Enríquez. (2005). “Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos” *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504 2009 Vol. 10, N° 10*

Mendenhall, W., Beaver, M. B., Beaver, J. R. (2010). “*Introducción a la probabilidad y estadística*”. CENGANE Learning. Editores, S.A. de C. V., una compañía de Cengage Learning, Inc. Corporativo Santa Fe.

Otzen, T., Manterola, C. (2017). “Técnicas de muestreo sobre una población a estudio”. *Int. J. Morphol.*, 35 (1): 227-232.

Pérez J. E.; Salazar S.; Alfonsi C.; Ruiz I. 2003. “Ictiofauna del río manzanares: a cuatro décadas de la introducción de *Oreochromis mossambicus*”. *Bol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente*. 42: 29- 35.2003

Rainbowfish. “*Melanotaenia boesemani*”. Recuperado el 03 de diciembre de 2020 de la base de datos rainbowfish. Disponible en <http://rainbowfish.angfaqld.org.au/Boesemani.htm>

Ramírez HM. (2016) “*Catálogo de peces ornamentales producidos en Morelos con capacidad de ser Especies Exóticas Invasoras (EEI)*” elaborado dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Morelos, México. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/gef/pdf/1.2-1-catalogo-peces-ornato-morelos.pdf> (revisado el 31 de agosto de 2017).

Silva, J.R.M. Nogueira, A.L.M. 1989. “Perfil de la alimentación en las granjas de cultivo de los camarones marinos y de agua dulce del Brasil. In: *La Nutrición y la Alimentación en la*

Acuicultura de América Latina. Una Diagnósis". Martínez P., C.A., Chávez., M.C. y Olvera, N.M. (eds). FAO: Proyecto GCP/RLA/075/ITA. Documento de Campo 17. pp 38–58

Stearns SC y Koella J. (1986). "*The evolution of phenotypic plasticity in the life-history traits: predictions from norms of reaction for age and size at maturity*". Evolution 40: 893-913.

Worthman CM; Kuzawa J. (2005). "*Life history and the early origins of health differentials.*" Am J Hum Biol. 17: 95-112.

Trabajo Genérico y Experimental 3

3. Efecto de la alimentación en el crecimiento y supervivencia en etapa juvenil

Trabajo genérico 3: Efectos del uso de diferentes tipos de alimento asociado a la eficiencia reproductiva de organismos.

OBJETIVOS ASOCIADOS AL TEMA		
Objetivos particulares	Modular	Identificar las condicionantes que afectan la dinámica de las historias y los ciclos de vida.
	Del trabajo	Identificar el efecto de dos dietas (alimento vivo y comercial) en la eficiencia reproductiva de <i>M. boesemani</i> .
	Modular	Identificar las características fenotípicas como expresiones del ciclo de vida y su relación con las condiciones del medio.
	Del trabajo	Identificar la eficiencia reproductiva como expresión del ciclo de vida y su relación con la alimentación.
	Modular	Determinar las características de la fase o fases del ciclo de vida que se pretende controlar fenotípica o genotípicamente.
	Del trabajo	Determinar las características de la eficiencia reproductiva y su relación con el efecto del uso de alimento vivo y alimento comercial en las dietas suministradas.

Cuadro 1. Objetivos del módulo historias de vida y su adaptación al trabajo experimental.

Introducción

En las historias de vida de los organismos, una etapa es la reproducción, en esta etapa se desarrolla una de las funciones esenciales de los seres vivos, que asegura la supervivencia de las especies a lo largo del tiempo, dando lugar a nuevos individuos semejantes a ellos mismos. Mediante la reproducción un organismo origina una célula, o un grupo de células, que, tras un proceso de desarrollo, da origen a un nuevo organismo de la misma especie, posibilitando la supervivencia de esta. A todo organismo le llega el momento en que sus capacidades de metabolismo, crecimiento e irritabilidad se vuelven insuficientes para mantener su compleja organización en contra del ataque de depredadores, la acción de parásitos, las épocas de hambre, otros cambios dañinos del ambiente, o simplemente aquellos

procesos como el envejecimiento, llevan finalmente a la muerte del organismo. Por esta razón las especies buscan perpetuarse por medio de la reproducción, en donde se darán lugar a otros (Solomon, 2013).

