

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL  
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO Y PÉRDIDA DE CONCIENCIA EN TRUCHA  
ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) DURANTE EL ATURDIMIENTO PARA  
SACRIFICIO**

Prestador de servicio social:

Cynthia Susana González López

Matricula: 2163024059

Asesores:

Internos

M. en C.A. Araceli Cortes García

Núm. Económico: 30287

Externos

M. en C. Dulce González López

Céd. Profesional: 12193045

Lugar de realización:

Laboratorio de Ciencia de la Carne y Salud Pública

Fecha de Inicio y Término:

01 de abril del 2022 al 30 de septiembre de 2022.

## 1. Introducción

La producción pesquera en el mundo ha ido en crecimiento en los últimos años, para 2019 se registró una producción mundial de aproximadamente 177.8 millones de toneladas, siendo el 52% derivado de la pesca y el 48% correspondiente a la acuicultura (Maeda-Martínez, 2022). En México la producción de trucha arcoíris para el 2020 fue de aproximadamente 3 mil 898 toneladas, los principales estados productores de este ejemplar se encuentran Tamaulipas, Veracruz, Puebla, Michoacán y Chihuahua (SADER, 2021). Sin embargo, a nivel nacional el Estado de México se considera como el primer productor debido a las condiciones climáticas de la región, fomentando la reproducción y el crecimiento de estos ejemplares (García et al., 2013).

Las plantas de producción alimentaria de origen animal deben garantizar el bienestar de los ejemplares desde su nacimiento hasta su finalización en las plantas de sacrificio, ya que esto genera un impacto positivo o negativo en el consumidor al momento de adquirir el producto final (Sazili et al., 2018). Evitar el estrés dentro de las unidades de producción y durante el proceso de sacrificio de los animales, es uno de los objetivos fundamentales en la medicina veterinaria para preservar el bienestar animal, para lograr el correcto desarrollo de este objetivo, se hace uso de prácticas como el aturdimiento previo al sacrificio; este se describe como el proceso que tiene como consecuencia la pérdida de consciencia y sensibilidad sin estrés antes de la muerte para permitir el proceso de matanza (van de Vis et al., 2014b).

Los signos de retorno a la sensibilidad son parte fundamental de la evaluación de la consciencia en los animales de abasto después de la aplicación de cualquier método de aturdimiento, esto para facilitar la total falta de percepción del entorno en el que se encuentren y así tomar una decisión adecuada para llevar a cabo una muerte sin dolor (Scanes, 2018); por lo tanto el objetivo de este trabajo es evaluar la pérdida de consciencia mediante la presencia de los signos de retorno a la sensibilidad después de la aplicación de diferentes métodos de aturdimiento.

## **2. Justificación**

La problemática a nivel mundial puesto que los peces se consideran animales complejos debido a que sus comportamientos no son visibles para evaluar diferentes respuestas ante escenas perturbadoras con gran facilidad como la mayoría de los animales de producción, esto hace que la preservación de su bienestar en diferentes prácticas disminuya (de la Rosa et al., 2021). No existe un proceso establecido para la evaluación del sufrimiento del animal en la industria acuícola durante el procesamiento de los ejemplares para su consumo, sin embargo, los procesos neurofisiológicos, así como patrones de comportamiento como orientación corporal, nado, alimentación o la posición dentro del estanque, son considerados indicadores comunes dentro de la acuicultura (Weber, 2011).

## **3. Marco teórico**

### Bienestar Animal

El bienestar animal se ha posicionado como un tema importante dentro de la producción de alimentos de origen animal, ya que las personas que pertenecen a la industria ganadera son responsables de procesos como gestión, transporte, sacrificio; actualmente es considerado como parte determinante del consumo de los productos por parte del consumidor (Sazili et al., 2018) se debe considerar que el incremento de la población en países en desarrollo propició el cambio de la forma de producción de las distintas especies de consumo, fomentando al mejoramiento de la calidad de vida y la satisfacción de necesidades biológicas, por lo cual existe una preocupación para la sociedad en cuanto a la forma de vida de los animales de abasto y su producción (Hernandez et al., 2022).

Los métodos de evaluación del bienestar animal van a depender del fin zootécnico de cada individuo, los aspectos considerados en esta evaluación comúnmente se basan en cambios fisiológicos que presenta un ejemplar cuando se enfrenta a su entorno, sin embargo, en la sociedad actual esta determinación se reduce a que

los animales son seres sintientes, englobando conceptos como la existencia de conciencia sensorial, perceptiva y cognitiva (Phillips y Kluss, 2018).

### *Bienestar en peces*

La industria de la acuicultura presenta desafíos importantes en la medición del bienestar de sus ejemplares debido a su complejo estudio del comportamiento y fisiología del estrés en comparación con los animales terrestres (Sneddon et al., 2016). Existe un gran debate en el medio científico con respecto a la sintiencia de los peces; el argumento más común es la anatomía cerebral donde la estructura denominada córtex es la pieza clave en los mamíferos para sentir dolor, no obstante, se ha demostrado que los peces son capaces de sentir dolor, miedo y estrés a pesar de carecer de dicha estructura anatómica (de la Rosa et al., 2021), esto nos demuestra que el entorno es el punto clave para el desarrollo de aspectos tanto físicos y fisiológicos como los comportamientos derivados de la estabilidad corporal del pez (Weirup et al., 2022); los indicadores de bienestar en peces se dividen dos apartados: a) indicadores indirectos, los cuales están relacionados con el entorno y las características específicas de este (calidad del agua, tamaño del estanque, etc.) y b) indicadores directos, los cuales abarcan las necesidades físicas y fisiológicas así como el estado de salud de los ejemplares (Concha-Rubio et al., 2021).

### *Métodos de aturdimiento*

El aturdimiento se define como el proceso en el que un animal está inconsciente e insensible, libre de estrés o incomodidad previo a la muerte (van de Vis et al., 2014b). Se tiene registro de dos pasos específicos durante el aturdimiento: a) Generar la pérdida de la conciencia por medio del aturdimiento, en el cual el ejemplar no va a responder a estímulos sensoriales y b) se desangra el animal para inducir la muerte (Terlouw et al., 2016). Dentro de la acuicultura existe una amplia gama de aturdimientos, algunos ejemplos son la asfixia por enfriamiento en hielo en el aire, baño de sal o amoníaco, la congelación, el desangrado (exanguinación) a través de las branquias y la transferencia de peces a agua

saturada con dióxido de carbono gaseoso; estos aturdimientos siguen en proceso de validación debido a la falta de sustento científico en cuanto a su efectividad (van de Vis et al., 2014b).

#### *Método de percusión*

El objetivo principal de este método es producir la inconsciencia en el ejemplar hasta producir la muerte, sin embargo, la calidad de este puede depender de factores como la raza, el tamaño, la etapa fisiológica y las propiedades mecánicas de las pistolas disponibles en el mercado (Algers y Atkinson, 2014). Dentro de la acuicultura existen dos opciones de aturdimiento por percusión; la clavija perforadora o Iki-jime, que consiste en la inserción de una clavija o una aguja cautiva en el cerebro causando daño físico en el cerebro y el disparo con bala libre que causa lesiones irreversibles en el cerebro, puede realizarse con los ejemplares cautivos en una red o por debajo del agua mejor conocido como lupara, cabe destacar que estos procesos están a elección dependiendo principalmente de la especie de pez a utilizar; se recomienda el uso de estos métodos a ejemplares como carpas, salmónidos y atún (OIE, 2019).

#### *Método por electrocución/ electronarcosis*

Es un método por excelencia, ya que se puede usar en la mayoría de las especies de consumo; consiste el paso de corriente eléctrica con una magnitud elevada en la cabeza del animal para inducir un estado similar al de las convulsiones, las cuales afectan los dos hemisferios cerebrales provocando inconsciencia, este proceso recibe el nombre de actividad epileptiforme generalizada (Lambooi, 2014), sin embargo, este debe ser específico para el ejemplar que se va a aturdir tomando en cuenta características como intensidad, duración y frecuencia para causar la pérdida inmediata de conciencia e insensibilidad, así como tener en cuenta que este método es reversible y se debe tener un tiempo específico para realizar la matanza (OIE, 2019).