Existen varios factores que intervienen en el proceso de reproducción, principalmente; la especie, efectos ambientales, genéticos, fisiológicos, enfermedades, manejo (en cautiverio) y alimentación (Campabadal, 2009). En las especies la reproducción se mide con diferentes factores, esto depende si son organismos acuáticos, mamíferos, aves, reptiles etc. Cada uno tiene un diferente indicador o indicadores de la eficiencia reproductiva. En mamíferos es el número de individuos por camada y organismos que nacen vivos, en el caso de los peces; algunos indicadores son el número total de huevos desovados, el porcentaje de fertilización, en caso de los ovovivíparos, son el número total de organismos que salen de la hembra (Solomon, 2013).

Para que esos factores estén dentro de los rangos que indiquen eficiencia reproductiva es importante tener en consideración varios factores ambientales en los que la especie debe permanecer. En este caso el proceso relacionado a la nutrición posee un papel reconocidamente importante por su efecto directo a aspectos fisiológicos, pues la reproducción genera un gasto energético alto en comparación con otros procesos y es necesario que todas las necesidades fisiológicas se cubran correctamente, esto ayudara a que el proceso reproductivo tenga buenos resultados, con mayor fecundación, supervivencia, eclosión, organismos vivos por camada, entre otras cosas, esto dependerá de la especie con la que se esté trabajando (Sartori 2009).

El uso de alternativas alimentarias permite observar resultados favorables o desfavorables en la reproducción, lo cual ayuda a tener una posible lista de opciones para beneficiar la reproducción. Para mejorar la reproducción se ha implementado el uso de alimento vivo y comercial. Un ejemplo es la acuicultura, Velasco en el 2011 menciona que el uso de alimentos inertes como comida en polvo, hojuelas, leche en polvo, corazón e hígado de bovino, gusanos tubifex, han sido usados extensivamente en la alimentación de peces ornamentales, con un amplio rango de valores nutricionales y propiedades productivas que

mejoran y benefician la reproducción. Reconocer la variabilidad de reproducción entre especies e identificar los requisitos de manejo que han de ser adaptados a nuevos requerimientos específicos son esenciales para el correcto desarrollo de la reproducción de nuevos organismos.

Trabajo Genérico 3: Diseño metodológico del estudio efectos del uso de diferentes tipos de alimento asociado a la eficiencia reproductiva de organismos.

1

2

3.1. Variables del estudio y su escala de medición:

3

Variable	Tipo de variable	Unidad experimental	Escala de medición
Huevos totales	Numérica	Desove	Razón
Porcentaje de fertilización	Numérica	Desove	Razón
Dieta	Catagórica	Tratamientos	Ordinal

4

5 Para el abordaje del diseño experimental, puede revisar el capítulo “Diseño experimental para
6 evaluar el efecto del alimento en la eficiencia reproductiva”, en donde se mencionan aspectos
7 que se deben de considerar para este apartado. A continuación, se mencionarán algunas
8 especificaciones de aspectos relacionados a la realización de este trabajo que no se
9 mencionaron antes y que es importante considerar.

10

11 Entre los factores importantes que se deben considerar en este tipo de experimentos, es la
12 elección de la dieta a suministrar, pues es necesario considerar el proceso de elaboración,
13 preparación u tiempo de obtención de este.

14

15 *En caso del trabajo de ejemplo el uso de Tubifex requiere de una previa desinfección (en*
16 *este caso se utilizó metronidazol 24 horas previas a la utilización), ya que el ambiente en el*
17 *que se desarrolla es rico en microorganismos y podría transmitir alguna enfermedad a los*
18 *peces que lo consumen.*

19 Otro factor que es importante considerar es que al poner a dos o más organismos en un mismo
20 ambiente, se pueden presentar diferentes tipos de comportamiento. Y es necesario verificar
21 previamente que los organismos pueden permanecer en el lugar, sin ninguno sufrir algún
22 daño. Algunos ejemplos de tipos de comportamiento que se puede presentar entre el macho
23 y la hembra son la agresividad, territorialidad, etc.