La conductividad del agua juega un papel relevante y depende de los parámetros específicos del agua (OIE, 2019) siendo el rango de conductividad del agua 50-50000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; otros puntos que hay que considerar para la aplicación de este tipo de aturdimiento son la configuración del conjunto de electrodos, la forma de la onda de corriente y el voltaje, el cual va desde los 50 a 70 V (Lambooi, 2014; Schroeder et al., 2021).

### *Método por congelamiento*

Los peces provenientes de aguas cálidas son los candidatos por excelencia para aplicar el método de inmersión en agua helada (Ashley, 2007), se debe asegurar que el agua posee una temperatura de 0 °C para llevar a cabo el aturdimiento por choque térmico, si hay un ligero aumento de temperatura el animal morirá por asfixia dañando la calidad del producto final (Borderías y Sánchez-alonso, 2011).

### Comportamiento durante el sacrificio

El estudio del comportamiento de una ejemplar debe abarcar principios y leyes que expliquen la acción que se lleva a cabo y el porqué de esa acción, esto a través de herramientas como patrones motores, motivaciones e influencia evolutivas, características genéticas y ambientales (Volpato et al., 2020); Dentro del proceso de sacrificio, existen diferentes normativas basadas en estándares internacionales que fomentan a la preservación del bienestar animal incluso antes de la muerte, estas se basan en comportamientos o acciones específicas que se presentan en los mataderos, siendo regulados diferentes protocolos y puntuaciones específicas (Grandin, 2010).

Los indicadores conductuales ayudan a analizar el comportamiento en diferentes situaciones; en el caso del proceso de sacrificio, en especies de consumo como los bovinos y porcinos, un marcador conductual importante por excelencia son la cantidad de vocalizaciones que emiten los ejemplares al momento de la manipulación o el traslado (Grandin, 2019).

### *Indicadores de conciencia en peces*

La pérdida de conciencia antes del sacrificio de animales se define como la insensibilidad a los estímulos procedentes del entorno, se divide en dos componentes esenciales; el nivel de vigilia o conciencia y el contenido de conciencia (entorno y estados internos) (Terlouw et al., 2016). La estructura anatómica dentro del cerebro que participa como reguladora de estos procesos es el hipotálamo (Vernier, 2016)

Uno de los métodos más utilizados para medir la capacidad de conciencia en los peces es a través de la etología, siendo los comportamientos como el movimiento del opérculo, la respuesta a la sensibilidad por el piquete en la cola y el reflejo vestibulo ocular los principales aspectos a evaluar para determinar el nivel de conciencia en estos ejemplares.

De acuerdo con Corke, (2019) la principal reacción de los seres vivos ante un estímulo de peligro es la activación de los mecanismos de huida, así como alteraciones generales del organismo como rigidez, aumento de la respiración y la frecuencia cardiaca.

#### **4. Objetivos**

##### **Objetivo general**

Evaluar la pérdida de la conciencia a través de comportamientos específicos de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) posterior a diferentes tipos de aturdimiento

##### **Objetivos específicos**

- Establecer un método de evaluación del bienestar animal para la unidad de producción de origen de los ejemplares
- Evaluar la presencia de los signos de sensibilidad posterior al método de aturdimiento en trucha arcoíris
- Explicar el proceso neurofisiológico de los comportamientos observados durante la pérdida de la sensibilidad posteriores a los diferentes tipos de aturdimiento.

#### **5. Materiales y Métodos**

## Selección de peces

Se utilizarán 15 ejemplares de trucha arcoíris de una talla comercial de aproximadamente 400 g de peso seleccionados al azar de un estanque rústico del centro acuícola "El Zarco", ubicado en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.

Se efectuó la recolección de los ejemplares en su estancia inicial (estanque semirústico rectangular) con ayuda de una red de arrastre de luz de malla de 3" pulgadas la recolección total y una red de mano de cuchara para el descarte de los ejemplares principales, los cuales se depositaron en un contenedor con tapa bisagra chico con agua para su traslado con una carretilla a una pileta cuadrada para su evaluación. Después se llevó a cabo el cambio de estancia de los ejemplares a un estanque rústico circular con un sistema de agua de flujo continuo con un diámetro de 3 m, esto para facilitar el tiempo de adaptación de dos semanas antes de los procesos de aturdimiento.

## Método de evaluación del bienestar animal

Se realizará la evaluación de dos estanques semi rústicos conforme lo establecido en el protocolo de evaluación de bienestar animal por Stien et al., (2013) (**Anexo 2**), para poder asignar u otorgar una calificación siendo el puntaje total de 235. Los indicadores se dividen en indirectos: calidad del agua (temperatura, nitratos, porcentaje de oxígeno, pH), características del estanque (densidad, volumen, sistema de cultivo) y directos: necesidades fisiológicas-físicas (condición corporal y salud) y de comportamiento.

### *Indicadores indirectos*

La obtención de la temperatura y el pH se midieron con un potenciómetro portátil de la marca Hanna Instruments modelo HI98130. Para la evaluación de la cantidad de nitritos, nitratos y amoníaco del agua se hará uso del kit Api Freshwater Master con una muestra de agua en la mañana.



### *Indicadores directos*

Se registraron medidas de condición corporal por medio de un ictiómetro de madera, para la obtención de estos datos, los ejemplares fueron sometidos a un proceso de anestesia con el uso de 0.3 mL por litro de agua de aceite de clavo en una tina de 200 litros.

Los apartados que se evaluaron a través del protocolo de bienestar animal (**Anexo 2**) fueron: ambiental y de manipulación, comportamiento y salud, condición corporal, daño morfológico externo e índice de evaluación del comportamiento. El comportamiento se evaluó por medio de la observación a 50 cm de distancia del centro del estanque y el registro de video con el uso de la cámara de un celular Redmi durante 30 minutos divididos en 2 bloques de 15 minutos para obtener los comportamientos realizados durante ese periodo de tiempo.

### Procesos de aturdimiento

Todos los procedimientos fueron desarrollados de forma individual, realizando el cambio de estancia en una tina palangana romana con un tiempo de adaptación de 2 minutos antes de iniciar cualquier aturdimiento.

### Aturdimiento por percusión

Se utilizó un martillo de 2 cabezales, el aturdimiento se realizó en un tiempo de 10 a 15 segundos con la muñeca en una posición de 90 grados, generando un golpe directamente en la zona de la nuca, provocando una contusión y generando una pérdida de conciencia. La inmovilización del ejemplar fue por medio de la sujeción y presión ligera de la cabeza, así como la apertura de las aletas pectorales.

### Aturdimiento eléctrico

Se utilizó una caja de toques armable de la marca Steren con dimensiones de 14 x 4 x 9 cm, con una corriente de salida de 0 mA a 15 mA y voltaje de salida de 0 Vca a 140 Vca máx. y 9 niveles de intensidad, el voltaje requerido para llevar a cabo el aturdimiento fue de 50 V., por lo tanto, se colocaron los electrodos dentro del recipiente en paralelo al ejemplar, posteriormente se llevó hasta el nivel 5 de intensidad por un tiempo de 60 segundos.

#### Aturdimiento por congelamiento

Se hizo uso de una composición 1:1 de hielo para consumo humano y agua, para mantener la temperatura de 0°C y se monitoreo por medio de un termómetro de vástago para evitar una aumento de temperatura.

#### Evaluación de signos de sensibilidad

Los signos de sensibilidad que se evaluaron son los descritos por Bermejo-Poza et al., (2021) en un periodo de 10 segundos:

#### Respiración

Se evaluó el movimiento opercular del ejemplar por medio de la observación.