24

25 *Debido a esto las parejas fueron separadas por una reja dentro de su pecera, antes de iniciar*
26 *el tratamiento para que los organismos se habitúen y evitar cualquier comportamiento no*
27 *favorable entre ellos.*

28

29 Es importante verificar que mis variables a medir no estén vinculadas a algún factor que
30 influya en el resultado. O que interfiera en observar claramente cada una de ellas. Por
31 ejemplo: *Los machos se rotaron para evitar confundir la “calidad de los huevos” o la*
32 *fertilidad de la hembra. Es decir; si solo se usara la información de un macho por cada*
33 *hembra, en un solo desove y este fuera malo, no hay manera de diferenciar si es por efecto*
34 *de la hembra o del macho, la repetición de cada hembra con diversos machos, permite*
35 *eliminar este efecto, en tanto que repetir a un macho con varias hembras permite evaluar la*
36 *fertilidad de los machos y la calidad de desove de cada hembra.*

37

38 Es importante conocer los antecedentes de los organismos que se van a reproducir para
39 observar si no hay una variable ajena que pueda afectar los resultados del estudio, como por
40 ejemplo los antecedentes reproductivos. *En el caso del estudio ejemplo se utilizaron*
41 *organismos sin antecedentes reproductivos.*

42

43 **3.2. Análisis Estadístico**

44

45 Para la realización de este apartado, se aconseja remitirse al capítulo de “Diseño experimental
46 para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas” al
47 apartado de “Diseño estadístico”, (en el inciso “Formas de analizar los resultados”) y
48 considerar las especificaciones pertinentes para este experimento. Además, para analizar los

49 datos se debe realizar una clasificación adecuada de las variables, así como se debe observar
50 una estructura clara y concisa de los datos.

51

52 *De cada hembra se obtuvo el número de huevos totales semanales (HTS) y para los machos*
53 *el porcentaje de fertilización semanal (PFS) de cada desove. Los datos fueron analizados*
54 *utilizando un modelo que consideró la dieta (efecto de interés), la semana anidada en lote*
55 *(estructura de los datos) y los efectos aleatorios de hembra y machos para HTS y PFS (tipo*
56 *de variables), respectivamente.*

57

58 **3.3. Resultados**

59

60 Para la realización de este apartado, se aconseja remitirse al capítulo de “Diseño experimental
61 para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas” al
62 apartado de “Resultados” y considerar las especificaciones ahí mencionadas que sean útiles
63 y pertinentes para este experimento.

64

65 *Recuerde que la interpretación del efecto de semana anidada en lote, y los efectos de macho*
66 *y hembra carecen de importancia para el estudio y que solo se utiliza para remover*
67 *variabilidad ajena al tratamiento principal, en este caso la dieta*

68

69 **3.4. Discusión**

70

71 Para la realización de este apartado, se aconseja remitirse al capítulo de “Diseño experimental
72 para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas” al
73 apartado de “Discusión” y considerar las especificaciones pertinentes para este experimento.

74 Además, se recomienda centrarse en las diferencias de interés de los tratamientos, incluir los
75 fenómenos nuevos, y resaltar las diferencias significativas que se presentaron durante el
76 experimento.

77 **3.5. Conclusiones**

78

79 Para la realización de este apartado, se aconseja remitirse al capítulo de “Diseño experimental
80 para evaluar el efecto del alimento en el tamaño y supervivencia en etapas tempranas” al
81 apartado de “Conclusiones” y considerar las especificaciones pertinentes para este
82 experimento. Además de concluir en base a la discusión realizada y no agregar información
83 no mencionada u obtenida durante el experimento.

Trabajo Experimental 3: Comparación del efecto del uso de dos dietas (alimento vivo tubifex y alimento comercial) en la eficiencia reproductiva de *Melanotaenia boesemani*.⁷

Introducción

La estructura de la producción de la piscicultura ornamental del estado de Morelos está notoriamente concentrada en cultivos de pocas especies, lo que provoca que la oferta de estas granjas sea muy similar, lo que puede tener el efecto de una disminución sobre los precios de los peces (Martínez *et al.*, 2010). El primer paso para cambiar esta situación es ampliar la variedad de especies ofertadas por la acuicultura ornamental, eso permitiría a las instalaciones reducir los riesgos propios de un monocultivo, o un cultivo repetitivo. El *Melanotaenia boesemani*, es un organismo poco producido en México, por lo que estudiar su ciclo de vida permitirá obtener información para su producción. Las hembras tienen colores pocos vistosos y no tan definidos, en tanto que los machos se distinguen fácilmente por su coloración azul en la parte anterior del cuerpo y amarillo en la mitad posterior, haciéndolos muy vistosos y en especies ornamentales esta característica es muy importante (Martínez *et al.* 2007).