#### Capacidad de reincorporación

Se evaluó el patrón de nado de los ejemplares posterior a la aplicación de los tres aturdimientos

#### Respuesta al pellizco (piquete) de cola

Se evaluó posteriormente a cada procedimiento de aturdimiento por medio de un punzón para evitar una descarga en el aturdimiento eléctrico, colocando la punta del punzón ejerciendo presión en la región de la aleta caudal.

#### Reflejo vestibulo-ocular

Se evaluó por medio de la observación del giro de los ojos.

## Análisis estadístico

El análisis de los resultados se realizó de forma cualitativa por medio de la descripción de los comportamientos observados durante la pérdida de la sensibilidad y los procesos neurofisiológicos de los mismos posterior a la aplicación de los tres procesos de aturdimiento.

## 6. Actividades realizadas

- Estandarización de comportamientos de los ejemplares en el Centro Acuícola “El Zarco”.
- Estandarización de protocolo de bienestar animal adaptado a las condiciones del Centro Acuícola “El Zarco”.
- Estandarización de aturdimiento con martillo en trucha arcoíris.
- Estandarización de aturdimiento con caja de toques de uso lúdico en trucha arcoíris.
- Estandarización de tiempo de aturdimiento por congelamiento (dilución 1:1) en trucha arcoíris.
- Procesamiento de muestras de origen acuícola para su estandarización en la calidad de la carne.
- Práctica de obtención de ejemplares por medio de recolección con malla de arrastre.
- Práctica de obtención de medidas de condición corporal por medio del uso de ictiómetro.
- Apoyo de prácticas a nivel licenciatura en el módulo de “Calidad de los productos de origen animal”.
- Participación dentro del “Coloquio de Reproducción Animal, Genética y Ciencia de la Carne” como parte del comité organizador

## 7. Metas alcanzadas

- Se logró estandarizar con éxito el aturdimiento con martillo de dos cabezales en la trucha arcoiris utilizando la metodología del aturdimiento por percusión en animales de abasto convencionales (bovino, porcino, ovino, caprino).
- Se logró estandarizar con éxito el aturdimiento con caja de toques de uso lúdico a través de la conversión de voltaje de máquinas industriales utilizadas en países europeos durante la práctica cotidiana en acuicultura.
- Se logró adaptar un método de evaluación de bienestar animal creado para grandes granjas productoras de salmónidos en Europa para consumo a un centro de producción acuícola con fines de conservación.
- Se logró evaluar los signos de retorno a la sensibilidad posterior a la aplicación de métodos de aturdimiento con materiales poco convencionales en la producción acuícola.
- Se logró relacionar los procesos neurofisiológicos con los comportamientos observados durante la aplicación de los tres tipos de aturdimiento empleados (percusión, electrocución y congelamiento).

## **8. Resultados y discusión**

Evaluación de la unidad de producción

Primer apartado: “Ambiental y de Manipulación”,

Uno de los aspectos a evaluar fue la calidad del agua, teniendo un valor total de 30 puntos; la puntuación obtenida en este primer apartado fue de 30, ya que los parámetros evaluados se encontraban dentro de los rangos establecidos en la evaluación (Tabla 1).

**Tabla 1.** Resultados de la evaluación de calidad del agua de los dos estanques utilizados (procedencia y estancia) durante el periodo de adaptación

CALIDAD DEL AGUA
------------------

INDICADOR	RANGO	RESULTADO
pH	6.5-8.5/7.8-8.5	7.86
Temperatura	13-18 °C	12.1 °C
Nitratos	75 mg/L-1	0 ppm
Nitritos	<0.2 mg/L-1	0 ppm
Amoniaco	<0.2 mg/L	0 ppm

Las características del agua según los resultados obtenidos no poseen alteraciones que afectan la homeostasis de los peces durante su estancia, sin embargo, Marino, (2008) menciona que una mala calidad del agua puede afectar directamente el bienestar de los peces de acuicultura generando un proceso de estrés crónico por la falta de espacio para llevar a cabo las reacciones de huida para la búsqueda de agua en mejores condiciones, las alteraciones en los parámetros de calidad del agua se ven reflejadas en aspectos fisiológicos como la tasa de crecimiento y la susceptibilidad a enfermedades, así como el aumento de la mortalidad, sin embargo, destaca que no existen parámetros absolutos dentro de la acuicultura comercial, ya que se debe tomar en cuenta factores como ambiente, especie, tamaño y la etapa fisiológica.

Los siguientes aspectos evaluados fueron la densidad dentro del estanque, la cual se consideró óptima, ya que en las especificaciones del protocolo de bienestar animal aplicado (**Anexo 2**) se establece un mínimo de 25 kg de trucha por metro cúbico; se obtuvo un total de 5 kg 301 gr dentro del estanque evaluado, por lo cual, los ejemplares gozaban de un espacio adecuado, en caso de haber obtenido un caso de hacinamiento, Zahedi et al., (2019) realizaron un estudio de cambios en la densidad en una población de trucha arcoíris durante 60 días, siendo los

resultados una alteración en el crecimiento de los ejemplares a causa de estrés crónico desarrollado por un problema de hacinamiento.

En el intercambio de agua dentro del estanque se obtuvo como resultado un buen funcionamiento dentro de la recirculación del agua (**Tabla 2**), el cual influye en la evaluación de los parámetros de calidad del agua, no obstante, a pesar de considerarse un indicador confiable, Jusoh et al., (2020) enfatiza que la evaluación del sistema de recirculación debe tener fiabilidad a través de la evaluación de oxígeno disuelto en el agua.

**Tabla 2.** Medidas del estanque y parámetros del sistema de recirculación

ESTANCIA	
Parámetro	RESULTADO
Altura	70 cm
Profundidad	45 cm
Diámetro	3 m
INTERCAMBIO DE AGUA	
INDICADOR	RESULTADO
Volumen	1,979.2 m <sup>3</sup>
Intervalo de recambios	246 L 120 ml x min

Segundo apartado: “Comportamiento y Salud”

Abarca la evaluación del comportamiento de los peces ante la presencia humana, se obtuvo un puntaje de 12.5 de una puntuación total de 20, los comportamientos se dividieron en nado, salto, dominancia y socialización; se lograron apreciar la mayoría de los comportamientos, sin embargo, debe hacerse una revisión exhaustiva de los estímulos que pueden propiciar cambios al momento de la evaluación, como la temporada de reproducción, horario de alimentación, entre otras (Sloman, 2011).

Las condiciones del estanque comprenden el siguiente apartado de evaluación y está relacionado con los estímulos que pudieran afectar los comportamientos de los ejemplares, entre los indicadores se encuentran la presencia de objetos, la limpieza del estanque y el número de cadáveres que estaban a la vista, estos indicadores comprenden una puntuación de 15 siendo la puntuación final 10. La expresión del comportamiento biológico dentro del estanque se evaluó con dos aspectos generales: el nivel de actividad física y la actividad de amontonamiento percibidos durante la evaluación, este apartado cuenta con una puntuación de 10 siendo la puntuación final de 10 (Tabla 3).

**Tabla 3.** Evaluación de la unidad de producción acuícola “El Zarco” para la determinación del bienestar de los ejemplares previamente establecidos para la aplicación de diferentes tipos de aturdimiento

APARTADO	PUNTAJE OBTENIDO	OBSERVACIONES	PUNTAJE TOTAL
REACCIÓN DE LOS PECES ANTE LA PRESENCIA HUMANA	12.5	-	20

CONDICIONES DEL TANQUE	10	En el apartado de limpieza del estanque se obtuvo una calificación de 2.5, sin embargo, no hubo una variación considerable en los parámetros de calidad del agua	15
COMPORTAMIENTO	10	-	10
CALIDAD DEL AGUA	30	-	30
DAÑO MORFOLÓGICO EXTERNO	67.5	-	85
ÍNDICE DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO	75	-	75
PUNTAJE FINAL	205	-	235

La comprensión de los comportamientos debe realizarse con características específicas, al igual que un conteo continuo de los momentos específicos donde se detecta un cambio en los patrones de comportamiento, los más detallados dentro de la acuicultura son los comportamiento natatorios los cuales reúnen características como velocidad, aceleración y ángulo de giro (Li et al., 2022). El comportamiento como objetivo de evaluación para el bienestar animal en acuicultura se contempla como una herramienta tradicional, sin embargo, Li et al., (2022) enfatizan que su uso debe asociar con la medición de respuestas fisiológicas a través de tecnologías precisas, con el fin de establecer la causa principal de cambios derivados en el comportamiento a causa del microambiente



en donde se desarrollan los ejemplares, así como estímulos externos que pueden alterar sus comportamientos y actividades fisiológicas (secreción endocrina, función cardiopulmonar y fenotipo).