En cada etapa de la historia de vida de los organismos hay características, factores y aspectos diferentes que son importantes observar, y una vez que los organismos terminan de crecer el gasto energético empleado para el crecimiento, se enfoca principalmente en la reproducción. La reproducción es una etapa en donde se combina la información genética de células diferentes, generalmente provenientes, a su vez, de dos padres distintos, esta combinación genética permite el desarrollo de un nuevo organismo con características, y funciones particulares (Solomon *et. al.*, 2013)

El estudio de los factores relacionados con la reproducción de *M. boesemani* permitirá conocer su reproducción y facilitar su producción. Una característica de la reproducción es

⁷ Ortiz A., García C., Gorgonio S., Bracho G., Campos M. "Comparación de la eficiencia reproductiva de *Melanotaenia boesemani* con alimento vivo (*Tubifex* sp) y alimento comercial". LIII Reunión Nacional De Investigación Pecuaria, Acapulco Gro., México, del 15-17 de noviembre de 2017.

que el gasto energético del organismo aumenta notoriamente, por lo tanto, la disponibilidad del recurso es necesaria para que este proceso se lleve a cabo con los mejores resultados.

El uso de diferentes tipos de alimento tiene influencia en la calidad reproductiva de los peces, para ello es importante que el alimento elegido contenga los requerimientos nutricionales del organismo y que permita llevar a cabo este proceso y cubra el gasto energético empleado en esta etapa. Comúnmente se utiliza alimento vivo o balanceado o bien una combinación de ambos. Una alternativa en el uso de alimento vivo es el *Tubifex sp.* conocido como Tubifex; el cual presenta alto contenido nutricional, con un porcentaje de humedad de 81.22% y de la materia seca se tienen un 58.68% de proteína, un 11.39% de lípidos y un 9.74% de ceniza, tiene alta palatabilidad y permanece vivo como una fuente constante de alimento, sin afectar la calidad del agua. Entre algunas características desfavorables se considera que puede ser portador de bacterias ya que estos gusanos viven en ambientes ricos en materia orgánica, con poco oxígeno, alimentados principalmente de residuos orgánicos en descomposición (Meryem *et al.*, 2015; Torres *et al.*, 2020).

Otra alternativa es el uso de alimento comercial con ingredientes nutritivos balanceados, el cual se deben observar ciertas características que favorezcan su uso, como puede ser el tamaño de la partícula (menor al tamaño de la boca del pez), estabilidad de la partícula (la partícula debe mantener su integridad dentro del agua) y la humedad la cual debe mantener un porcentaje adecuado, para prevenir el enmohecimiento del alimento. Además de considerar que la cantidad de alimento a suministrar este en relación con el tamaño y peso del pez (Pereyra, 2013).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la eficiencia reproductiva (número de huevos por semana y porcentaje de fertilización) del pez arcoíris (*Melanotaenia boesemani*) utilizando dos dietas, una basada en *Tubifex sp* y otra en alimento comercial con 47% de proteína (Tetra Color ®).

Metodología

El trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Metropolitana en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la Unidad Xochimilco. Se utilizaron 22 machos con un largo total mínimo de 6.5 cm y 22 hembras de al menos 6 cm de largo total sin antecedentes reproductivos ⁽³⁸⁻⁴¹⁾.

Durante dos semanas los machos fueron separados en dos grupos en sistemas de recirculación; en uno se ofreció *Tubifex* sp, el cual fue tratado por 24 horas con metronidazol y en el otro alimento balanceado (Tetra Color ®) ⁽¹¹⁻¹⁸⁾. Las hembras fueron colocadas en peceras individuales con filtración mecánica y aireación constante; 11 de ellas fueron alimentadas con *Tubifex* sp y las otras 11 con alimento comercial (Tetra Color ®) y la ración correspondió a 5% del peso del organismo dividido en dos dosis diarias. Todos los organismos se mantuvieron en los rangos de parámetros fisicoquímicos del agua acorde a la especie según Martínez y Ramírez (2016).

En la pecera de cada hembra, se colocó un macho del que fue separada durante dos días por una reja para facilitar su acoplamiento ⁽¹⁹⁻²³⁾. Al momento de retirar la reja se colocó un nido artificial (fibra de algodón 20% y poliéster 80%) y se colectaron los huevos en el nido durante 5 días. En el quinto día se cambió al macho de cada pecera por otro dentro del mismo lote y dieta, volviendo a iniciar el procedimiento ⁽²⁹⁻³⁶⁾.

Los huevos colectados fueron colocados en recipientes transparentes de 1L con 3 gotas de azul de metileno y aireación constante. Después de 24 horas se verificó la fertilización, considerando como huevo fértil, aquel que contara con la presencia de un espacio pre vitelino dentro del mismo. Después de 3 semanas los machos se revolviaron y se les suministroo una mezcla de ambas dietas *ad libitum*, mientras que las hembras se mantuvieron en su respectivo acuario con la dieta asignada. Pasando dos semanas a este periodo se repitió el procedimiento anterior.

Se obtuvo el número de huevos totales semanales (HTS) y porcentaje de fertilización semanal (PFS) de cada desove. Los datos fueron analizados utilizando un modelo que consideró la

dieta, la semana anidada en lote y los efectos aleatorios de hembra y machos para HTS y PFS respectivamente ⁽⁴⁵⁻⁵⁶⁾.

Resultados

No se detectaron diferencias significativas en los huevos totales semanales ni en porcentaje de fertilización ($P > 0.05$) entre las dietas. Se presentaron diferencias para HTS ($P = 0.0094$) entre los lotes, pero no para PFS (Cuadro 2) ⁽⁶⁰⁻⁶⁷⁾.

Cuadro 2. Número de huevos totales y porcentaje de fertilización semanal* del <i>M. boesemani</i> utilizando dietas de alimento vivo (<i>Tubifex</i> sp) y alimento balanceado Tetracolor®.			
		Huevos totales (n)	Porcentaje de fertilización (%)
Dieta	Tubifex	30.5 ± 4.2	82.7 ± 3.6
	Concentrado	34.1 ± 4.0	79.7 ± 3.4
Lote	Lote 1	32.1 ± 3.3 ^a	81.1 ± 2.2
	Lote 2	23.4 ± 3.2 ^b	86.0 ± 2.1
*Medias mínimas cuadráticas ± error estándar.			

Discusión

Una correcta elección y suministración del alimento mejora los resultados en la reproducción y suple las necesidades metabólicas. Esto se beneficia y reduce los costos de mantenimiento y supervivencia. Velasco en el 2011 mencionó que el uso de alimentos comerciales y el uso de alimento vivo (entre los cuales menciona los gusanos tubifex), han sido usados extensivamente en la alimentación de peces ornamentales, con un amplio rango de valores nutricionales y propiedades productivas que mejoran y benefician la reproducción de diferentes organismos.

No se detectaron diferencias significativas en las medias de huevos totales ni el porcentaje de fertilización entre las dietas, esto podría deberse a que ambos alimentos cubren correctamente la demanda nutricional de los peces en esta etapa. Otro factor que permitió observar estos resultados son las características reproductivas de la familia Melanotaeniidae y sus hábitos alimenticios, los organismos de este estudio presentaron buena aceptación de ambos alimentos y aunque no se presentó diferencia significativa en la eficiencia reproductiva, se considera que los porcentajes de fertilización registrados fueron superiores a los obtenidos en otras especies como *Puntius tetrazona* (Domínguez, et al., 2014).

En la revisión de literatura para este trabajo, no se encontró información suficiente sobre las condiciones óptimas para la reproducción de *M. boesemani*. Pero un factor que es sumamente importante en la etapa reproductiva es la elección de la dieta ya que debe de contar con el porcentaje adecuado de proteína de alta calidad, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales, adecuados para cada especie y estado fisiológico. Los alimentos comparados en este estudio son similares en el porcentaje de proteína y grasa, pero pueden diferir en cuanto a la calidad y disponibilidad de sus nutrientes (Luna-Figueroa et al., 2007).