Colson et al. (2019) realizaron un estudio basado en los cambios de comportamiento con diferentes estímulos para evaluar el bienestar animal como la relación humano-animal y la alimentación, los cuales se establecieron como indicadores de detección temprana de la falta de bienestar animal dentro de las unidades de producción acuícola. Cabe destacar que la aplicación del formato empleado en este trabajo (**Anexo 2**) posee deficiencias en cuanto a las pruebas etológicas para la determinación de un puntaje óptimo, ya que las condiciones ambientales dentro de la unidad de producción evaluada no tienen alteraciones, se debe considerar que las instalaciones son diferentes a las establecidas por Stien et al. (2013) en el protocolo SWIM 1.0.

Tercer apartado: Condición corporal

Este apartado fue complementario para poder evaluar la densidad dentro del estanque y su repercusión con los datos recabados en la evaluación del apartado de comportamiento y salud (**Anexo 4**).

Cuarto apartado: Daño morfológico externo

Este apartado se caracteriza por la evaluación visual externa de los ejemplares, se evaluaron ojos, piel, opérculos y aletas, la puntuación total de este apartado era de 85 y se obtuvo una puntuación de 67.5 (Tabla 4). El objetivo de la evaluación de este apartado es la reunión de características que optimizan el tiempo de vida del ejemplar hasta su consumo, teniendo una estrecha relación con el segundo apartado por lo descrito por (Barber, 2007), donde explica que se obtiene una deficiencia en los parámetros de producción como crecimiento y reproducción, así como patrones conductuales anormales, afectando la calidad de vida de los ejemplares a causa del desarrollo de un cuadro de estrés crónico.





Deformidades mandíbula superior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Deformidades mandíbula inferior	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

### Evaluación de la pérdida de signos de sensibilidad

Durante el aturdimiento por percusión en los 5 ejemplares determinados, los signos de retorno a la sensibilidad se relacionaron con la cantidad de ejemplares aturridos, ya que conforme se iba realizando, la técnica del golpe para crear la contusión era más eficaz y generaba una pérdida de consciencia más rápida incluso una muerte sin dolor debido a la puntualidad del golpe en la parte superior rostral del ejemplar, direccionando la contusión hacia el cerebro; el sesgo que presentan los dos primeros ejemplares puede deber al instrumental que se utilizó, ya que Hjelmstedt et al., (2022) comprobaron la efectividad del método de aturdimiento por percusión en trucha arcoíris con pistola de perno cautivo, la cual cumplió el objetivo de interrumpir la función cerebral ya que fue evaluada con un encefalograma al momento de su aplicación.

En el aturdimiento por electrocución hubo respuesta sólo a 2 signos de retorno a la sensibilidad asociados con la frecuencia respiratoria y los intentos de reincorporación, en este tipo de aturdimiento cabe destacar que las condiciones del agua deben ser medidas para dar la mayor precisión posible para obtener una ausencia total de los signos evaluados; Lines y Kestin, (2004) realizaron un estudio en trucha arcoíris expuesta a diferentes intensidades de voltaje para evaluar la pérdida de consciencia, destacando que para obtener un cese absoluto de esta, un factor determinante era la conductividad del campo eléctrico en el agua, a mayor conductividad, menor incidencia de peces conscientes dentro del estanque posterior al aturdimiento.

Para el último aturdimiento aplicado que fue el de congelamiento, hubo presencia de algunos signos de retorno a la sensibilidad, pero no una pérdida de conciencia durante el tiempo de aplicación de este aturdimiento (**Tabla 5**), van de Vis et al., (2014a) menciona que este tipo de aturdimiento no posee sustento científico de generar una pérdida de conciencia posterior a su aplicación.

**Tabla 5.** Evaluación de signos de retorno a la sensibilidad posterior a la aplicación de aturdimientos por percusión, electrocución y congelamiento. Movimiento opercular (M.OP.), Capacidad de reincorporación (C.REIN.), Piquete de cola (C.P.) y Reflejo vestibuloocular (R.VS.OC.).

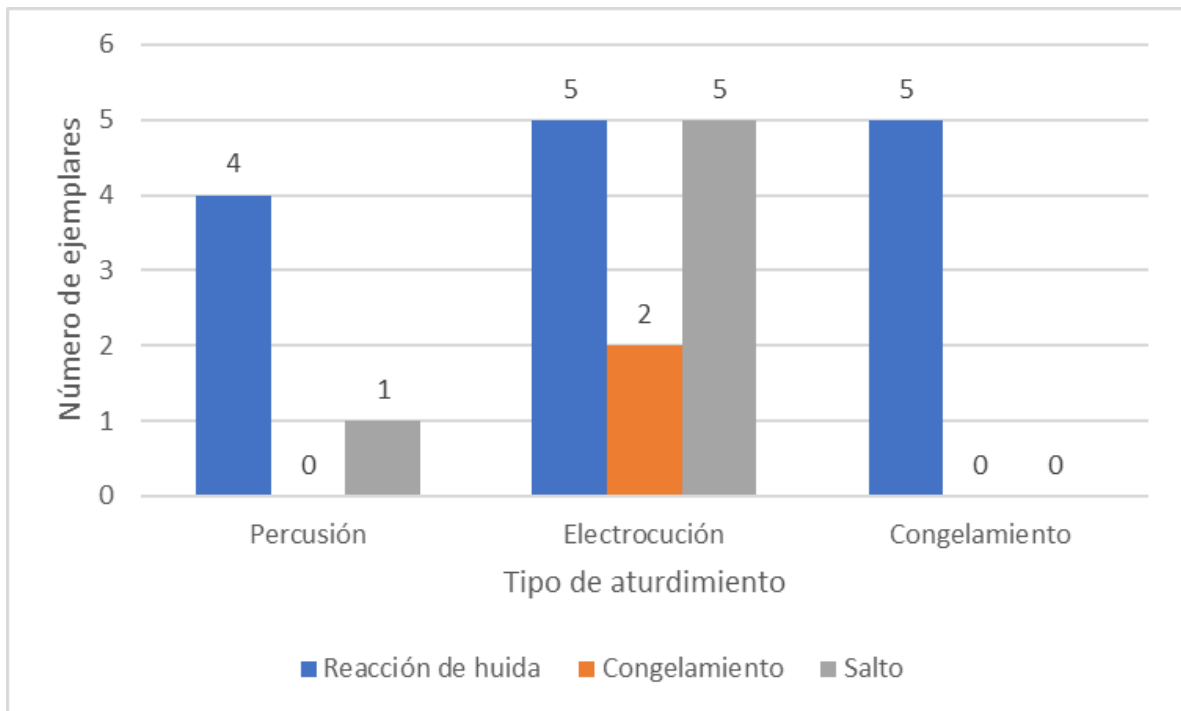
EJEMPLARES	MÉTODO DE ATURDIMIENTO	SIGNOS DE RETORNO A LA SENSIBILIDAD			
		M.OP (MIN)	C. REIN.	P. C.	R. VS.OC.
APT1	PERCUSIÓN	15	3 intentos	si presentó	si presentó
APT2		19	1 intento	si presentó	si presentó
APT3		16	sin intentos	si presentó	si presentó
APT4		0	sin intentos	no presentó	no presentó
APT5		0	sin intentos	no presentó	no presentó

AET1	ELECTROCUCIÓN	0	8 intentos	no presentó	no presentó
AET2		60	6 intentos	no presentó	no presentó
AET3		60	4 intentos	no presentó	no presentó
AET4		60	4 intentos	no presentó	no presentó
AET5		60	3 intentos	no presentó	no presentó
ACT1	CONGELAMIENTO	60	3 intentos	si presentó	no presentó
ACT2		0	0 intentos	no presentó	si presentó
ACT3		60	1 intento	si presentó	si presentó
ACT4		60	2 intentos	si presentó	no presentó
ACT5		60	4 intentos	no presentó	si presentó

### Neurofisiología del comportamiento de aturdimiento

La recepción de estímulos nocivos va a desarrollar comportamientos nocifensivos; dentro de la aplicación de los diferentes tipos de aturdimiento, se destacó la

presencia de comportamientos específicos en nuestros ejemplares como la reacción de huida, el congelamiento y el salto (Figura 1), por lo tanto, es importante saber el desarrollo de mecanismos fisiológicos dentro de los ejemplares para poder determinar si existe alguna posible incomodidad al momento de realizarlos en la práctica diaria y mejorar la precisión de su aplicación para lograr con éxito el objetivo de estos, evitar el sufrimiento antes del sacrificio.



**Figura 1.** Evaluación del número de ejemplares que presentaron comportamientos específicos durante la fase experimental de los métodos de aturdimiento.

Se observa que el comportamiento con mayor registro dentro de la aplicación de los tres diferentes aturdimientos fue el comportamiento de huida, esto concuerda con lo mencionado por Evans et al. (2019) donde definen la reacción de huida como un comportamiento para evitar el daño causado por depredadores o diferentes amenazas del entorno, los ejemplos más comunes en los peces es el nado en C y en ráfaga.

El segundo comportamiento con mayor incidencia fue el de salto y específicamente en el aturdimiento por electrocución, la explicación neurofisiológica de este acontecimiento según Daghfous et al. (2012) los peces son capaces de reconocer diferentes estímulos como colores, vibraciones, electro comunicación o por medio de señales químicas a través de células mejor conocidas en peces como células club, las cuales se encuentran en la epidermis y segregan un compuesto químico para alertar una lesión, estas se reciben a través de las neuronas sensoriales, desarrollando un comportamiento motor coherente a través del sistema nervioso central específicamente en las células de Mauthner, generando una respuesta de excitación la musculatura del ejemplar para facilitar el movimiento y alejarse de estímulo nocivo (Domenici et al., 2011).

La trucha arcoíris se considera un pez fisóstomo, los cuales utilizan como conducto neumático la vejiga natatoria para mantener la flotabilidad neutra en el agua, por lo cual es necesario subir a la superficie para obtener gas y evitar la flotabilidad negativa (Pelster, 2017); la asociación de este comportamiento durante la aplicación de los aturdimientos por electrocución, deriva de la capacidad sensorial de estos ejemplares a través de un conjunto de células denominadas neuromastos, los cuales poseen receptores mecanosensoriales (Montgomery y Baker, 2020), ambos procedimientos de aturdimientos se realizan mediante el cambio o adecuación del microambiente, por lo cual, se va a derivar en un estímulo doloroso directo a estos receptores; existen dos tipos de neuromastos, los superficiales, que se encuentran en la superficie de la piel y los de canal, los cuales se encuentran vía subdérmica y responden a daños mecánicos, estos llegan a la región de rombocefalo y generan un cambio en el movimiento del animal (Montgomery y Coombs, 2017).

El último comportamiento observado fue el de congelamiento, este se relaciona con un comportamiento totalmente natural en los peces de río, tiene como fin reducir el gasto de energía en un microambiente, principalmente para mantenerse contracorriente (Montgomery y Baker, 2020). Sin embargo, Popper y Hawkins, (2019), lo asocian con la capacidad de audición de los ejemplares, ya que el



cuerpo lleno de gas se puede comprimir y cambia el volumen como respuesta a los cambios de presión sonora y funciona como transformador acústico esto genera el movimiento de las células ciliadas del oído, segregando neurotransmisores que activan las neuronas ganglionares auditivas del cerebro y procesa el sonido (Lu, 2011).

## **9. Conclusión**

De acuerdo con los resultados obtenidos, el método por excelencia para una pérdida de consciencia fue el de electrocución considerando la evaluación de los signos de retorno a la sensibilidad que arrojaron una menor incidencia como el reflejo vestibuloocular o la reacción al piquete de cola. Los procesos neurofisiológicos de los comportamientos realizados pueden ayudar con el reconocimiento de regiones cerebrales y así poder obtener nuevas técnicas de evaluación de los signos de retorno a la sensibilidad para asegurar que los ejemplares han perdido la consciencia y habrá una muerte sin dolor.

## **10. Recomendaciones**

Proporcionar bienestar animal a organismos que se encuentran dentro de un microambiente como es el caso de los peces, es un reto que en los últimos años debido a su consumo o tenencia como mascota es de mayor preocupación para los tenientes y los científicos del área de acuicultura. Existen una amplia gama de oportunidades para poder estandarizar parámetros como la calidad de la estancia, prevención de enfermedades y estudios de patología clínica, alimentación, reproducción, comportamiento, etc.

## **11. Bibliografía**

- Algers, B., & Atkinson, S. (2014). STUNNING | Mechanical Stunning. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 413–417. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00153-7>

- Barber, I. (2007). Parasites, behaviour and welfare in fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3–4), 251–264. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.005>
- Borderías, A. J., & Sánchez-alonso, I. (2011). First Processing Steps and the Quality of Wild and Farmed Fish. *Journal of Food Science*, 76(1), 1–5. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01900.x>
- Colson, V., Mure, A., Valotaire, C., Le Calvez, J. M., Goardon, L., Labbé, L., Leguen, I., & Prunet, P. (2019). A novel emotional and cognitive approach to welfare phenotyping in rainbow trout exposed to poor water quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 210(October 2018), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.010>
- Concha-Rubio, N., Briceño, F., Fest, P., Caro, C., Nuñez, A., & Medina, D. (2021). *Revisión de Indicadores Operacionales para la Evaluación de Bienestar Animal en el Cultivo de Salmónidos*. 100, 54.
- Corke, M. J. (2019). Indicators of pain. *Encyclopedia of Animal Behavior*, 147–152. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.90025-6>
- Daghfous, G., Green, W. W., Zielinski, B. S., & Dubuc, R. (2012). Chemosensory-induced motor behaviors in fish. *Current Opinion in Neurobiology*, 22(2), 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.10.009>
- de la Rosa, I., Castro, P. L., & Ginés, R. (2021). Twenty years of research in seabass and seabream welfare during slaughter. *Animals*, 11(8), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ani11082164>
- Domenici, P., Iamc, C. N. R., & Or, T. (2011). *Fast Start. stage 1*, 587–596.
- Evans, D. A., Stempel, A. V., Vale, R., & Branco, T. (2019). Cognitive Control of Escape Behaviour. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(4), 334–348. <https://doi.org/10.1016/J.TICS.2019.01.012>

- García, D., Gallego, I., Espinoza, A., & García, A. (2013). Desarrollo de la producción de trucha arcoíris ( *Oncorhynchus mykiss* ) en el Centro de México Resumen Introducción La acuicultura es el sector productor de alimentos de más rápido crecimiento a nivel rurales ( Vâradi , 2001 ; Bozođlu y cols ., 2007 ). Su. *AquaTIC*, 44–56.
- Grandin, T. (2010). Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Science*, 86(1), 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.022>
- Grandin, T. (2019). Slaughter Plants: Behavior and Welfare Assessment. *Encyclopedia of Animal Behavior*, 153–162. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.01320-0>
- Hernandez, E., Llonch, P., & Turner, P. V. (2022). Applied Animal Ethics in Industrial Food Animal Production: Exploring the Role of the Veterinarian. *Animals*, 12(6), 1–27. <https://doi.org/10.3390/ani12060678>
- Hjelmstedt, P., Sundell, E., Brijs, J., Berg, C., Sandblom, E., Lines, J., Axelsson, M., & Gräns, A. (2022). Assessing the effectiveness of percussive and electrical stunning in rainbow trout: Does an epileptic-like seizure imply brain failure? *Aquaculture*, 552(October 2021). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738012>
- Jusoh, A., Nasir, N. M., Yunos, F. H. M., Jusoh, H. H. W., & Lam, S. S. (2020). Green technology in treating aquaculture wastewater. *AIP Conference Proceedings*, 2197(January). <https://doi.org/10.1063/1.5140892>
- Lambooij, E. (2014). STUNNING | Electrical Stunning. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 407–412. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00154-9>
- Li, D., Wang, G., Du, L., Zheng, Y., & Wang, Z. (2022). Recent advances in intelligent recognition methods for fish stress behavior. *Aquacultural Engineering*, 96(December 2021). <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102222>

- Lines, J., & Kestin, S. (2004). Electrical stunning of fish: The relationship between the electric field strength and water conductivity. *Aquaculture*, 241(1–4), 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.07.023>
- Lu, Z. (2011). Hearing and lateral line | Physiology of the ear and brain: How fish hear. *Encyclopedia of Fish Physiology*, 1, 292–297. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00017-4>
- Marino, G. (2008). Water quality in aquaculture and its influence on stress physiology and welfare of farmed fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 151(1), S11. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.05.018>
- Montgomery, J. C., & Baker, C. F. (2020). Lateral Line and Fish Behavior. *The Senses: A Comprehensive Reference*, 133–142. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809324-5.24169-2>
- Montgomery, J. C., & Coombs, S. L. (2017). Lateral Line Neuroethology ☆. *Reference Module in Life Sciences*, 329–335. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.03040-5>
- OIE. (2019). *Aspectos relativos al bienestar en el aturdimiento y la matanza de peces de cultivo para consumo humano*. 9–12.
- Pelster, B. (2017). Swimbladder Function and Buoyancy Control in Fishes ☆. *Reference Module in Life Sciences*, September 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.03063-6>
- Phillips, C. J. C., & Kluss, K. (2018). Animal Welfare and Animal Rights. *Animals and Human Society*, 483–497. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00030-7>
- Popper, A. N., & Hawkins, A. D. (2019). An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *Journal of Fish Biology*, 94(5), 692–713. <https://doi.org/10.1111/jfb.13948>

- Sazili, A. Q., Adeyemi, K. D., Sabow, A. B., & Nakyinsige, K. (2018). Meat quality and animal welfare: Religious and scientific perspectives. *Preparation and Processing of Religious and Cultural Foods*, 359–375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101892-7.00019-5>
- Scanes, C. G. (2018). Animal Perception Including Differences With Humans. *Animals and Human Society*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00001-0>
- Schroeder, P., Lloyd, R., McKimm, R., Metselaar, M., Navarro, J., O'Farrell, M., Readman, G. D., Speilberg, L., & Mocho, J. P. (2021). Anaesthesia of laboratory, aquaculture and ornamental fish: Proceedings of the first LASA-FVS Symposium. *Laboratory Animals*, 55(4), 317–328. <https://doi.org/10.1177/0023677221998403>
- Sloman, K. A. (2011). Behavior and physiology | Linking Fish Behavior and Physiology: An Introduction. *Encyclopedia of Fish Physiology*, 1, 647–648. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00278-1>
- Sneddon, L. U., Wolfenden, D. C. C., & Thomson, J. S. (2016). Stress Management and Welfare. *Fish Physiology*, 35, 463–539. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802728-8.00012-6>
- Stien, L. H., Bracke, M. B. M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T., Kittilsen, S., Midtlyng, P. J., Vindas, M. A., Øverli, Ø., & Kristiansen, T. S. (2013). Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): A semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: Review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture*, 5(1), 33–57. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01083.x>
- Terlouw, C., Bourguet, C., & Deiss, V. (2016). Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I.

- Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing. *Meat Science*, 118, 133–146. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2016.03.011>
- van de Vis, H., Abbink, W., Lambooij, B., & Bracke, M. (2014a). Stunning and Killing of Farmed Fish: How to Put it into Practice? *Encyclopedia of Meat Sciences*, 3, 421–426. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00199-9>
- van de Vis, H., Abbink, W., Lambooij, B., & Bracke, M. (2014b). STUNNING AND KILLING OF FARMED FISH: HOW TO PUT IT INTO PRACTICE? *Encyclopedia of Meat Sciences*, 421–426. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00199-9>
- Vernier, P. (2016). The Brains of Teleost Fishes. *Evolution of Nervous Systems: Second Edition*, 1–4, 59–75. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804042-3.00004-X>
- Volpato, G. L., Barcellos, L. J. G., & De Abreu, M. S. (2020). Behavior and welfare. *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*, 75–92. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815872-2.00004-X>
- Weber, E. S. (2011). Fish analgesia: Pain, stress, fear aversion, or nociception? *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice*, 14(1), 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2010.09.002>
- Weirup, L., Schulz, C., & Seibel, H. (2022). Fish welfare evaluation index (fWEI) based on external morphological damage for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in flow through systems. *Aquaculture*, 556, 738270. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738270>
- Zahedi, S., Akbarzadeh, A., Mehrzad, J., Noori, A., & Harsij, M. (2019). Effect of stocking density on growth performance, plasma biochemistry and muscle gene expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

### Anexo 1. Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT-DIC
Elección del tema	■	■					
Desarrollo de los objetivos	■	■					
Desarrollo del marco teórico	■	■					
Desarrollo de la metodología	■	■	■	■			
Estandarización de la metodología				■	■		
Aplicación de la evaluación de la unidad de producción					■		
Aplicación de los métodos de aturdimiento						■	
Análisis de resultados						■	
Entrega de resultados						■	
Entrega del proyecto final							■

## Anexo 2. Apartados del protocolo para la evaluación del bienestar animal en la unidad de producción

AMBIENTAL Y DE MANIPULACIÓN		
CALIDAD DEL AGUA		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
pH	6.5-8.5 (7.84.5)	Se obtendrá por medio de un potenciómetro digital para agua portátil, se realizará un muestreo por semana
O <sub>2</sub>	7.5-12 ppm	Se obtendrá por medio de un sonda para agua portátil
Temperatura	13-18 °C	Se obtendrá por medio del potenciómetro digital para agua portátil
Turbidez		Se obtendrá por medio de un kit para evaluación de turbidez
Nitratos	75 mg/L	Se obtendrá por medio de un kit para evaluación de nitratos
Nitritos	40.2 mg/L	Se obtendrá por medio de un kit para evaluación de nitritos
Amoníaco	702 mg/L	Se obtendrá por medio de un kit para evaluación de amoníaco
INTERCAMBIO DE AGUA		
Volumen Intercambio de agua	litros	Se obtendrá de las medidas del estancamiento de agua para obtener el volumen total del tanque para obtener la cantidad de agua que almacena
COMPORTAMIENTO Y SALUD		
REACCIÓN DE LOS PECES A LA PRESENCIA HUMANA		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Miedo	SI, NI, NO	Si evidencia: Peces en estado de congelamiento, actividad en una región del estancamiento. <b>Modesta evidencia:</b> Peces en estado congelado, actividad por episodios de congelamiento. <b>Alta evidencia:</b> Peces de modo fluido, con episodios de modo en estado
Salto	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Modesta evidencia:</b> Peces con saltos intermitentes. <b>Alta evidencia:</b> Peces con saltos continuos
Dominancia	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Modesta evidencia:</b> Alta evidencia: Peces con alta presencia de agresividad en el fondo
Socialización	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Modesta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Alta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento
CONDICIONES DEL TANQUE		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Presencia de objetos	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> El tanque limpio. <b>Modesta evidencia:</b> El tanque normal. <b>Alta evidencia:</b> El tanque sucio
Temperatura	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Muy cambiante. <b>Modesta evidencia:</b> Muy cambiante. <b>Alta evidencia:</b> Muy cambiante
Presencia de peces	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Modesta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Alta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento
COMPORTAMIENTO		
Nivel de actividad física	SA, A, M, BA	<b>Si evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Modesta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Alta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento
Asesamiento	SA, A, M, BA	<b>Si evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Modesta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento. <b>Alta evidencia:</b> Peces en estado de congelamiento
CONDICIÓN GRUPAL		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Identidad (Pares)		
Identidad (Grupos)		
Identidad (Ind)		
Grupo		
Aloja		
Peso		
Se realizará la evaluación de las medidas grupales con un método sistemático, se hará una clasificación del promedio de los diferentes métodos para determinar un rango "óptimo" de condición grupal		
Se realizará la evaluación del peso por especie una sola vez al mes, se hará una clasificación del promedio de los diferentes métodos para determinar un rango "óptimo" del crecimiento		
DARO MORFOLÓGICO EXTERNO		
OJOS		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Coloración	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Exfoliación	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Hemorragias	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
PIEL		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Forma (región en el área, normal, caud)	SI, NI, NO	Si evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Forma (región en el área, normal, caud)	SI, NI, NO	Si evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Forma (región en el área, normal, caud)	SI, NI, NO	Si evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Forma (región en el área, normal, caud)	SI, NI, NO	Si evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
AUSTAS		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Distancia	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces que presentan ambos ojos. <b>No evidencia:</b> Ausencia de uno o ambos ojos
Coloración	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces que presentan ambos ojos. <b>No evidencia:</b> Ausencia de uno o ambos ojos
Forma	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces que presentan ambos ojos. <b>No evidencia:</b> Ausencia de uno o ambos ojos
Presencia	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces que presentan ambos ojos. <b>No evidencia:</b> Ausencia de uno o ambos ojos
Pilosas	SI, NI, NO	<b>Si evidencia:</b> Peces que presentan ambos ojos. <b>No evidencia:</b> Ausencia de uno o ambos ojos
INFORMACIÓN		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Presencia de especies de agua	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Presencia de especies de agua	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Deformidades manebles superiores	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Deformidades manebles inferiores	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
FINANCIA		
Se realizará la evaluación del peso con ayuda de una balanza, se hará una clasificación del promedio de los diferentes pesos para determinar un rango "óptimo" del crecimiento		
BRANQUEO		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Presencia de especies de agua	SI, NI, NO	Si evidencia: Si peces presentan la lesión. <b>Modesta evidencia:</b> Si peces presentan la lesión. <b>Alta evidencia:</b> Todo el banco presenta la lesión
Presencia de especies de agua	SI, NI, NO	Si evidencia: Si peces presentan la lesión. <b>Modesta evidencia:</b> Si peces presentan la lesión. <b>Alta evidencia:</b> Todo el banco presenta la lesión
Manejo operativo	Estable, Modesto, Peces	
ÍNDICE DE INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO		
BIENESTAR		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Miedo	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Salto	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Dominancia	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Socialización	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Asesamiento (complejidad)	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
ACOMODACIÓN DE BRANQUEO		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Miedo	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Salto	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Dominancia	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Socialización	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Asesamiento (complejidad)	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
LESIONES		
INDICADOR	RANGO	DESCRIPCIÓN
Miedo	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Salto	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Dominancia	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Socialización	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia
Asesamiento (complejidad)	SI, NI, NO	Baja evidencia, Modesta evidencia, Alta evidencia



**Anexo 3.** Características de evaluación y puntuación de los apartados del protocolo de bienestar animal.

## REACCIÓN DE LOS PECES ANTE LA PRESENCIA HUMANA

### **NADO**

#### **Sin evidencia (0)**

- Estado de congelamiento: Los ejemplares presentan inmovilidad o flotabilidad dentro de una zona específica del estanque, no reacciona a ningún estímulo microambiental (flujo del agua, caída de hojas, restos de alimentos, sonidos externos).

#### **Moderada evidencia (2.5)**

- Patrón de nado ondulatorio: Los ejemplares presentan movimiento lateralizado desde la cabeza hasta la cola con un cambio de fase de 180 grados de izquierda a derecha para impulsarse

#### **Alta evidencia (5)**

- Patrón de nado fluido: Los ejemplares presentan un patrón de nado ondulatorio seguido durante la observación
- Nado en ráfaga (patada-deslizamiento): Consiste en ráfagas cíclicas de movimientos de nado seguidas de una fase de costa en la que el cuerpo se mantiene inmóvil y recto

## **SALTO**

### **Sin evidencia (0)**

- **Peces negativamente flotantes:** Los ejemplares carecen de gas en la vejiga natatoria, desarrollando un comportamiento de nado en la profundidad del estanque con una velocidad excesiva para mantener el equilibrio

### **Moderada evidencia (2.5)**

- **Peces con flotabilidad interrumpida:** Los ejemplares presentan una ligera sacudida de la aleta caudal en movimientos de izquierda-derecha en la superficie del estanque

### **Alta evidencia (5)**

- **Peces con salto continuo:** Los ejemplares realizan un salto total desde la superficie del estanque al exterior para adquirir oxígeno por medio de la apertura del opérculo y regresan al estanque

## **DOMINANCIA**

### **Sin evidencia (0)**

- **Peces sin agresividad:** El banco se encuentra disperso en el estanque sin mostrar interacciones de agresividad y competitividad por los recursos del estanque
- **Comportamiento agresivos:** Los peces presentan interacciones con mordiscos, nado en ráfaga por encima de otros congéneres cuando se presenta un estímulo (alimento, hembra)

### **Moderada evidencia (5)**

- **Peces con agresividad moderada:** El banco cuenta con interacciones de agresividad por competitividad de los recursos del estanque en un 30% de la población
- **Comportamiento agresivos:** Los peces presentan interacciones con mordiscos, nado en ráfaga por encima de otros congéneres cuando se presenta un estímulo (alimento, hembra)

### **Alta evidencia (2.5)**

- **Peces totalmente agresivos:** Todo el banco presenta interacciones de agresividad
- **Comportamiento agresivos:** Los peces presentan interacciones con mordiscos, nado en ráfaga por encima de otros congéneres cuando se presenta un estímulo (alimento, hembra)

## **SOCIALIZACIÓN**

### **Sin evidencia (0)**

- **Banco antisocial:** Los peces no interactúan con otros congéneres

### **Moderada evidencia (2.5)**

- **Banco social:** Los peces presentan socialización, sin embargo, existe un 30% de ejemplares que se mantienen aislados o en estado de congelamiento
- **Estado de congelamiento:** Los peces mantienen una flotabilidad negativa y se encuentran aislados en una zona específica del estanque, esto con el fin de reducir la cantidad de energía requerida para nadar

### **Alta evidencia (5)**

- **Banco altamente social:** Los peces realizan acercamientos dentro del estanque, presentan nado fluido en pareja o en grupo

## **CONDICIONES DEL TANQUE**

## **PRESENCIA DE OBJETOS**

### **Sin evidencia (5)**

- **Estanque óptimo:** No hay presencia de objetos como hojas o ramas que puedan ser un factor de estrés para los peces

### **Moderada evidencia (2.5)**

- **Estanque normal:** Existe la presencia de 1-15 objetos como hojas y ramas en la superficie del estanque

### **Alta evidencia (0)**

- **Estanque invadido:** Hay más de 20 objetos visibles en la superficie del estanque provocando poca visibilidad de los ejemplares

## LIMPIEZA

### Sin evidencia (0)

- **Microambiente inadecuado:** Estanque sucio con presencia de agua turbia, hojas, ramas, algas, materia fecal y restos de alimento, con parámetros de calidad del agua fuera de rango establecido

### Moderada evidencia (2.5)

- **Microambiente estable:** Estanque con presencia de hojas, ramas y agua ligeramente turbia, con parámetros de calidad del agua ligeramente fuera del rango (1-3 puntos por encima de la media) establecido.

### Alta evidencia (5)

- **Microambiente óptimo:** Estanque libre de hojas, ramas, materia fecal y restos de alimento, agua cristalina con los parámetros estables dentro del rango establecido

## PECES MUERTOS

### Sin evidencia (5)

- **Banco íntegro:** No existen indicios de peces muertos dentro del estanque al momento de la inspección

### Moderada evidencia (2.5)

- **Banco escaso:** Existencia del 20-60% de mortalidad del banco

### Alta evidencia (0)

- **Banco deficiente:** Mortalidad de más del 60% del banco

## COMPORTAMIENTO

## NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA

### Sin evidencia (0)

- **Banco inactivo:** Ninguno de los peces presenta comportamientos biológicos (nado por alimentación, dominancia, reproducción) y no reacciona a estímulos (presencia de objetos, acercamiento humano)

### Moderada evidencia (2.5)

- **Banco en reposo :** El 50% de los peces presenta comportamientos biológicos y reacciona a los estímulos

### Alta evidencia (5)

- **Banco activo:** Todo el banco presenta el comportamientos biológicos y reacciona a los estímulos

## AMONTONAMIENTO

### Sin evidencia (5)

- **Banco uniforme:** Los peces muestran un patrón de nado fluido alrededor del estanque sin complicación

### Moderada evidencia (2.5)

- **Banco alterado:** El 40% de los ejemplares se junta en una región específica del estanque por medio del nado en ráfaga

### Alta evidencia (0)

- **Banco estresado:** Todos los ejemplares se encuentran juntos en una región específica del estanque por medio del nado en ráfaga

CALIDAD DEL AGUA

## pH

- **Óptimo (5)**

El parámetro se encuentra entre los 7.5-8.5

- **Estable (2.5)**

El parámetro se encuentra en un rango de 6.5-7.0

- **Inadecuado (0)**

El parámetro se encuentra por debajo de los 6.5 y por arriba de los 8.5

## O<sub>2</sub>

- **Óptimo (5)**

El parámetro se encuentra entre los 7.5-12 ppm

- **Estable (2.5)**

El parámetro se encuentra en un rango de 6.5-7.0

- **Inadecuado (0)**

El parámetro se encuentra por debajo de los 6.5 y por arriba de los 8.5

## Temperatura

- **Óptimo (5)**

El parámetro se encuentra entre los 16-18 °C

- **Estable (2.5)**

El parámetro se encuentra entre los 13 °C y los 18 °C

- **Inadecuado (0)**

El parámetro se encuentra por debajo de los 13° C y por encima de los 18 °C

### **Amoniaco**

- **Óptimo**

El parámetro se encuentra en 0.1 mg/L

- **Estable**

El parámetro se encuentra en 0.2 mg/L

- **Inadecuado**

El parámetro se encuentra arriba de 0.2 mg/L

### **Nitritos**

- **Óptimo**

El parámetro se encuentra por debajo de 0.1 mg/L

- **Estable**

El parámetro en 0.1 mg/L

- **Inadecuado**

El parámetro se encuentra arriba de 0.1 mg/L



## Nitratos

- **Óptimo**

El parámetro se encuentra por debajo de 75 mg/L

- **Estable**

El parámetro se encuentra en 75 mg/L

- **Inadecuado**

El parámetro se encuentra arriba de 75 mg/L

DAÑO MORFOLÓGICO EXTERNO

OJOS

## Cataratas

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

## Exoftalmia

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

## Hemorragias

- **Baja evidencia (5)**

1-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

PIEL

## **Lesiones**

- **Sin evidencia (5)**

Peces sin lesiones evidentes en las 3 regiones anatómicas

- **Moderada evidencia (2.5)**

Presencia de lesiones evidentes en dos regiones anatómicas

- **Alta evidencia (0)**

Lesiones totalmente evidentes en las 3 regiones anatómicas

## **Parásitos macroscópicos**

- **Sin evidencia (5)**

Peces sin parásitos visibles en las 3 regiones anatómicas

- **Moderada evidencia (2.5)**

Presencia de parásitos evidentes en dos regiones anatómicas

- **Alta evidencia (0)**

Parásitos totalmente evidentes en las 3 regiones anatómicas

## **Pérdida de escamas**

- **Sin evidencia (5)**

Peces sin pérdida de escamas en las 3 regiones anatómicas

- **Moderada evidencia (2.5)**

Pérdida de escamas evidente en dos regiones anatómicas

- **Alta evidencia (0)**

Pérdida de escamas evidente

## Hemorragias

- **Sin evidencia (5)**

Peces sin evidencia de hemorragias en las 3 regiones anatómicas

- **Moderada evidencia (2.5)**

Peces con hemorragia evidente en dos regiones anatómicas

- **Alta evidencia (0)**

Peces con evidencia de hemorragia en las 3 regiones anatómicas

## ALETAS

### Dorsales

- **Evidente (5)**

Peces que presentan ambas aletas

- **No evidente (0)**

Ausencia de una o ambas aletas

### Caudales

- **Evidente (5)**

Peces que presentan ambas aletas

- **No evidente (0)**

Ausencia de una o ambas aletas

### **Anales**

- **Evidente (5)**

Peces que presentan ambas aletas

- **No evidente (0)**

Ausencia de una o ambas aletas

### **Pectorales**

- **Evidente (5)**

Peces que presentan ambas aletas

- **No evidente (0)**

Ausencia de una o ambas aletas

### **Pélvicas**

- **Evidente (5)**

Peces que presentan ambas aletas

- **No evidente (0)**

Ausencia de una o ambas aletas

DEFORMIDADES

### **Escasez del opérculo derecho**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

### **Escasez del opérculo izquierdo**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

### **Deformidades vertebrales**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

#### **Deformidades mandíbula superior**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

#### **Deformidades mandíbula inferior**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan la lesión

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan la lesión

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta la lesión

ÍNDICE DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO

EXOFTALMIA

### **Nado**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Salto**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Dominancia**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**



Todo el banco presenta el comportamiento

### **Socialización**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Aislamiento (congelamiento)**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

ACORTAMIENTO DE BRANQUIAS

## **Nado**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

## **Salto**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

## **Dominancia**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Socialización**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Aislamiento (congelamiento)**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

LESIONES

### **Nado**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Salto**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Dominancia**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Socialización**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

### **Aislamiento (congelamiento)**

- **Baja evidencia (5)**

0-5 peces presentan el comportamiento

- **Moderada evidencia (2.5)**

5-15 peces presentan el comportamiento

- **Alta evidencia (0)**

Todo el banco presenta el comportamiento

**Anexo 4.** Resultados de la evaluación corporal de los ejemplares seleccionados, AP: aturdimiento percusión, AE: aturdimiento electrocución, AC: aturdimiento congelamiento.

EJEMPLARES	LT (cm)	LP (cm)	PESO (gr)	ALTURA (cm)	GROSOR (cm)
APT1	30.5	26.5	0.260	6.6	3.8
APT2	33.2	29.2	0.350	7	4.2
APT3	31	27	0.284	6.3	3.6
APT4	30	26.5	0.264	6	3.5
APT5	29.2	25.5	0.248	5.8	3.5
AET1	28.5	25.1	0.256	5.8	3.6
AET2	29.8	26	0.244	5.5	3.4
AET3	30	26	0.270	5.5	3.2
AET4	30	26	0.266	5.6	3.5
AET5	29	25.5	0.260	2.6	3.4
ACT1	30.5	27	0.292	6	3.5
ACT2	30.5	27	0.262	5	3.2
ACT3	31	27	0.287	5.2	3.5
ACT4	29.5	26	0.264	5.2	3.6
ACT5	30.2	27	0.294	5.3	3.5
EE1	31.5	28	0.354	6.2	3.8
EE2	28.5	25	0.246	5.2	3.2
EE3	33	30	0.364	5.8	3.4
EE4	28	25	0.236	5	3
<b>Promedio</b>	30	27	0.279	6	3