Las dietas suministradas no provocaron diferencias significativas sobre el número total de huevos y el porcentaje de fertilización, sin embargo, no se sabe si estos porcentajes nutrimentales tienen un mayor o menor efecto en estas variables si el tiempo de estudio se prolonga. Pues posiblemente, los resultados sean distintos a los aquí presentados. Al no detectarse diferencia del tipo de alimento suministrado en la eficiencia reproductiva de esta especie es importante considerar otros factores al momento de elegir la dieta.

El *Tubifex* sp es muy utilizado en la acuicultura por su palatabilidad y su aporte nutrimental el cual se conserva por más tiempo (días) después de ser colocado en la columna de agua (Luna-Figueroa et al., 2007), sin embargo, conlleva ciertos riesgos sanitarios, ya que puede ser vector de diversos patógenos. Por otro lado, el alimento balanceado, permite un mejor control de los diferentes estados fisiológicos de los organismos, reduciendo el riesgo de la entrada de patógenos, aunque su uso por mayor tiempo reduce la calidad del agua.

Existe poca información sobre valores de referencia para el número de huevos producidos y el porcentaje de fertilización de *M. boesemani*. Las diferencias entre la eficiencia reproductiva entre los lotes, podría estar asociada a variaciones ambientales relacionadas a

la temperatura, fotoperiodo o fisiológicas (Martínez y Ramírez, 2016), no necesariamente son los óptimos para maximizar la reproducción ⁽⁷¹⁻⁷⁶⁾.

Conclusiones

Los alimentos utilizados en este estudio no provocaron diferencias significativas en las medias del total de huevos por semana, ni en el porcentaje de fertilización de *M. boesemani*.

Referencias

- Campabadal, C. (2009). “Efecto de la nutrición sobre la reproducción”. Congreso lechero. ASA, International Marketing. Costa Rica.
- Domínguez CO, Toledano OÁ, Martínez ED y Ávalos RA. (2014). “Cambios morfológicos en gametos del barbo tigre *Puntius tetrazona* (Cypriniformes: Cyprinidae) e implementación de la fertilización *in vitro*”. Revista de Biología Tropical, diciembre, 1353-1363.
- Luna-Figueroa J, Figueroa TJ y Hernández de la RLP. (2007). “Gusano de fango *Tubifex sp.*: Una alternativa de alto riesgo en la alimentación de peces”. Rev. Especies, 107: 32-34.
- Martínez ED, Malpica SA y Hernández AJ. (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*” Vol.10 Núm 20. Martínez CA y
- Martínez, D., Marañón, S. y Menéndez, L. (2007). “Análisis comparativo de dos estrategias de producción acuícola en unidades ejidales del estado de Morelos” Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Serie Académicos CBS primera Edición México
- Meryem Öz, Mehmet B, Dilek Ş, Zafer K, Ünal Öz. (2015) “Using white worm (*Enchytraeus spp.*) as a live feed in aquarium fish culture. *Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture*”. 2015;1:165-168.
- Pereyra-filho, M.; Cavero, B.; Roubach, R.; Ituassú, D., Gandra, A.; Crescêncio, R. (2003). “*Pirarucu (Arapaima gigas) husbandry in ponds*”. Acta Amazon 33(4):715-718.
- Ramírez HM. (2016) “*Catálogo de peces ornamentales producidos en Morelos con capacidad de ser Especies Exóticas Invasoras (EEI)*” elaborado dentro del proyecto GEF “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Morelos, México. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/gef/pdf/1.2-1-catalogo-peces-ornato-morelos.pdf> (revisado el 31 de agosto de 2017).

Sartori, R., Taurus, Bs. (2009). "*Factores nutricionales que afectan el desempeño en programas reproductivos en bovinos de carne y leche*". Escola Superior de Agricultura. Universidad de Sao Paulo.

Solomon, E., P., Berg L, R, Martin. W., D. (2013). "*Biología*". Cengage Learning. S.A. de C. V. Mexico, D. F.

Torres, O., Campos, M., Martínez, E. (2020). "*Preparación y mantenimiento de alimento vivo para peces de ornato*" 1ª edición. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco