UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA

Carrera de Biología

Proyecto previo a la obtención del título de Biólogo

Tema:

Patrones etológicos de *Arapaima aff. gigas* en cautiverio, una revisión documental

Autores
Aldás Carrasco Carlos Andrés
Villalta Gordillo Annette Milena

Director de Proyecto
Msc. Ricardo Ernesto Burgos Morán
rburgos@uea.edu.ec

Pastaza-Ecuador

Julio 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Annette Milena Villalta Gordillo con C.I. 1950099240, hace constar que es autora del Trabajo de Integración Curricular titulado: Patrones etológicos de *Araneimma aff. gigas* en cautiverio, una revisión documental, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección de del Tutor de dicho trabajo, Msc. Ricardo Burgos. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 15 días del mes de Julio del 2021

Annette Milena Villalta Gordillo

CI: 1950099240

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Carlos Andrés Aldás Carrasco con C.I. 1804830121, hace constar que es autor del Trabajo de Integración Curricular titulado: Patrones etológicos de *Araneimma aff. gigas* en cautiverio, una revisión documental, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección de del Tutor de dicho trabajo, Msc. Ricardo Burgos. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 15 días del mes de Julio del 2021.

Carlos Andrés Aldás Carrasco

CI: 1804830121

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: "Patrones etológicos de *Arapaima aff. gigas* en cautiverio, una revisión documental".



Msc. Billy Coronel Espinoza
Presidente del Tribunal



Dr. Marcos David Landivar
Integrante del Tribunal



Dr. Diego Gutierrez del Pozo
Integrante del Tribunal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 129-SAU-UEA-2021

Puyo, 16 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: Villalta Gordillo Annette Milena con C.I. 1950499240 y Aldás Carrasco Carlos Andrés con C.I. 1804930121, con el Tema: **"Patrones etológicos de Arapaima aff. gigas en cautiverio, una revisión documental."**, de la carrera Biología. Director de la investigación Msc. Burgos Merlin Ricardo, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND reportando una similitud del 6%. Informe generado con fecha 16 de julio de 2021 por parte del director con firma anexo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Bilro M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA -.

Derechos de Autor Copyright

©2021, Carlos Andrés Aldas Carrasco – Annette Milena Villalta Gordillo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Declaración de Autenticidad

Yo, Annette Milena Villalta Gordillo, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular.

Annette Milena Villalta Gordillo
CI: 1950099240

Yo, Carlos Andrés Aldás Carrasco, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular.

Carlos Andrés Aldás Carrasco
CI: 1804830121

Dedicatória

A mis padres por haberme forjado y formado con valores, amor, humildad y perseverancia, son participes y acompañantes de mis logros y derrotas. El apoyo incondicional, sus enseñanzas, han hecho de mí una persona responsable, con los más grandes anhelos de seguir creciendo profesionalmente.

A mi familia por su constante apoyo a lo largo de esta trayectoria universitaria.

A mi compañero de tesis y de vida por su paciencia y dedicación para la elaboración de este proyecto de titulación.

A mis amigos por compartir esta etapa estudiantil, por regalarme de su tiempo, paciencia y cuantiosos momentos que llevaré eternamente en mi corazón.

Annette Milena Villalta G.

Dedico este trabajo y mi título profesional a nuestro ser supremo, a mi madre Gabriela, a mis abuelitos Marco y Elsie, a mi familia Cris, Andrea, Byron, Vati y Milo.

Annette por ser mi compañera, mi cómplice y motivación.

Por su cariño, sacrificio, consejos, enseñanzas, valores y apoyo incondicional, que han contribuido para que se puedan plasmar mis aspiraciones.

Carlos Andrés Aldás C.

Agradecimiento

Gracias a la Universidad Estatal Amazónica y por ende a la Facultad de Ciencias de la Vida, por todos los conocimientos recibidos durante la trayectoria universitaria y habernos permitido formarnos como profesionales.

Un agradecimiento especial a el Msc. Ricardo Burgos Moran, entrañable docente y amigo, director del presente trabajo de integración curricular, por su perseverante compromiso, abnegado apoyo, amabilidad, oportuna asesoría y sus invalorables consejos.

A los integrantes del tribunal de calificación, Msc. Billy Coronel, Dr. Landívar Marcos y Dr. Diego Gutiérrez, por las observaciones y correcciones brindadas.

A nuestros apreciados docentes, que han aportado a nuestra formación como profesionales.

Resumen

Arapaima aff. gigas ha sido una especie estudiada durante más de 70 años, sin embargo, no cuenta con protocolos y cuidados en beneficio de la misma, por lo que el presente trabajo evaluó por más de 6 meses los patrones de comportamiento y sus inductores químicos, físicos y biológicos, en diferentes etapas de vida en condiciones silvestre y de cautividad. Se realizo una revisión de diversas fuentes de información como buscadores científicos de acceso libre, bases de datos y tesis de grado. En dos fases que comprendió la utilización de palabras clave en diferentes idiomas y la definición de descriptores en criterios de exclusión de información, para una selección de datos de alta significancia, fiabilidad y validez metodológica. Durante este estudio, se encontraron 52 comportamientos. En etapas tempranas no se evidencio diferencias conductuales, en cambio en la etapa de madurez sexual existe disparidad. *Arapaima aff. gigas* es un pez con hábitos de alimentación crepuscular - nocturna en estado salvaje, que cambia a diurna en cautividad llegando a ser condicionado al aprendizaje de autoalimentadores. Con características innatas como la respiración aérea, dependiente de la estacionalidad climática de la región para muchos de sus comportamientos, con una no clara determinación de régimen monógamo o de poligamia. Presenta un fuerte cuidado parental, en la que los machos se perfilan como los custodios de la progenie, incluso de otros machos y con la capacidad de secreción de feromonas cefálicas para la nutrición de sus crías, influenciado por hormonas como prolactina y isotocina.

Palabras clave: *Arapaima aff. gigas*, etología, comportamiento, inductores, cautiverio.

Abstract

Arapaima aff. gigas is a species that has been studied for more than 70 years; nevertheless, there are no protocols or protection benefiting that species. For this reason, the current labor evaluated the behavior patterns and their chemical, physical and biological indicators in different stages of life in the wild and in captivity for 6 months. A revision of diverse informational sources such as scientific search engines with free access, databases and dissertations. In two phases that included the use of key words and different languages and the defining descriptors with information exclusion criteria, in order to select high quality, reliable data with valid methodology. During this study, 52 behaviors were found. In early stages, there is no evidence of behavioral differences; on the other hand, in the stage of sexual maturity there is disparity. *Arapaima aff. gigas* is a fish with twilight-nocturnal feeding habits in a wild state, that changes to a daytime in captivity being taught through conditioned self-feeders. With the innate characteristics like air breathing, being dependent on the seasonal climate of the region for many of their behaviors, having an unclear determination of monogamous or polygamous regime, presenting a strong parental care, in which the the males become the guardians of the offspring. In addition, the other males have the capacity to secrete cephalic pheromones for the nutrition of their offspring, influenced by hormones like prolactin and isotocin.

Key words: *Arapaima aff. gigas*, ethology, behavior, indicators, captivity

Tabla de contenidos

CAPÍTULO I ..... - 13 -
1.1 Planteamiento del Problema ..... - 13 -
1.2 Objetivos ..... - 14 -
1.2.1 Objetivo General ..... - 14 -
1.2.2 Objetivos Específico ..... - 14 -
1.3 Justificación ..... - 14 -
CAPÍTULO II ..... - 15 -
Fundamentación ..... - 15 -
2.1 Fundamentación teórica ..... - 15 -
2.1.1 Comportamiento en cautividad ..... - 15 -
2.1.2 Elaboración de etogramas ..... - 15 -
2.1.3 Variables físicas, biológicas y químicas que influyen en la conducta ..... - 17 -
2.1.4 Garantías para el mantenimiento en cautividad de peces ..... - 17 -
2.1.5 Rasgos de comportamiento en teleósteos ..... - 18 -
2.2 Fundamentación conceptual ..... - 19 -
2.2.1 Historia natural del paiche ..... - 19 -
2.2.2 Importancia del Paiche ..... - 23 -
2.2.3 Comportamiento de Arapaima aff gigas. ..... - 24 -
2.3 Fundamentación referencial ..... - 27 -
2.3.1 Evidencia de estudio del comportamiento en cautiverio de A. aff gigas en Europa, Asia, América del norte y el Caribe ..... - 27 -
2.3.2 Evidencia de estudio del comportamiento en cautiverio de A. aff gigas en américa latina ..... - 28 -
2.3.3 Evidencia de estudio del comportamiento en cautiverio de A. aff gigas en Ecuador ..... - 28 -
CAPÍTULO III ..... - 29 -
Metodología de la Investigación ..... - 29 -
3.1 Localización ..... - 29 -
3.2 Tipo De Diseño ..... - 29 -
3.3 Métodos de investigación ..... - 30 -
3.3.1 Evaluación de patrones de comportamiento de Arapaima aff gigas ..... - 30 -
3.3.2 Recopilación de comportamientos y sus inductores en diferentes etapas de vida ..... - 30 -
CAPÍTULO IV ..... - 32 -
Resultados y Discusión ..... - 32 -
4.1 Patrones de comportamiento ..... - 32 -
4.1.1 Comportamiento en etapas de Larva y Alevín ..... - 32 -

4.1.2 Comportamiento en etapa Juvenil ..... - 33 -
4.1.3 Comportamiento en etapa Adulta ..... - 34 -
4.1.4 Comportamiento circadiano ..... - 38 -
4.1.5 Duración de comportamientos por etapas de vida ..... - 39 -
4.2 Inductores del comportamiento ..... - 47 -
Conclusiones ..... - 48 -
Recomendaciones ..... - 49 -
Referencias ..... - 50 -

Índice de tablas

Tabla 2-1 Tipos de etogramas según su fundamento y aplicación ..... - 16 -
Tabla 2-2 Variables físicas, químicas y biológicas que influyen en el comportamiento animales acuáticos. ..... - 17 -
Tabla 2-3 Rasgos de comportamientos ..... - 18 -
Tabla 2-4 Síntesis de las cuatro etapas de vida de *A. aff. gigas* ..... - 22 -
Tabla 3-1 Descriptores de búsqueda ..... - 30 -
Tabla 3-2 Número de documentos por tipo de documentación científica ..... - 31 -
Tabla 4-1 Comportamientos en etapas de larva y alevín en estado salvaje y cautiverio ..... - 32 -
Tabla 4-2 Comportamiento en estado salvaje y cautiverio en etapa Juvenil ..... - 33 -
Tabla 4-3 Comportamentales de nado en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto ..... - 34 -
Tabla 4-4 Comportamentales de búsqueda de alimento en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto ..... - 34 -
Tabla 4-5 Comportamentales de Evitar a los depredadores en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto ..... - 35 -
Tabla 4-6 Comportamentales de reproducción en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto.. ..... - 37 -

Índice de figuras

Figura 2-1 Árbol filogenético de Osteoglossiformes ..... - 20 -
Figura 4-1 Ilustración comportamientos circadianos en *Arapaima aff. gigas* ..... - 38 -
Figura 4-2 Duración de comportamientos en etapa de larva ..... - 39 -
Figura 4-3 Duración de comportamientos en etapa de alevín ..... - 40 -
Figura 4-4 Duración de comportamientos en etapa de juvenil ..... - 41 -
Figura 4-5 Duración de comportamientos en etapa de adulto 1 ..... - 42 -
Figura 4-6 Duración de comportamientos en etapa de adulto 2 ..... - 43 -
Figura 4-7 Duración de comportamientos en etapa de adulto 3 ..... - 44 -
Figura 4-8 Duración de comportamientos en etapa de adulto 4 ..... - 44 -
Figura 4-9 Duración de comportamientos en etapa de adulto 5 ..... - 45 -
Figura 4-10 Duración de comportamientos en etapa de adulto 6 ..... - 45 -
Figura 4-11 Duración de comportamientos en etapa de adulto 7 ..... - 46 -
Figura 4-12 Diagrama de comparación y relación de inductores para los diferentes comportamientos de *Arapaima aff. gigas* ..... - 47 -

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del Problema

Arapaima aff gigas, conocido como paiche, pirarucú o arapaima; es una de las especies más representativas de la ictiofauna amazónica, tanto por el interés científico que despierta en los estudiosos, como por la excelente calidad de su carne utilizada para consumo humano en forma tradicional (Alcantara Bocanegra, 1990); además de su valor económico, ambiental y cultural. A pesar de su importancia, el conocimiento sobre las características de su biología, los aspectos relacionados con las condiciones ecológicas de su hábitat, su comportamiento reproductivo, composición de su dieta natural y peculiaridades zootécnicas, están en plena fase desarrollo, lo que limita las potencialidades para su aprovechamiento y producción en ambientes controlados.

El comportamiento de los organismos vivos tiene una alta significancia en los procesos de domesticación; así, Edward O. Price en alusión a la tematica, permitió el desarrollo de gran número de trabajos referentes a peces, su cría en cautiverio, sus necesidades para el desarrollo, los factores de influencia, las implicaciones genéticas del confinamiento, importante en la expansión de la acuicultura. En cuanto a *A. aff gigas*, hay varios estudios, realizados en una primera fase de confinamiento, que están referidos mayormente a observaciones en el medio natural, entre ellos se destacan los de historia natural, ecología y aprovechamiento, de Sanchez (1960). Estudio del factor de condición de Berger (1972) y estudio del desarrollo sexual y ciclo de maduración de Guerra (1980) citado por Alcantara Bocanegra, (1990). La etología de *A. aff gigas* en condiciones de cautiverio se ha centrado en las respuestas comportamentales desencadenados por factores químicos, físicos y biológicos durante sus etapas desarrollo.

En las diversas investigaciones para *A. aff. gigas*, el análisis etológico tiene varias aristas ya que su entendimiento conlleva complejidad, conceptualizadas por la interpretación de cada investigador y en ocasiones la propia naturaleza dando muestra de su intrincada idiosincrasia (Alcantara Bocanegra, 1990). Para una comprensión más fidedigna del porqué el Paiche manifiesta aquellos comportamientos en cautividad, se requerirá una investigación experimental a profundidad que pruebe con los diversos factores que pudiesen influir. El superar la problemática presentada, requiere de una indagación profunda en bibliografía, para enfocarse en el entendimiento de la conducta de uno de los peces más grandes del mundo, que podrá ayudar a que las partes involucradas en la investigación y aprovechamiento del *A. aff.*

gigas generen protocolos y cuidados en beneficio de la especie, así mismo potenciar su reproducción que sigue siendo un limitante para la explotación piscícola de la especie.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar los patrones de comportamiento para *Arapaima aff. gigas* en cautividad, a través de revisión de la bibliografía disponible.

1.2.2 Objetivos Específico

Establecer patrones de conducta de las diferentes etapas de crecimiento en las que se ha registrado el comportamiento de *A. aff. gigas* en condiciones de cría o cautividad.

Deducir inductores químicos, físicos y biológicos que ocasionan cambios de comportamientos en cría o cautividad.

1.3 Justificación

Este proyecto se orientó como una colaboración al conocimiento existente sobre el comportamiento del paiche, en sus diferentes etapas de desarrollo, como insumos de consideración para su domesticación y cría en cautiverio, así como su utilidad en futuros planes de mejora genética, además de precauciones en la manipulación de esta especie en condiciones controladas (Price, 2002). Sus resultados permitirán relacionar a las ciencias biológicas con la productividad, interpretándose la influencia de los factores en el comportamiento de los especímenes fuera de su hábitat natural, implicaciones de la domesticación, la ética y el bienestar animal, contribuyendo de esa manera al cuidado, aprovechamiento comercial y la conservación del paiche, especie que está en proceso de adaptación a su reproducción en ambientes confinados de cría, con desoves limitados y sujetos a diversas causas de mortalidad en el complejo e intrincado ecosistema amazónico (Alcántara-Bocanegra, Wust, Tello, Rebaza, y Castillo-Torres, 2006; Pasquet, 2018).

CAPÍTULO II

Fundamentación

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Comportamiento en cautividad

Durante el proceso domesticación de los animales, éstos sufren una serie de cambios entre ellos su conducta, ejemplo de aquello es que la mayoría de los espacios son reducidos por lo que muchas veces se manifiestan hiperactivos, inhibición de la territorialidad o movimientos estereotipados atípicos. La densidad de animales también es un factor importante por lo que la población puede presentar patrones de jerarquía (dominantes / sometidos), luchas entre los individuos o cambios en el comportamiento diario. Todas estas interacciones pueden verse influenciadas por el entorno en el que se encuentren y las necesidades ambientales de los animales, afectando su bienestar (Price, 1984).

2.1.2 Elaboración de etogramas

2.1.2.1 Definición de etología

La etología es entendida como ¨el estudio biológico del comportamiento¨ que tiene dos objetivos, el primero explicar el comportamiento de las especies con elementos relativamente sencillos y el segundo describir dichos elementos. Gracias a esta ciencia podemos entender los diferentes tipos de organización social que presentan los seres vivos, como interactúan con las demás especies, la territorialidad que presenta, detalles de su reproducción, las estrategias propias de la especie para aprovechar su entorno y su fisiología. Para entender el comportamiento animal se utiliza el presupuesto de tiempo, que es el tiempo empleado por el animal para la realización de sus funciones vitales (Tinbergen, 1963).

2.1.2.2 El Etograma

El etograma “Es el inventario completo de las pautas de conducta de una especie”. Etograma proviene de *ethos*, costumbre y *gramma*, escritura o registro (Tinbergen, 1969). Así, es un archivo cualitativo y cuantitativo en el que se describe las conductas y las costumbres de los animales, desde la percepción del investigador, registro que frecuentemente se representa de una forma gráfica para mejorar su comprensión (Crespo, 2015).

Las influencias ambientales y culturales, el estado salvaje y la cautividad hacen que varíe el comportamiento entre poblaciones de la misma especie, por lo que es necesario hacer un contraste entre poblaciones. Podemos describir el comportamiento de forma mecánica, es decir tal y como se ven los movimientos, o por el método funcional, donde se da un significado a las acciones del individuo, o una mezcla de ambos, llamado método interpretativo (Dos Santos, 2019).

Los etogramas se elaboran sumando los datos recogidos durante un período de estudio, para obtener la frecuencia de cada actividad por hora. Luego se sistematiza las actividades por el lapso de las observaciones. De esta forma se obtiene un diagrama de frecuencia, que muestra patrones de comportamiento en diferentes momentos del día, lo cual permite interpretar el comportamiento del animal. Todos estos datos son utilizados para advertir: conflictos con actividades humanas, stress animal, la dieta que presenta, grupo social, analizar métodos de conservación favorables, comprensión conductual, entre otros (Neyra, 2014).

2.1.2.3 Tipos de Etograma

La tabla 2-1 muestra los diferentes tipos de etogramas utilizados en los muestreos etológicos, en los que se aplica varios criterios para el aumento de su complejidad.

Tabla 2-1 Tipos de etogramas según su fundamento y aplicación

Tipo de Etograma	Fundamento	Aplicaciones
***Ad libitum* o irrestricto**[1,2]	Método no sistemático que no presenta una regla de registro, no es válido para los análisis cuantitativos	Permite el registro de eventos poco frecuentes
Animal (es) focal (es)[1,2]	Se registran todas las interacciones de un individuo/grupo específico durante un período de tiempo de muestreo	Utiliza comúnmente tanto en registros en la naturaleza como en cautividad
Secuencial o de barrido[1,2]	Busca registrar una secuencia de interacción, en orden.	Usado en registros de comportamientos puntuales
Muestreo temporal o muestreo uno- cero[1,2]	Se registra la aparición de comportamientos dentro del periodo de muestreo, no la frecuencia. Ocurre (1) o no ocurre (0).	En 1930 en el comportamiento de los niños y en los años 50 y 60 se utilizó para estudios de comportamiento en animales en cautividad
Restringido[1,2]	Registra un comportamiento específico durante todas las veces que se produce, en todos los individuos de un grupo en un lapso determinado.	Utilizado en los años 60 y 70 para el registro del comportamiento social de los babuinos en cautividad; el comportamiento agonístico en las aves. Cuando los eventos de comportamiento no ocurren muy a menudo.
Matriz socio métrica[2]	Es una tabulación de todas las instancias en que ocurre un comportamiento determinado dentro de un grupo o pares de individuos.	N/D

Fuente: Adaptado de Altmann[1], 1974 & Ortiz Acosta[2], 2001.

Marera dos Santos (2019) meciona que los etogramas varian según su utlidad, algunos son apropiados para observaciones in situ, otros para ambientes de confinamiento, otros para indivifuos solitarios, otras para grupos, dependiendo la espcie a ser estudiada.

2.1.3 Variables físicas, biológicas y químicas que influyen en la conducta

Existen factores que afectan las actividades que desarrollan para cumplir con las funciones vitales de un individuo, como se expone en la tabla 2-2.

Tabla 2-2 Variables físicas, químicas y biológicas que influyen en el comportamiento animales acuáticos.

VARIABLES		
Físicas	**Químicas**	**Biológicas**
Temperatura	pH	Enfermedades
Precipitación	Amonio	Hormonas
Balance hídrico	Oxigeno	Ontogenia
Luminosidad	Nitrito	Nutrición
Clasificación climática		Neuroendocrino
Volumen de agua		Estrés

Fuente: Adaptado de (Botero Mónica, 2004; Ghersi, 2018)

Esto supone estudiar estímulos tanto internos (p.e. cambios en la concentración plasmática de determinadas hormonas) como externos (p.e. el clima, el fotoperiodo, la disponibilidad de alimento, estímulos olfativos, visuales, y el stress. (Botero Mónica, 2004; Ricardo Ghersi, 2018).

2.1.4 Garantías para el mantenimiento en cautividad de peces

Saraiva *et al.* en 2019 manifiestan que las garantías para el mantenimiento en cautividad de peces es un concepto acuñado en 1965 en el Informe Brambell que trataba sobre la cría de ganado y fue revisado por el Farm Welfare Council (FAWC – Concejo de bienestar para los animales de granja) del Reino Unido en 1979 y se plantea que:

I. Los animales deben estar exentos de hambre como de sed, con acceso a agua fresca y a una dieta que mantenga su salud de igual manera el vigor.
II. No deben padecer incomodidad, proporcionándoles un entorno adecuado que incluya un refugio y una zona de descanso confortable.
III. No pueden sufrir dolores, lesiones o enfermedades, mediante la prevención o el diagnóstico y tratamiento rápidos.
IV. Libertad para manifestar un comportamiento normal, proporcionándoles espacio suficiente, instalaciones adecuadas y la compañía de los animales de su misma especie.

V. Ausencia de miedo y angustia, garantizando unas condiciones, un trato que eviten el sufrimiento mental de los animales.

Estas 5 garantías sirven de base, para legislaciones y recomendaciones en favor del bienestar animal en el mundo, se los utiliza en la academia, educación y veterinaria a pesar de su antigüedad (Saraiva *et al.*, 2019).

2.1.5 Rasgos de comportamiento en teleósteos

El comportamiento en cautiverio es la respuesta adaptativa de los animales a las condiciones ambientales, que les proporciona un ambiente nuevo y restringido en ocasiones menos complejo que el entorno natural, como se detalla en la tabla 2-3. El cambio de comportamiento es un medio para sobrevivir que se da incluso después de la primera generación. Es difícil realizar un contraste del comportamiento en su medio natural con el de cautiverio debido a la complejidad de la obtención de los datos en campo (Pasquet, 2018).

La tabla 2-3 muestra la reacción a limitaciones ambientales y los efectos de la domesticación en los seis rasgos comportamentales de los animales acuáticos.

Tabla 2-3 Rasgos de comportamientos

Rasgos de comportamiento	Reacción a limitaciones ambientales	Efectos de la domesticación
Nado	Respuesta al ataque de un depredador	Individuos salvajes tienen una mayor reactividad
	Cambio de su entorno	Individuos salvajes manifiestan una mayor habilidad en comparación al de cautividad
Búsqueda de alimento	Complejidad ambiental de los entornos naturales	Dificultad para distinguir presas
	Tasa de supervivencia de los alevines	Alevines silvestres tenían una ventaja de supervivencia, la domesticación pueda afectar a la vulnerabilidad de los alevines
Evitar a los depredadores	Respuestas conductuales al riesgo de depredación	La domesticación disminuiría el nivel de defensas contra los depredadores
	Comportamiento antidepredador	Los individuos domesticados no distinguen las zonas de peligro
Social	Agresividad	Presentan mayor agresividad los de cautiverio
	Competencia	Está presente en ambos, estado salvaje y el de cautividad
Reproducción	Posibilidad de reproducción	es mayor en individuos salvajes
Personalidad	Audacia	el nivel de audacia es menor en peces de cautiverio
	Estrés	el salvaje es más propenso al estrés

Fuente: Adaptado de Pasquet, (2018).

La reacción a las diferentes limitaciones ambientales y los efectos que provoca la domesticación determina la manifestación de alguno de los seis rasgos comportamentales expuestos, en ambientes de cautividad y estado salvaje.

2.2 Fundamentación conceptual

2.2.1 Historia natural del paiche

2.2.1.1 Descripción de la especie

El paiche, conocido también como pirarucú en Brasil, es un nombre de origen Tupí (pira=pez y urucu=rojo) atribuido a la intensa coloración en el borde posterior de las escamas en algunas regiones del cuerpo (Moreira da Silva & Paxiúba, 2016). Es uno de los mayores peces de agua dulce del mundo, llegando a medir hasta 3 m de longitud total con un peso promedio de 200 kg. Presenta un cuerpo alargado, cilíndrico y comprime gradualmente en la aleta dorsal hasta la caudal, su cabeza es planada en la región de los ojos y tiene una relación del 10% con el cuerpo. Su coloración es ceniza oscura (pardo y acero) con el borde de las escamas amarillas o de color rojizo. Sus aletas son pequeñas están orientadas hacia atrás. Su lengua es una sección ósea de 25 cm de longitud total y 5 cm de ancho. Tiene dientes filiformes (Campos-Baca, 2001; Migdalski, 1957).

El paiche posee branquias poco desarrolladas para captar el oxígeno del agua, por esta razón tiene una dependencia de salir a la superficie a respirar el oxígeno atmosférico en intervalos de entre 15 y 20 minutos gracias a una vejiga natatoria vascularizada, aunque puede permanecer sumergido hasta 40 minutos si se ve amenazado. Alcanza la madurez sexual después de los 4-5 años de edad y la esperanza de vida media es de 15 a 20 años, que ha sido registrada en individuos en cautiverio (Ferreira-Lima, 2017; Marques, 2003; Rebaza, Alcantara, y Valdivieso, 1999).

2.2.1.2 Taxonomia y filogenomica del A. aff gigas

Arapaima aff. gigas revela cuatro taxas validas *A. Agassizii; A. leptosoma ; A. arpaima; A. gigas;* debido a la no determinación y la similitud entre especies se utilizó el termino affinis (Castello & Stewart, 2010; Stewart, 2013b, 2013a). El paiche pertenece al orden Osteoglossiformes que está en la base de la evolución de los peces teleósteos vivos, teniendo como origen el período Jurásico (165 millones de años en el pasado), comprende seis familias, 29 géneros y alrededor de 217 especies (Moreira da Silva y Paxiúba, 2016).

El estudio genómico del paiche que se expone en la figura 2-1, dio como resultado un árbol filogenético que denota la relación entre Arapaima y otras once especies de peces óseos a partir de 234 genes ortólogos. La topología concuerda con el actual árbol filogenético de los peces, muestra que el pirarucú es un grupo hermano de la arawana asiática (Du et al., 2019).

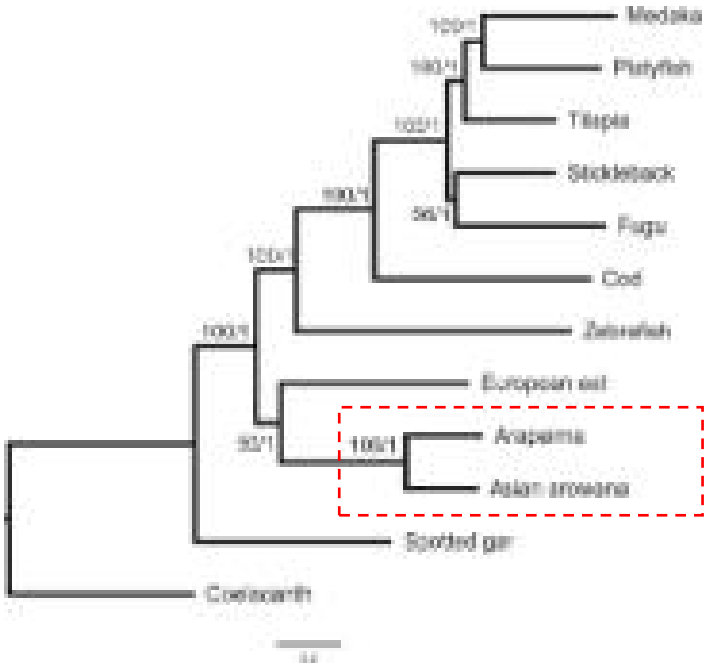

Figura 0-1 Árbol filogenético de Osteoglossiformes
Fuente: Grafica obtenida de (Du *et al.*, 2019)

La estimación de divergencia de los dos linajes de lenguas óseas se dividió aproximadamente 138,4 Ma, lo que podría ser indicativo de una tasa de evolución de los genes nucleares más lenta que la promedio en este linaje (Du et al., 2019).

2.2.1.3 Hábitat y distribución

El paiche tiene una estrategia de adaptación a la variabilidad del ciclo hidrológico regional. Viven en aguas blancas o várzea y aguas negras ricas en taninos, en lagos, pantanos, paranás e igarapés de las regiones tropicales de agua dulce de América del Sur, como son las cuencas del Amazonas y Tocantins, en un rango de temperatura de 24 a 31 °C, un pH de 7,5-7,8, pero siendo encontrado también en aguas ligeramente acidas, con niveles de oxígeno de 2,40-5,60 mg/l (Watson, Stewart, y Teece, 2013).

Naturalmente se encuentra en Perú, Guyana, Colombia, Ecuador, Venezuela y el Brasil (GBIF, 2019) e introducido en Bolivia, preferentemente en las cuencas del río Amazonas, el Orinoco, y el Essequibo en Guyana y Tocantins-Araguaia (Moreira da Silva y Paxiúba, 2016).

En Ecuador se localizan especímenes en las cuencas hidrográficas del río Aguarico, en sitios como el complejo lacustre de Cuyabeno. En el río Napo existen registros para Pañacocha, sus afluentes como el río Yasuni. Para el río Curaray hay evidencias en Lorocachi y Zuelian. En la cuenca del Pastaza se encuentra en territorio Achuar, Kapawi y Charapacocha. Por último, en el río Morona se lo ha observado en Laguna Negra y Crea ayauch (Barriga, 2012; Burgos-Morán et al., 2018; Barriga, 1986; Stewart, Barriga, y Ibarra, 1987).

2.2.1.4 Dieta del Arapaima aff gigas.

El paiche es una especie principalmente carnívora, se alimenta de otros peces más pequeños, aunque también puede alimentarse de restos vegetales y crustáceos; los juveniles de *A. aff. gigas* en cambio prefieren insectos, microcrustáceos y gasterópodos (De Oliveira, Poleto, y Venere, 2005).

Estudios de isotopos estables de nitrógeno y carbón sugieren que los peces, algívoros/detrívoros y omnívoros son los que más contribuyen a la masa corporal de *A. aff gigas,* mientras que peces piscívoros no hacen una contribución sustancial a ésta, estos eran notables en la dieta durante la temporada de inundaciones. Los paiches prefieren alimentarse de macroinvertebrados, especialmente decápodos; sus características morfológicas como dientes relativamente pequeños, agallas con branquiespinas numerosas y cercanamente espaciadas y los datos obtenidos insinúan que el arapaima es un consumidor secundario y que puede ser caracterizado como un pez omnívoro y no como un depredador mayor (Watson et al., 2013).

En cautividad los pirarucu muestran preferencia por una dieta diurna rica en proteínas. En el estudio realizado por Olivetti et al. en 2016 sometieron al paiche a diferentes dietas nutricionales, determinando una ingesta nutricional de: 56,3% de proteínas, 24,2% de carbohidratos 19,5% de grasa y 150-151 kJ/kg de peso corporal/día de energía.

El *Arapaima aff. gigas* posee 58 placas óseas de diferentes tamaños distribuidas en la superficie de la cabeza, cada una de las cuales tiene de 6 a 8 poros. Estos poros, en los machos, segregan una sustancia de aspecto mucoso. Según los ribereños y piscicultores, alimentan a los alevines que están cerca de la cabeza con aquella mucosidad, una práctica similar a la de *Symphysodon spp.*, un pez cíclido también del amazonas que, a partir de la segregación de mucosidad con contenido de proteína y anticuerpos, alimenta a sus alevines los primeros días de eclosionados (Chong K, Tham S, Foo J, Lam T, 2005; L. Torati et al., 2017).

2.2.1.5 Ciclo de vida

El ciclo vital de *A. aff. gigas* estaría comprendido por cuatro periodos los que son: huevos fertilizados, alevín, juvenil y adulto como se detalla a continuación en la tabla 2-4.

Tabla 2-4 Síntesis de las cuatro etapas de vida de *A. aff. gigas*

Periodos	Rango de tiempo (días)	Características	Fuente
Ovulo fecundado o larva	0 - -7	Constituye el óvulo fecundado después del cruce	Moreira da Silva y Paxiúba, (2016)
Alevín	7 - 90	Desarrollo del tubo digestivo, medida media de unos 1,83 cm capacidad de respiración aérea.	Imbiriba, (2001); Tafur et al., (2017)
Juvenil	90 - 1642 (< 4,5 años)	Longitud total inferior a 165 cm y sexualmente inmaduro.	Moreira da Silva y Paxiúba, (2016)
Adulto	> 1642 (> 4,5 años)	Maduración sexual	Alcantara Bocanegra, (1990)

Compilado por: Aldas y Villalta

La determinación de la etapa adulta está todavía en discusión, debido a los diferentes criterios que precisan entre los 3 años y hasta los 6 años para la maduración sexual del pez.

2.2.1.6 Morfología y fisiología

La boca es grande y oblicua con menos prognatismo maxilar. La aleta dorsal se origina en el tercio posterior del cuerpo y sus últimos rayos van más allá del origen de la cola. La aleta anal comienza junto a dos filas de escamas detrás del origen de la dorsal, y la cola es redondeada. Las aletas abdominales y ventrales son más pequeñas que las otras (Campos-Baca, 2001; Moreira da Silva y Paxiúba, 2016).

El cuerpo del Pirarucú está cubierto de grandes escamas cicloidales y granuladas, formadas por gruesas capas de fibras de colágeno. Tienen propiedades únicas que les confieren una mayor resistencia, desempeñando un papel importante en su protección contra depredadores. La arteria mesentérico-celíaca es responsable del flujo del tracto digestivo (Santos et al., 2007). La neurohipófisis de Pirarucú está bien diferenciada entre la eminencia mediana y el lóbulo neural, mientras que las células de la adenohipófisis fueron identificadas sólo por inmunohistoquímica, revelando algunas características basales de los ancestros Achtinopterygii (Alcántara-Bocanegra et al., 2006; Campos-Baca, 2001; Moreira da Silva y Paxiúba, 2016).

Para la distinción de sexo, en el período no reproductivo, se usa la determinación sexual de los adultos, mediante el uso de un inmunoensayo enzimático para la detección de vitelogenina y la relación entre los niveles de 11-k-testosterona y estradiol (Núñez et al., 2009). Otra alternativa es el uso de laparoscopia en la visualización de las gónadas masculinas y femeninas, con los animales anestesiados, un método eficaz de diferenciación sexual que causa un mínimo de estrés a los peces (Alcántara et al., 2006; Costa-Amaral, Ganeco-kirschnik, Lima, y De-Almeida, 2020; L. S. Torati, Lima, Nakaghi, y Kirschnik, 2019).

2.2.2 Importancia del Paiche

2.2.2.1 Estado de conservación

El Paiche en un contexto global se encuentra como una especie con Datos Insuficientes (DD) en la Lista Roja de la UICN, debido a la escasa información para desarrollar una evaluación del riesgo de extinción, basándose en la distribución o condición de la población. En Ecuador el *A. aff. gigas* figura como Vulnerable (VU B2ab(iii)) en la lista roja nacional de peces de agua dulce de Ecuador, publicada en 2019 (Burgos-Morán & Anaguano-Yancha, 2019). Algunos estudios indican que la principal amenaza para el Pirarucú es la sobrepesca. Su proximidad a la superficie lo hace vulnerable a los pescadores, quienes pueden capturarlos fácilmente con arpones desde sus canoas. En la década de 1960, después de dos siglos de explotación extensiva, el Paiche comenzó a escasear, y por la década de 1970, estuvo comercialmente extinto en las proximidades de las principales ciudades de la Amazonía (Arantes y Castello, 2011; Hrbek, Crossa, y Farias, 2007).

2.2.2.2 Especie paraguas para la conservación ambiental

El *A. aff. gigas,* es una especie que requiere grandes extensiones de agua para subsistir de manera natural. Además, es sensible a las perturbaciones producidas por actividades humanas y a la pérdida de su entorno, su protección funciona como un canal para la conservación de todo el ecosistema asociado (WWF, 2018). La aplicación de un modelo de gestión y conservación del paiche preserva su diversidad genética, genera reservas para otras especies como lo son *T. inunguis* (Manati amazoni), *I. geoffrensis* (Delfin rosado), *P. brasiliensis* (Nutria gigante) entre muchas otras, así mismo forma corredores biológicos para la migración de otras especies de peces (Hrbek et al., 2007).

2.2.2.3 Aprovechamiento en cautiverio

El *A. aff. gigas* es una especie con gran potencial para la piscicultura por ser muy exquisita y carecer de espinas pequeñas. Por tanto, es necesario conocer sus necesidades y las condiciones óptimas para la formación parejas, lo que es un requisito primordial para una gestión productiva eficiente, ya que puede criarse de manera semi intensiva e intensiva en virtud de su mecánica respiratoria que los hace capaces de tolerar altas densidades de cultivo, en ambientes con bajas concentraciones de oxígeno disuelto, así como altas concentraciones de amoníaco. Tiene un alto valor comercial, un rendimiento rentable, excelente sabor de la carne y fácil transporte (Martins, Martins, y Pena, 2017; Moreira da Silva y Paxiúba, 2016).

Se han desarrollado cultivos en diversas modalidades, alcanzando en promedio pesos de hasta 10-15 kilogramos por año y con producciones que pueden llegar a 8 000 kg ha^{-1} $año^{-1}$, mientras con ganadería se llega a producir no más de 200 kg ha^{-1} $año^{-1}$ (Rebaza *et al*., 1999). Asimismo, en Brasil existen antecedentes de la crianza de paiche, en donde se ha logrado alcanzar 14 kg en un año (Campos-Baca, 2001; Lujan, 2007; Ramírez, Coronado, Silva, & Romero, 2018).

2.2.3 Comportamiento de Arapaima aff gigas.

2.2.3.1 Comportamiento en etapa larval

Después de la eclosión, las larvas permanecen en el nido durante cinco días hasta que el saco vitelino es absorbido. Las larvas son negras y nadan sobre la cabeza y la región dorsal del padre, que las protege; y, sólo son visibles después de alcanzar una semana de vida. Durante este período, las larvas ya salen a la superficie del agua en el ejercicio de la respiración aérea a las 103 horas post-eclosión (hpe) (4,3 días), produciendo en la superficie del agua del estanque un burbujeo de 10 cm, de diámetro que permanece unos dos segundos, lo que supone que presentan tres características importantes: i) un alto grado de independencia natatoria, ii) la capacidad de respirar oxígeno atmosférico y iii) la capacidad de atrapar y usar alimento exógeno (Fontenele, 1948 citado por Alcantara Bocanegra, 1990; Tafur *et al.*, 2017).

El tiempo de inicio de la alimentación exógena del Paiche fue estimado entre los 146 hpe (6,1 días). Los peces habían desarrollado completamente el tubo digestivo, se alimentaban de quistes de *Artemia*, medían en media unos 1,83 cm y habían desarrollado la capacidad de respiración aérea (Imbiriba E. P., 2001; Tafur *et al*., 2017).

La falta de comportamiento de cardumen lleva a un estado de perturbación en las larvas de Arapaima. La desorientación observada en los peces criados a menores densidades conduce a una condición de estrés, como lo confirma el nivel más alto de plasma de cortisol observado en las larvas mantenidas en una proporción de 800 larvas*m^{-3}. En los peces, la respuesta al estrés comienza segundos después de la presencia de un factor estresante por la activación de los ejes neuroendocrinos y la liberación de catecolaminas y cortisol.

La nueva condición fisiológica, la demanda de movilización y distribución de energía produce además respuestas metabólicas osmorreguladoras, inmunológicas y cambios de comportamiento. Cuando esta situación de estrés se prolonga durante un período largo, da lugar a un menor rendimiento, baja capacidad de recuperación de los recursos energéticos, disminución de aptitudes de adaptación, afecta negativamente a las funciones comunitarias, y las tasas de supervivencia, lo que puede explicar el menor rendimiento zootécnico del grupo que se encuentra en la densidad de 400 larvas*m^{-3} (Kunz y Hemelrijk, 2012; Lima *et al*, 2006; Iwama *et al*. 2004; Ellis *et al*, 2012 citado por Macedo-Santana *et al*., 2020).

2.2.3.2 Comportamiento en etapa de alevín

Durante los primeros meses, los alevines viven en cardúmenes protegidos por sus padres. La mortalidad es baja, porque el canibalismo no se da entre los miembros de esta especie, y también porque los padres protegen a la descendencia (Imbiriba., 2001).

La cría de alevines en densidades de 2000 larvas.m^{-3} pueden explicarse por el comportamiento gregario natural del arapaima sin dominancia, estimulado por las sustancias secretadas por las glándulas cefálicas presentes en los padres. Estas feromonas excretadas son responsables de atraer a la descendencia para que se acerquen a las cabezas de los progenitores. Este comportamiento permite a los padres guiar a sus hijos a lugares donde se concentran más alimentos, una situación que continua hasta el tercer mes. Además, se observa un comportamiento de protección por mimetización de larvas, que consistía en oscurecerse, con cabezas de color rojizo. En la larvicultura en interiores, las larvas continuaron mostrando un comportamiento de protección, un hábito que aprenden de los padres después de la eclosión, que posiblemente se ve favorecido por el líquido cefálico secretado (Castello, 2008, Halverson, 2013, Torati, *et al*. 2017 citado por (Macedo-Santana et al., 2020).

2.2.3.3 Comportamiento en etapa juvenil

Aproximadamente, después de tres meses de vida, los alevinos se vuelven más independientes y migran al bosque inundado coincidiendo con la disminución del cuidado parental (Moreira da Silva & Paxiúba, 2016). Durante un tiempo aproximado de 1200 días el Paiche mantendrá una asimilación nutricional constante en dependencia de la alimentación proporcionada en la granja piscícola (Burgos, Andino, Salazar, & Sanchez, 2020).

2.2.3.4 Comportamiento en etapa de Adulto

En cuanto al comportamiento reproductivo del Pirarucú, se registró la falta de interés por los alimentos como signo precursor de la reproducción. Las peleas fueron reportadas por Imbiriba, 1991 como un proceso de aislamiento de la zona de puesta que denota claramente el comportamiento de cortejo y territorialidad. Existe la hipótesis de que un mes después de los picos de estradiol (E2) en las hembras de Paiche, hormona que está relacionado con la vitelogénesis, genera aquel comportamiento, además de existir una baja concentración de esta hormona esteroidea en los machos (Monteiro, Soares, Catanho, y Honczaryk, 2005).

Se observó que hay un cambio de color, con ennegrecimiento de la cabeza y la región dorsal, así mismo manchas anaranjadas en la parte inferior de la cabeza y que este cambio es un carácter sexual secundario del macho de *A. aff gigas* aspecto confirmado por el perfil hormonal de estos peces, que mostraban una mayor concentración de la hormona sexual masculina (testosterona). Bard y Imbiriba (1986) corroboraron las observaciones e informaron de que este cambio se produce con mayor énfasis en la estación de lluvias, y altas temperaturas que coincide con el período de reproducción de esta especie, pero se señala que no existe diferencia de sexos por la coloración (Alcantara Bocanegra, 1990; Monteiro *et al*., 2005).

Después del emparejamiento en el que la pareja nada alrededor del nido, fertilizando y cuidando el de él, la agresividad no es alta. El momento que los alevinos empiezan a realizar respiración atmosférica detectaron aumento del comportamiento agresivo uno de los progenitores permanecía debajo del cardumen y emergía posteriormente para respirar presumiblemente el macho, el otro cuidaba su territorio (un área que abarcaba la mitad del estanque), llegando a efectuar embestidas ruidosas contra las personas que se encontraban en las orillas del mismo. Algunas veces, estos ejemplares llegaron a elevarse por lo menos 0,5 metros sobre la superficie del estanque, produciendo un fuerte ruido, acompañado de la expulsión de una buena cantidad de agua que era arrojada sobre los intrusos. El comportamiento agresivo observado fue atenuándose a medida que se dispersaba del

cardumen, aproximadamente a los seis meses de edad de las crías (Alcantara Bocanegra, 1990; Campos-Baca, 2001).

La alta densidad de individuos en la puesta, la gestión mensual para la recogida de sangre son factores estresantes. Lo que ocasiona que la madurez sexual del Pirarucú en cautiverio se retrase considerablemente, como ejemplo la baja producción de semen en los machos, numerosos factores pueden contribuir a la atenuación del estrés, como el género, la edad, la estación del año, las condiciones físicas, la jerarquía y la calidad del agua, entre otros (Lima, 2017, 2018; Monteiro *et al*., 2005; Moreira da Silva y Paxiúba, 2016; Núñez *et al*., 2009).

Arapaima aff gigas mostro una reproducción en poligamia en la que el macho se aparea con varias hembras pero además existe la fecundación por parte de otros machos parásitos, lo que nos daría como resultado un cuidado aloparental en el que el macho cuida alevines que no son suyos, quizás esto como una ventaja evolutiva ante la depredación, ya que a mayor número de alevines menor posibilidad de ser depredados (Farias *et al*., 2015).

2.3 Fundamentación referencial

2.3.1 Evidencia de estudio del comportamiento en cautiverio de A. aff gigas en Europa, Asia, América del norte y el Caribe.

En países europeos como Alemania se encontró estudios experimentales del comportamiento que presenta la especie con fines en piscicultura, realizado por Sengbusch-Hamburg, Sengbusch-Eschborn, y Meske-Cellarius-Ahrensburg, en 1974, son un ejemplo del interés por el estudio etológico.

En Estados Unidos analizaron el comportamiento del paiche para su aprovechamiento en acuicultura en Florida, su carácter pacífico y de fácil control lo hacen idóneo para esta práctica (Tuckett, Ritch, Lawson, y Hill, 2016).

En otros países como Tailandia, Malasia, Singapur, China, Indonesia, Filipinas, Cuba y México hay evidencia de su utilización solo detallada en la base de datos de CITES (CITES, 2021) pero no se halló literatura que aborde estudios etológicos.

2.3.2 Evidencia de estudio del comportamiento en cautiverio de A. aff gigas en américa latina

En Brasil, su estación Piscola Embrapa Amazônia Ocidental, donde diversos investigadores realizan sus estudios en paiche ejemplo de ello es el artículo científico sobre comportamiento en cautividad del pirarucu expuesto a niveles de estrés, así mismo la Sociedade Brasileira de Ictiologia ha aportado significativamente con literatura referente, en donde los investigadores mencionados en este trabajo han realizado estudios enfocados en la etología de *A, aff gigas* (De Oliveira *et al*., 2005; Murierta, Zumaeta, Flores, y Nobre, 2019).

Por otra parte, en Perú se han realizado estudios de comportamiento sexual en cautiverio, trabajos en larvicultura, es un país que evidencia un mayor interés por el tema de piscicultura y por ende el estudio etológico del paiche (Bocanegra y Frías, 2003; Murierta *et al*., 2019).

De la misma manera, Colombia es un país que ha realizado varios estudios en la estación Piscícola de la Universidad de la Amazonía, ubicada en la Granja Santo Domingo Florencia - Caquetá. El biólogo Hugo Rojas estudio el comportamiento reproductivo del paiche en un reservorio artificial donde fueron mantenidos los reproductores de pirarucú que simula el hábitat natural (Franco-Rojas, 2005).

2.3.3 Evidencia de estudio del comportamiento en cautiverio de A. aff gigas en Ecuador

En Ecuador hay evidencia del estudio de los peces Osteoglociformes entre ellos A. *aff giga*s, realizado por Donald Stewart y Ramiro Barriga de la Escuela Politécnica Nacional y universidades extranjeras que data el año 1986-87, desde aquellos años no se hallado informacional referente al paiche en el país, mucho menos estudios comportamentales realizados en el país, hasta estos últimos año en los que FAO, WWF, UICN, WCS entre otras ONGs, junto a universidades como la Universidad Estatal Amazónica, con su Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), donde se implementó el programa de Recursos Acuáticos desde el 2013 y donde se desarrolló el proyecto de investigación sobre adaptación de peces nativos al cautiverio como alternativa de conservación *ex-situ*, adelantándose diversos ensayos y levantamiento de información referente al aprovechamiento del Paiche, que han sido referentes al país (Burgos-Morán *et al*., 2018; Ramiro Barriga, 1986; Stewart *et al*., 1987).

CAPÍTULO III

Metodología de la Investigación

3.1 Localización

Debido a que este proyecto de titulación es netamente bibliográfico, no determinamos una localización exacta, siendo realizada una investigación global donde existe presencia de *A. gigas* en cautiverio, siendo estas en países de la región como Brasil y Perú, pero otras a mayor distancia en países como Indonesia, filipinas, etc, en Asia. Para Ecuador se tomó en cuenta evidencias bibliográficas de las provincias de Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Napo.

3.2 Tipo De Diseño

Diseño exploratorio – Documental

Se aplicará una investigación con un diseño exploratorio documental, que se basa en la revisión de diversas fuentes de información que van desde vídeos hasta textos que abordan temas existentes en la que se aplica al aprendizaje de las técnicas de organización y manejo del trabajo con documentos. El enfoque del diseño documental siempre se preocupa por la fidelidad de información. Toda información, se estudia en profundidad, para descubrir incoherencias y contradicciones, utiliza a la vez varias fuentes distintas, cotejándolas cuidadosamente y, en general, rigiéndose por una sana dosis de escepticismo. En este diseño hay que ser racionalmente selectivos. Esto permite aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular, investigar problemas del comportamiento humano o animal, que consideren cruciales los profesionales de determinada área, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones (postulados) verificables (Dankhe, 1986 citado por (Zafra-Galvis, 2006)).

3.3 Métodos de investigación

3.3.1 Evaluación de patrones de comportamiento de Arapaima aff gigas

Se efectuó un método de revisión documental secundaria en torno a la información relevante acerca de patrones etológicos del *Arapaima aff. gigas* en ambientes confinados y salvajes, que fue realizado de noviembre de 2020 a mayo de 2021, con el uso de buscadores científicos de acceso libre como: Scielo, Google scholar, PubMed y ResearchGate y Tesis / trabajos de grado; además de las bases de datos de CITES y FAO.

La primera fase fue: exploratoria de ensayo – error, utilizando combinación de palabras clave en diferentes idiomas. La segunda fase comprendió: la definición de descriptores y criterios de exclusión de información. Por último, la selección de datos clave, de excelente calidad, fiabilidad y valides metodológica, que dieran respuesta a nuestros objetivos planteados, como se detalla en la tabla 3-1.

Tabla 3-1 Descriptores de búsqueda

Descriptores				**Documentos seleccionados**
Palabras claves		Conectores	Límites de exclusión	
1ria	**2ria**			
Arapaima	behaviour captivity ethology	and / *	> 1950	-Bases de datos -Tesis / Trabajo de grado - Artículos científicos
Paiche	comportamiento cautiverio etología	y / *	> 1970	
Pirarucú	comportamento cativeiro etologia	é / *	> 1990	

Compilado por: Aldás y Villalta

3.3.2 Recopilación de comportamientos y sus inductores en diferentes etapas de vida

3.3.2.1 Análisis de datos

La información obtenida de la extensa revisión bibliográfica sobre el comportamiento de *A. aff gigas* fue analizada de manera minuciosa. Las comparaciones entre tipos de comportamientos en cautividad y estado salvaje llevaron a la elaboración de una base datos en la cual se clasificó los datos por: i) rasgos comportamentales, ii) etapas de vida, iii) tipos de conductas, iv) sexo, v) tiempos estimados de comportamiento, vi) patrones temporales, vii) agentes inductores.

El trabajo detalla literatura profesional sobre el comportamiento de *Arapaima aff. gigas,* a continuación, en la tabla 3-2 se detallan el número de documentos por tipo.

Tabla 3-2 Número de documentos por tipo de documentación científica

Tipos de Documentación Científica	Cantidad
Tesis de Licenciatura	4
Tesis de Maestría	1
Artículo indexado	65
Artículo de Congreso	3
Artículo Extenso	6
Libro	5
Total	**84**

Compilado por: Aldás y Villalta

Los 84 documentos aportan una visión generalizada de la calidad de información extraída, que han sido recuperados de bases de datos científicas.

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusión

4.1 Patrones de comportamiento

4.1.1 Comportamiento en etapas de Larva y Alevín

La tabla 4-1 muestra que no existe una diferencia en el comportamiento durante la etapa de larva y alevín, entre el estado salvaje y de cautiverio.

Tabla 4-1 Comportamientos en etapas de larva y alevín en estado salvaje y cautiverio

Comportamiento	Etapa						Fuente
	Salvaje			Cautiverio			
	Larva	Alevín	Juvenil	Larva	Alevín	Juvenil	
Nados ondulatorios sobre su propio eje (10seg)							(Tafur et al., 2017)
Nados torpes e independientes, cardumen no desarrollado							(Tafur et al., 2017)
Nado vertical de alrededor de 8cm de altura (30seg)							(Tafur et al., 2017)
Emergen a la superficie y nado en grupos, cardumen aun no desarrollado							(Tafur et al., 2017)
Inician su alimentación exógena y la capacidad de respiración aérea							(Imbiriba E. P., 1991; Tafur et al., 2017)
Natación veloz pero aún sin presentar el comportamiento de cardumen							(Tafur et al., 2017)
Perturbación y desorientación por ausencia de cardumen							(Macedo-Santana et al., 2020)
Protección por mimetización, oscurecimiento, con cabezas de color rojizo							(Macedo-Santana et al., 2020)
Nado en cardumen junto al padre							(Olivetti, Teixeira, Anjos-Santos, et al., 2016)

Compilado por: Aldás y Villalta

Macedo-Santana et al., (2020) describe que los alevines en cautividad manifiestan perturbación y desorientación al encontrarse en densidades bajas de individuos, generando baja movilidad lo que provoca respuestas metabólicas, osmorreguladoras e inmunológicas.

4.1.2 Comportamiento en etapa Juvenil

La tabla 4-2 da muestra de la existencia de mayor cantidad de datos para el ambiente de cautiverio, debido a la facilidad de observación que otorga el confinamiento.

Tabla 4-2 Comportamiento en estado salvaje y cautiverio en etapa Juvenil

Comportamiento	Etapa		Fuente
	Salvaje	Cautiverio	
	Juvenil	Juvenil	
Retraso de la madurez sexual			(Amaral, Venturieri, y Moreira, 2019; Monteiro et al., 2005)
Independencia y migración del lugar de nacimiento			(Campos-silva, Hawes, y Peres, 2019; Moreira da Silva & Paxiúba, 2016)
Coleteo (Diario a media mañana y a media tarde)			Burgos-Moran
Respiración sincronizada (mayor actividad en el día que la noche)			(Olsen, 2014)
Agrupación en zonas sombrosas del estanque y disminución de persecución de peces presa			(Olsen, 2014)
Producción de sonidos de exhalación para asustar depredadores (cerca del rango de audición de mamíferos terrestres)			(Olsen, 2014)
Alimentación crepuscular- nocturna (18:00 a 21:00)			(Olivetti et al., 2016)
Alimentación diurna			(Olivetti et al., 2016)
Aprendizaje al uso de auto alimentadores			(Olivetti, Teixeira, Amaral, Tavares, y Fortes da Silva, 2016)

Compilado por: Aldás y Villalta

Olivetti et al. (2016) alude que los juveniles de paiche el momento de alimentarse en un ambiente confinado, modifican sus hábitos silvestres debido a la ausencia de depredadores y la disponibilidad de alimento durante las horas de sol.

4.1.3 Comportamiento en etapa Adulta

La tabla 4-3 señala que, durante la etapa de madurez sexual, debido a la importancia económica que representan la obtención de crías, se ha evidencia un mayor esfuerzo de investigación.

Tabla 4-3 Comportamentales de nado en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto

Comportamiento	Etapa				Fuente
	Salvaje		Cautiverio		
	Adulto		Adulto		
	M	H	M	H	
Comportamiento gregario					(Campos-silva et al., 2019; Galvão-de-Lima y Batista, 2012)
Migraciones puntuales para desove					(Campos-silva et al., 2019; Galvão-de-Lima y Batista, 2012)
Nado junto a la descendencia (Machos)					(Souza, Bevilacqua, y Queiroz, 2010)
Sedentarismo del macho durante el cuidado parental, sin que se produzcan desplazamientos importantes					(Campos-Silva et al., 2019)

Compilado por: Aldás y Villalta

Los adultos mantienen un comportamiento gregario la mayoría del tiempo, pero realizan pequeñas migraciones en épocas de lluvia con la finalidad de encontrar zonas propicias para el desove, los machos en ambos ambientes cuidan de la progenie durante el nado (Campos-Silva et al., 2019).

La tabla 4-4 indica que, los arapaimas en edad adulta exhiben una alimentación crepuscular que se pierde en cautiverio debido a que se le es proporcionado el alimento durante las horas de sol y pierden la necesidad de cazar.

Tabla 4-4 Comportamentales de búsqueda de alimento en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto

Comportamiento	Etapa				Fuente
	Salvaje		Cautiverio		
	Adulto		Adulto		
	M	H	M	H	
Secreción de feromonas de glándulas cefálicas (Machos)					Chong K, Tham S, Foo J, Lam T, (2005); Macedo-Santana et al., (2020); L. Torati et al., (2017)
Alimentación crepuscular-nocturna (18:00 a 00:00)					(Campos-Silva et al., 2019)

Compilado por: Aldás y Villalta

Los paiches poseen una característica peculiar que es la secreción de feromonas de las glándulas cefálicas, esto alimenta a los alevines los primeros días, permitiéndoles contar con un alimento de valor nutricional alto (Macedo-Santana et al., 2020; L. Torati et al., 2017).

La tabla 4-5 demuestra que los rasgos de comportamiento para evitar depredadores en los adultos esta designada en su mayoría al macho.

Tabla 4-5 Comportamentales de Evitar a los depredadores en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto

Comportamiento	Etapa				Fuente
	Salvaje		Cautiverio		
	Adulto		Adulto		
	M	H	M	H	
Cuidado aloparental (cuidado de crías no emparentadas)					Farias et al., (2015)
Cuidado del nido y los huevos					Campos-Baca, (2001); Meyers y Ritchie, (2020); Moreira da Silva y Paxiúba, (2016)
Protección de la descendencia					Campos-Baca, (2001); Meyers y Ritchie, (2020); Moreira da Silva y Paxiúba, (2016)
Aumento del comportamiento agresivo, uno de los progenitores permanecía debajo del cardumen (Macho), el otro cuida su territorio, llegando a efectuar embestidas ruidosas					Alcantara Bocanegra, (1990)
Saltos de por lo menos 0,5 metros sobre la superficie del estanque, produciendo un fuerte ruido, acompañado de la expulsión de agua que es arrojada sobre los intrusos					Alcantara Bocanegra, (1990)
Traslado de la descendencia del nido a zonas con vegetación acuática flotante					Galvão-de-Lima y Batista, (2012)
Limpieza y desbroce de plantas en la zona de construcción del nido, para evitar peces depredadores pequeños					Gurdak, Stewart, Castello, y Arantes, (2019)

Compilado por: Aldás y Villalta

El pirarucu al ser un pez robusto en su edad adulta carecería de depredadores naturales, pero es un acérrimo protector de su descendencia, se caracteriza por presentar comportamientos extraordinarios para evitar depredadores, ausentes en la mayoría de los peces de agua dulce, debido a su reproducción tipo “K”(Castello, Sterwart, & Arantes, 2011).

La tabla 4-6 expone el énfasis de los investigadores por comprender los comportamientos que conducen a la reproducción de la especie, las interacciones en cautividad han permitido que se detallen aspectos discutidos como: lo es la diferenciación entre machos y hembras por medio de diferencias morfológicas como la coloración de las escamas; así mismo la presencia de monogamia y poligamia (Farias *et al*., 2015; Lima, 2018; Moreira da Silva & Paxiúba, 2016).

Tabla 4-6 Comportamentales de reproducción en estado salvaje y cautiverio en etapa de adulto

Comportamiento	Etapa				Fuente
	Salvaje		Cautiverio		
	Adulto		Adulto		
	M	H	M	H	
Baja producción de semen					(Moreira da Silva y Paxiúba, 2016)
Coloración oscura que se extiende desde la parte superior de la cabeza hasta la aleta dorsal, manchas amarillentas en la parte inferior de la cabeza y sus flancos, vientre y parte caudal tienen una intensa coloración rojiza antes de la reproducción					Campos-Baca, (2001); Monteiro et al., (2005); Moreira da Silva y Paxiúba, (2016)
Color marrón claro antes de la reproducción (hembras)					Campos-Baca, (2001); Monteiro et al., (2005); Moreira da Silva y Paxiúba, (2016)
Reducción del apetito (antes reproducción)					Monteiro et al.,(2005)
Peleas para marcar territorio y cortejo (antes reproducción)					(Imbiriba E. P., 1991)
Poligamia					(Farias et al., 2015; Lima, 2018)
Monogamia					(Farias et al., 2015; Lima, 2018)
Fecundación parasita (Machos)					(Farias et al., 2015)
La pareja nada alrededor del nido, fertilizando y cuidando de él, agresividad no alta.					(Amaral et al., 2019; Campos-Baca, 2001; Lima, 2018)
Excavación de sustrato para sus nidos en lugares poco profundos					(Amaral et al., 2019; Campos-Baca, 2001; Campos-silva et al., 2019; Moreira da Silva y Paxiúba, 2016; B. Olivetti et al., 2016)
Búsqueda de lugares sin vegetación flotante					(Galvão-de-Lima y Batista, 2012)
Agresión y disputas cuando existe un sesgo sexual (presencia no homogénea de hembras y machos)					Lima, (2018)
Desove durante época de lluvias					Lima, (2018)
Múltiples desoves en un mismo ciclo reproductivo (intervalo 62,5 días)					Lima, (2018)
Incubación bucal					(Meyers y Ritchie, 2020)
Color rojizo en la quinta escama Machos					(Lima, Alves, & Torati, 2020)
Color rojizo a partir de la sexta escama Hembras					(Amaral et al., 2019; Lima et al., 2020)
Nado en pareja en paralelo a corta distancia, arremolinándose, persiguiéndose días antes de la reproducción					(Amaral et al., 2019; Núñez-Rodríguez et al., 2018)
Elección de la pareja sexual					(Amaral et al., 2019; Monteiro et al., 2005)

Compilado por: Aldás y Villalta

Un comportamiento para detallar en cautividad es el desove durante un mismo ciclo reproductivo, que se da en intervalos de 62,5 días, estos son comportamientos debidos a la inducción hormonal a la pareja o al retiro de los alevines del cuidado de sus progenitores.

4.1.4 Comportamiento circadiano

Los paiches manifiestan a lo largo de su vida, varios comportamientos diarios, que varían según la fase del día y etapa de vida, estos se detallan en la figura 4-1.



Figura 4-1 Ilustración comportamientos circadianos en *Arapaima aff. gigas*
Compilado por: Aldás y Villalta

Durante su vida el pirarucu, las 24 horas del día realizan alimentación exógena (oportunista) y respiración aérea característica particular de la especie, en la etapa de juvenil en estado salvaje la alimentación crepuscular nocturna ocurre de 18h00 pm a 21h00 pm, mientas que en etapa adulta la alimentación crepuscular nocturna sucede de 18h00 pm a 00h00 am debido a que le es necesario consumir mayor cantidad de alimento y se prolonga el tiempo de caza, en un ambiente confinado el paiche se alimenta a lo largo del día de 6h00 am a 17h00 pm, acompañado de un comportamiento de coleteo que se da en dos momento del día el primero de 10h00 am a 12h00 pm y el segundo de 15h00 pm a 17h00 pm (Campos-Silva et al., 2019; Olivetti, Teixeira, Amaral, et al., 2016; Tafur et al., 2017).

4.1.5 Duración de comportamientos por etapas de vida

4.1.5.1 Etapa de larva

Las larvas en cautiverio y estado salvaje mantienen un mismo tiempo comportamental, como se muestra en la figura 4-2.

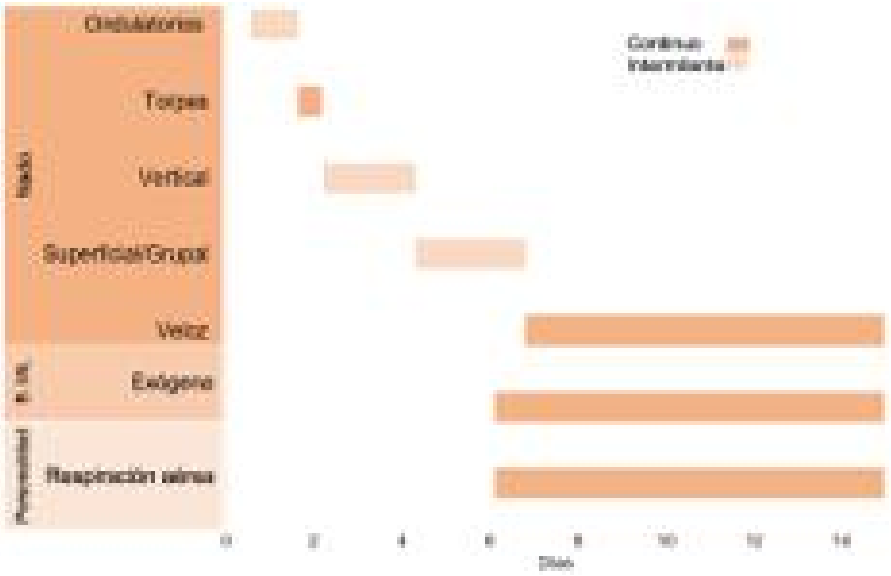

Figura 4-2 Duración de comportamientos en etapa de larva
Compilado por: Aldás y Villalta

La alimentación exógena y la respiración aérea son comportamiento que se manifiestan desde esta etapa hasta la senescencia, por lo que se les podría tratar como indefinidos (Imbiriba E. P., 1991; Tafur et al., 2017).

4.1.5.2 Etapa de alevín

Como exhibe la figura 4-3, la etapa de alevín en el pirarucu dura alrededor de 90 días.

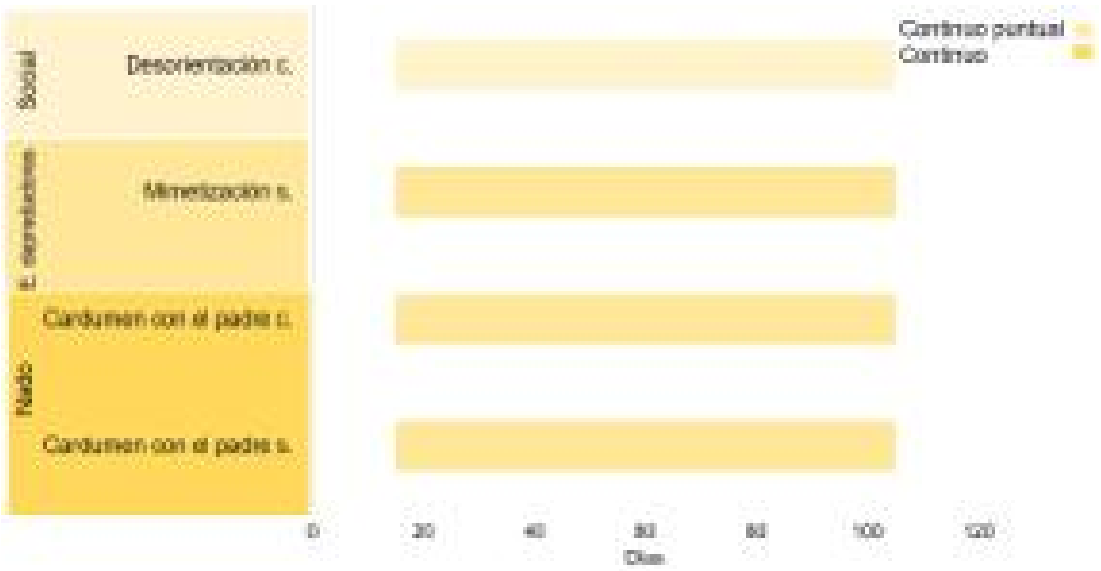

Figura 4-3 Duración de comportamientos en etapa de alevín
Compilado por: Aldás y Villalta

Presenta tres comportamientos: 1) nada junto a su padre influenciado por hormonas cefálicas secretadas por él; 2) en cautiverio tienden a presentar nados con perturbación y desorientación debido a la ausencia de cardumen, la baja densidad y la secreción de hormonas catecolaminas y cortisol; 3) en estado silvestre oscurecen sus cuerpos con su cabeza de color rojizo para mimetizarse en la cabeza del padre (Macedo-Santana et al., 2020).

4.1.5.3 Etapa de juvenil

Los arapaimas juveniles a lo largo de 1538 días manifiestan la mayoría de los comportamientos, como lo detalla la figura 4-4.

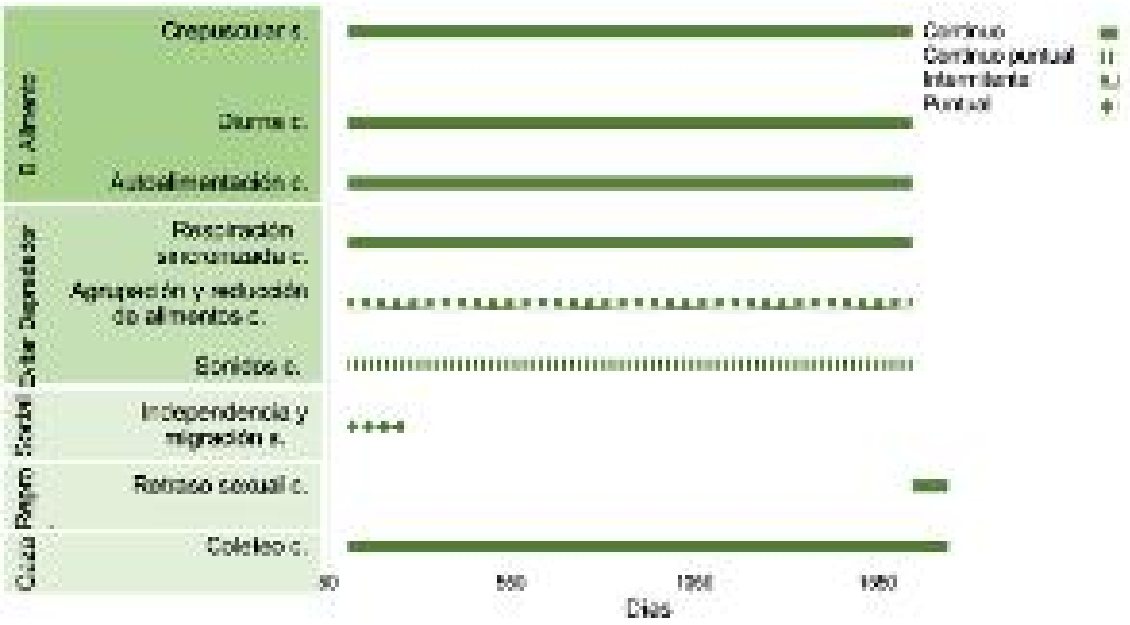

Figura 4-4 Duración de comportamientos en etapa de juvenil
Compilado por: Aldás y Villalta

Existen tres diferenciadores en esta etapa: 1) cuando termina la fase de alevín y se pierde el cuidado parental, se vuelven independientes y migran en busca de lagunas bosques inundados por 153 días (Campos-Silva et al., 2019; Moreira da Silva y Paxiúba, 2016); 2) el retraso de la madurez sexual es una problemática en ambientes confinados cuando el objetivo es la reproducción, la mala calidad ambiental provoca que no se active el inductor hormonal E2 (Amaral et al., 2019; Monteiro et al., 2005); 3) el coleteo es un comportamiento singular del cautiverio que es atribuible a adrenalina, empieza alrededor de los 105 días y se mantiene indefinido hasta la senescencia (elección arbitraria Burgos-Moran).

4.1.5.4 Etapa adulta

En la figura 4-5 se evidencia que, los *Arapaima aff. gigas* machos en ambos ambientes, durante 105 días secretan feromonas para la alimentación de sus crías, comportamiento influenciado por la prolactina y estanniocalcina (Macedo-Santana et al., 2020; L. Torati et al., 2017). De manera indefinida los adultos, durante horas específicas del día se alimentan en el ambiente silvestre, debido a la disminución de competencia y la mayor oportunidad para la caza(Campos-Silva et al., 2019).

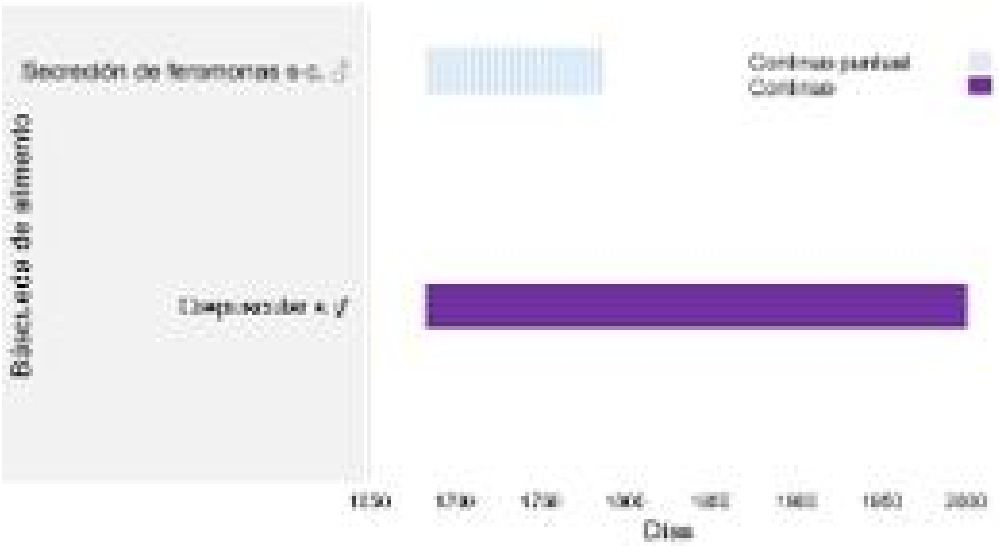

Figura 4-5 Duración de comportamientos en etapa de adulto 1
Compilado por: Aldás y Villalta

Los paiches adultos son peces gregarios por naturaleza, que nadan cortas distancias durante 212 días asociado a épocas secas donde el bajo nivel del agua no permite mayores movimientos. En cambio, durante la temporada de lluvias, que comprende 153 días, realizan migraciones puntuales en busca de zonas como lagunas o bosques inundados, lugares propicios para el desove, además la temporada actúa como factor para el control de la maduración del ovocito y el desove (Fig. 4-6) (Campos-Silva et al., 2019; Galvão-de-Lima & Batista, 2012; L. S. Torati et al., 2019).

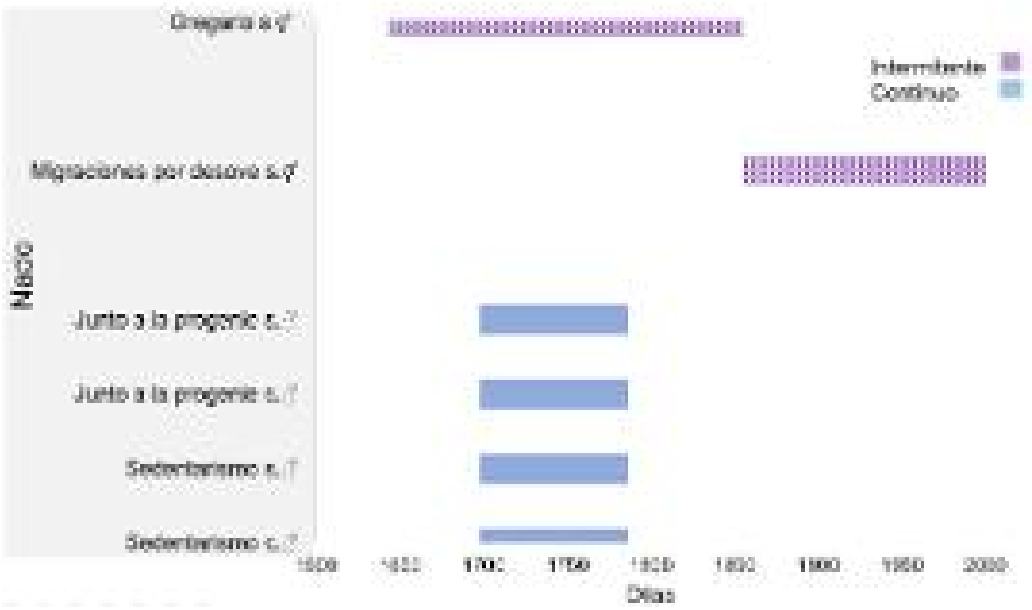

Figura 4-6 Duración de comportamientos en etapa de adulto 2
Compilado por: Aldás y Villalta

Gurdak et al. (2019), en cambio, menciona que existen arapaimas que desovan a finales de las estaciones secas en lagos, otros en los bosques inundados en la estación lluviosa, lo que genera una hipótesis de que habría una diferenciación genética en adultos en preferencia de espacio y tiempo de desove. Así mismo debido a su elevado cuidado parental los machos se vuelven sedentarios durante 90 días período cuando nadan junto a la descendencia(Campos-Silva et al., 2019).

El pirarucu es un pez excesivamente protector de la descendencia, mostrando comportamientos intensos: aproximadamente 5 días antes de la puesta realizan un desbroce de las plantas circundantes para evitar depredadores como cíclidos pequeños (Gurdak et al., 2019); durante 8 días se encarga de amparar sus nidos, mimetizándose y realizando embestidas y saltos de aproximadamente 0,5m ruidosos contra los intrusos (Alcantara Bocanegra, 1990); el día que eclosionan, trasladan a las larvas hasta zonas con vegetación flotante (Galvão-de-Lima & Batista, 2012); durante 105 los machos se encargan de cuidar su linaje y linaje no emparentado, con la finalidad de disminuir la posibilidad de depredación de la progenie directa (Farias et al., 2015), conductas representadas en la figura 4-7.

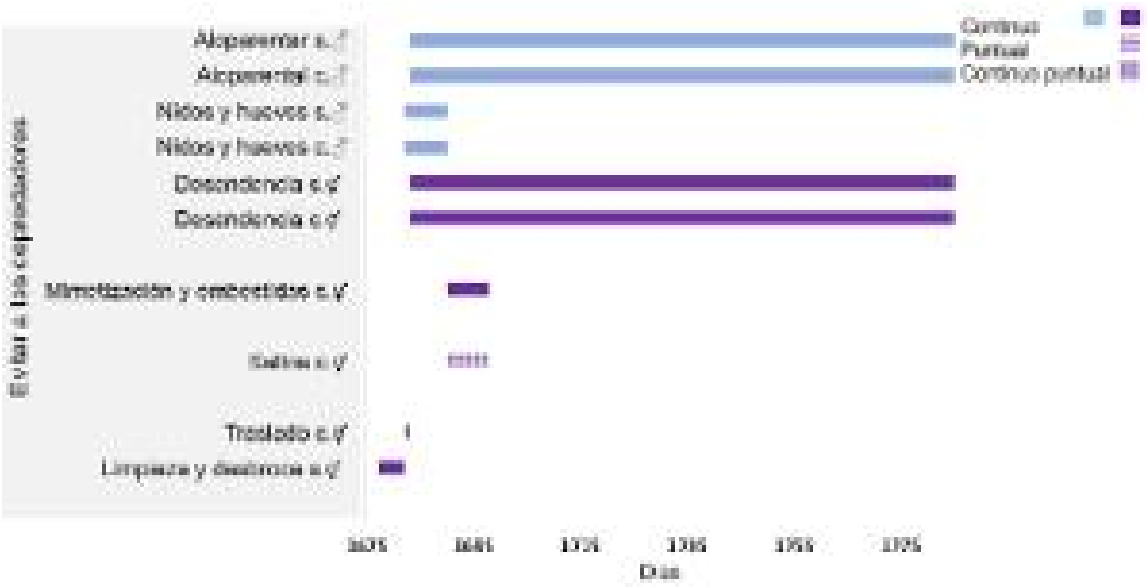

Figura 4-7 Duración de comportamientos en etapa de adulto 3
Compilado por: Aldás y Villalta

Los comportamientos en reproducción son un punto primordial del presente trabajo, graficado en la figura 4-8, se detallan conductas como: pelas para marcar territorio y cortejo cinco días antes de la reproducción; poligamia y monogamia, para Lima (2018) son conductas discutibles debido a que las observaciones son compartidas en ambos ambientes y dependientes en algunos casos de factores externos antropogénicos (cantidad de individuos por estanque para reproducción).

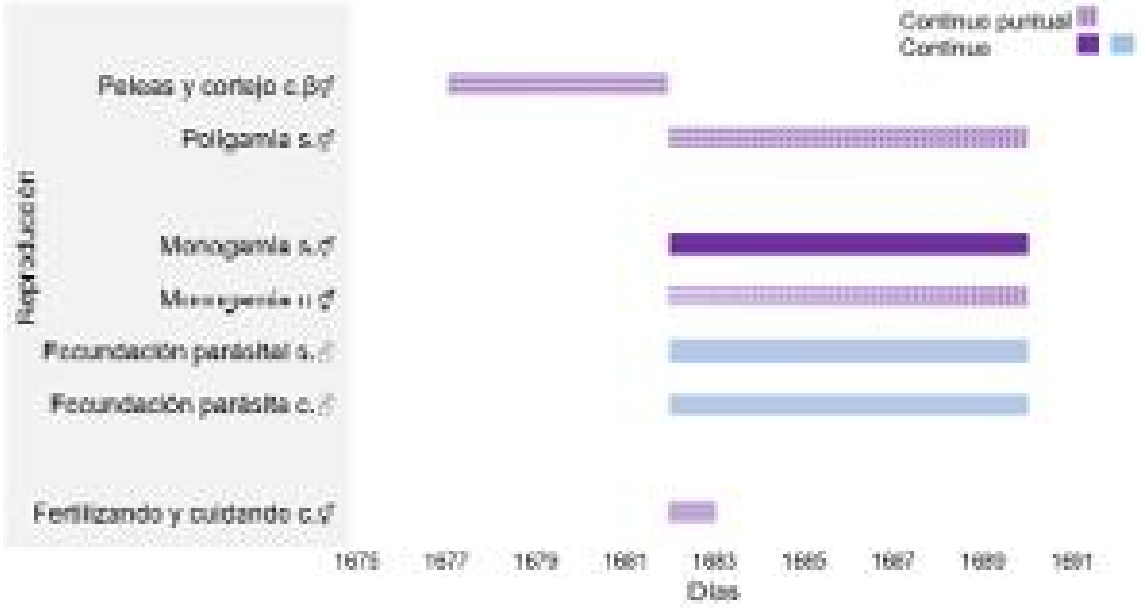

Figura 4-8 Duración de comportamientos en etapa de adulto 4
Compilado por: Aldás y Villalta

La incubación bucal mencionada por Meyers y Ritchie (2020) es un comportamiento nunca antes aseverado por otros autores, presente si, en arawana *(Osteoglossum bicirrhosum*) especie de la misma familia de Osteoglossiformes, que incuba sus huevos en la boca durante 45 días (Fig. 4-9).

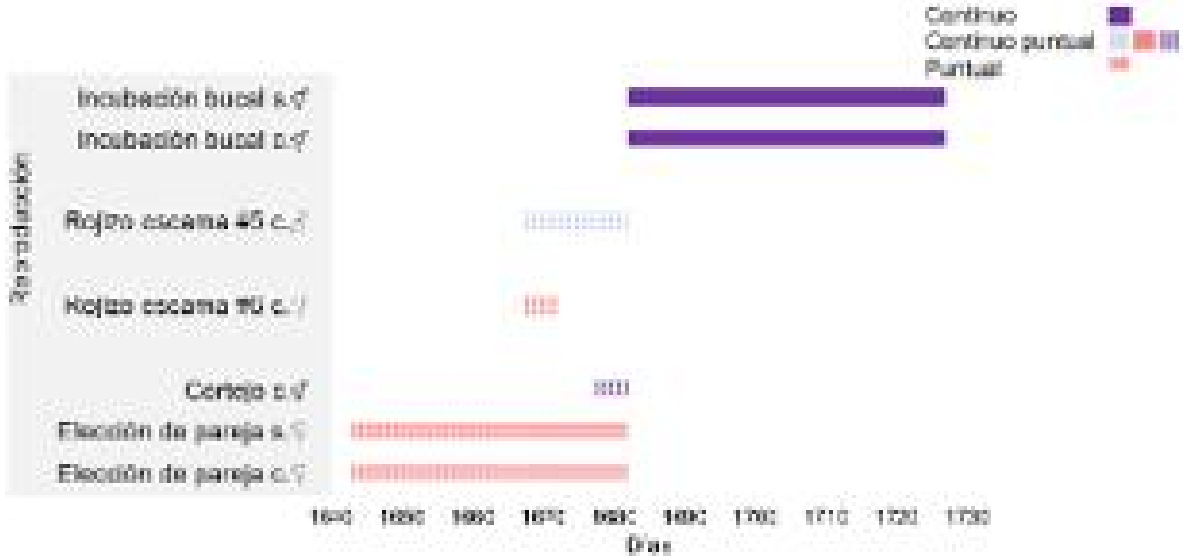

Figura 4-9 Duración de comportamientos en etapa de adulto 5
Compilado por: Aldás y Villalta

Se establece en la figura 4-10, debido a factores ambientales que no son los adecuados para los Arapaima, se reprime la hormona testosterona lo que provoca la baja producción de semen de manera indefinida.

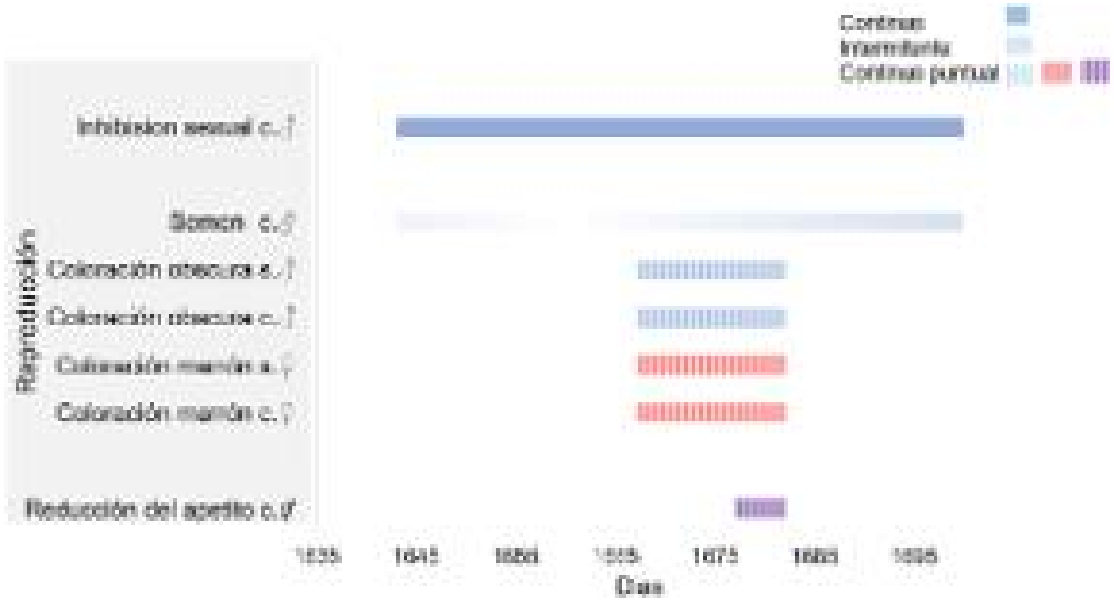

Figura 4-10 Duración de comportamientos en etapa de adulto 6
Compilado por: Aldás y Villalta

Antes de la reproducción machos y hembras experimentan perdida del apetito y cambio de coloración: oscura que se extiende desde la parte superior de la cabeza hasta la aleta dorsal, con manchas amarillentas en la parte inferior de la cabeza y sus flancos, vientre y zona caudal con una intensa coloración rojiza en machos y coloración marrón claro en hembras (Monteiro et al., 2005; Moreira da Silva & Paxiúba, 2016).

Por 5 días las parejas de paiche buscan lugares poco profundos, sin vegetación flotante en los que excavan el sustrato para formar sus nidos, un comportamiento particular en cautiverio es el sesgo sexual, en el que la presencia no homogénea de hembras y machos provoca la muerte de los individuos adicionales (Fig. 4-11) (Amaral et al., 2019; Campos-Silva et al., 2019).

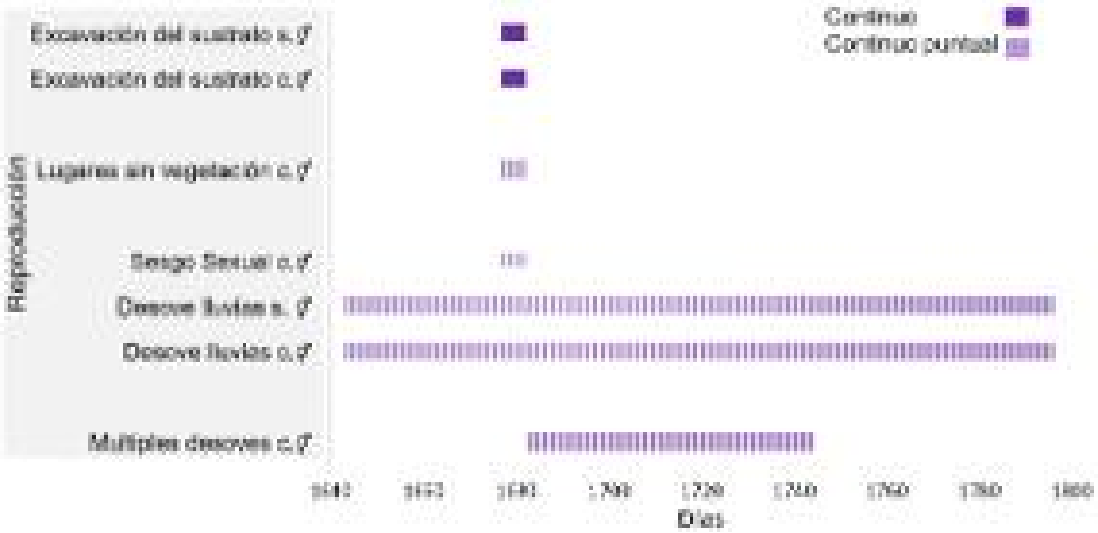

Figura 4-11 Duración de comportamientos en etapa de adulto 7
Compilado por: Aldás y Villalta

Durante un mismo ciclo reproductivo Lima (2018) evidencio múltiples desoves en un intervalo de 62,5 días, esto causado por la influencia antropogénica, con hormonas sexuales para la reproducción y la separación de los alevines antes de los 90 días de cuidado parental.

4.2 Inductores del comportamiento

El cuidado parental y la reproducción son comportamientos en los que hay mayor influencia de los inductores, seis para cada conducta, comparten a la hormona prolactina y 11 Keto Testosterona. Mientras que el rasgo comportamental social es favorecido por dos hormonas, catecolamina y cortisol. Por último, en la etapa larval predomina la ontogenia, y en caza la hormona adrenalina (Fig. 4-12).

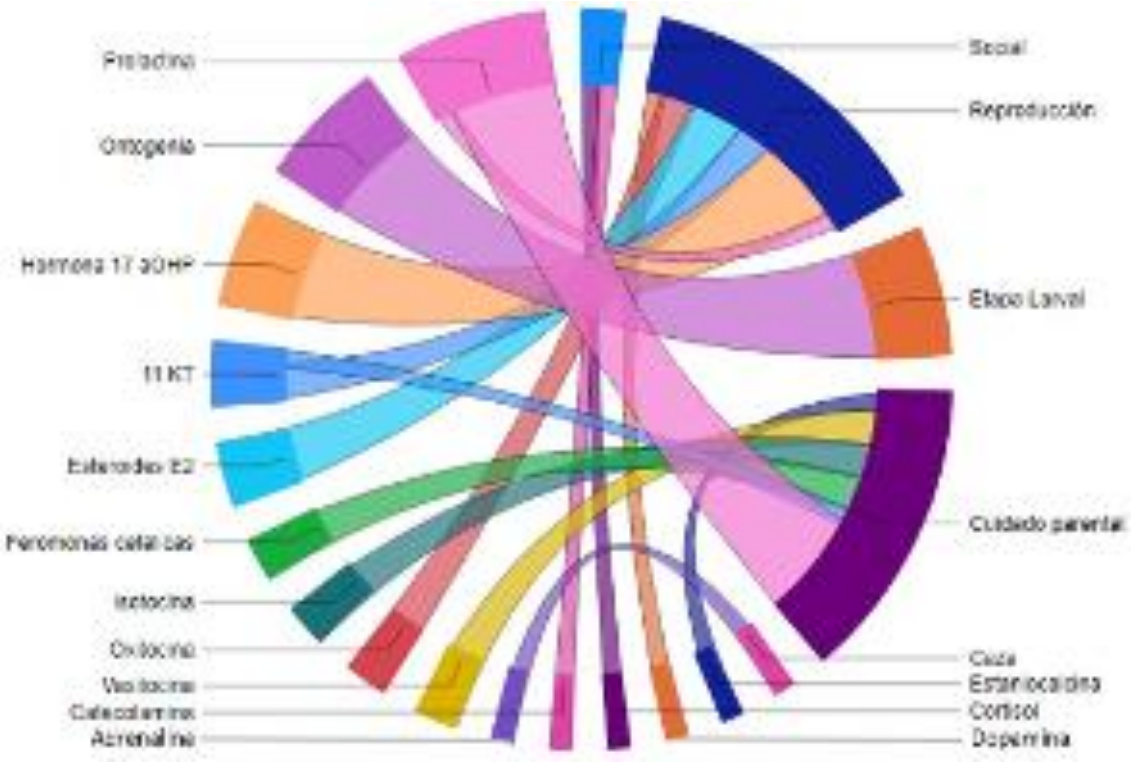

Figura 4-12 Diagrama de comparación y relación de inductores para los diferentes comportamientos de *Arapaima aff. gigas*
Compilado por: Aldás y Villalta

Los comportamientos durante la etapa larval de los pirarucus se derivan de la ontogenia (Tafur et al., 2017). Para su reproducción influyen seis hormonas, la más destacada es 17 aOHP que juega un papel importante en la maduración final de los ovocitos, provoca perdida del apetito, peleas y la formación de nidos (Monteiro et al., 2005). De igual manera en el cuidado parental la más sobresaliente es la prolactina encargada de eventos como el cuidado del nido y los huevos, el sedentarismo en machos para proteger su dependencia y el traslado de larvas a zonas seguras (Coutinho et al., 2010; Meyers & Ritchie, 2020; Noakes, 1979). Existen hormonas que actúan en la reproducción y el cuidado parental como la 11 KT, que en altos niveles en hembras está relacionado con comportamientos sexuales, elección de pareja y la construcción de nidos (Amaral et al., 2019; Munakata & Kobayashi, 2010).

Conclusiones

- *Arapaima aff. gigas* en etapas tempranas empieza la respiración aérea y la alimentación exógena (oportunista) que se da durante las 24 horas del día, de manera indefinida hasta la senescencia. En estado salvaje los paiches juveniles producen sonidos de exhalación para asustar depredadores. Juveniles y adultos se alimentan en estado silvestre en la fase crepuscular – nocturna, que comienza entre las 18:00 a 00:00 horas. De los 52 comportamientos encontrados, los pertenecientes a la reproducción, son los que mayor cantidad de divergencias poseen, la importancia que representa la obtención de crías origina que exista mayor cantidad de información. El pirarucu presenta interesantes conductas como son la fecundación parasita, un fuerte cuidado parental, principalmente un significativo cuidado aloparental que es proteger el linaje no emparentado.

- La ontogenia es el principal influyente en la etapa larval del paiche, debido a su necesidad de formar cardumen, durante la fase de alevín, cuando se encuentran en bajas densidades secreta hormonas catecolaminas y cortisol. Las estacionalidades climáticas son importantes para estimular migraciones y la procreación de los pirarucus. Durante la reproducción las hormonas 17 aOHP, 11 Keto Testosterona y esteroide E2, son las más sustanciales. Su enérgico cuidado parental influenciado por hormonas como: prolactina y isotocina. Así mismo secretan feromonas cefálicas los machos que es un factor importante para su esmerada protección de la descendencia.

- Los *A. aff. gigas* expuesto a un ambiente de cautiverio, en el que las malas condiciones ambientales y la ausencia de las variaciones temporales, inhibe la maduración sexual y la reproducción. Los paiches juveniles tienen un aprendizaje condicionado al uso de autoalimentadores. Juveniles y adultos se alimentan durante el día, en el que presentan una conducta particular que es el coleteo, antes de cada comida, influenciado por la adrenalina. Los paiches adultos cuidan de nidos y puestas con mayor agresividad, realizando envestidas y saltos para ahuyentar a los intrusos, así mismo en confinamientos se puede dar comportamientos de monogamia y poligamia y sesgo sexual que en ocasiones cesa en la muerte del individuo excedente, como también múltiples desoves en un mismo ciclo sexual debido a la influencia hormonal y la separación de alevines.

Recomendaciones

Se recomienda continuar con la investigación de los aspectos relacionados con la etología de *Arapaima aff. gigas* a través de:

- Enfatizar las investigaciones de comportamientos en etapa de madurez reproductiva, para precisar patrones, tiempos y agentes inductores de conducta.

- Es necesario encontrar un método para la identificación de comportamientos en *Arapaima aff. gigas* para cada etapa de vida en ambientes confinados.

- Se recomienda continuar con las investigaciones del comportamiento de secreción de feromonas cefálicas por parte del macho durante el cuidado parental, para saber con certeza, si en realidad es un comportamiento clave para el desarrollo de la progenie.

Referencias

Alcantara Bocanegra. (1990). Onservaciones sobre el comportamiento reproductivo del Paiche,Arapaima gigas, en cautiverio. *Folia Amazónica IIAP*, 163-166.

Alcántara, Wust, Rebaza, Del Castillo, & Salvador-Tello. (2006). *Paiche el gignate del Amazonas*. (W. Wust, Ed.). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

Amaral, J. S., Venturieri, R. L., & Moreira, R. G. (2019). Gonadal steroids and energy availability during ovarian maturation stages of the Amazonian pirarucu Arapaima gigas (Teleostei: Osteoglossidae) in the wild. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2019.01.008

Arantes, C. C., & Castello, L. (2011). Environmental influences on the distribution of Arapaima in Amazon floodplains Environmental influences on the distribution of arapaima in Amazon floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, (August). https://doi.org/10.1007/s10641-011-9917-9

Bard, J., & Imbiriba, E. P. (1986). Piscicultura do pirarucu, Arapaima gigas. *Embrapa Amazônia Oriental-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Barriga, R. (2012). Lista de Peces de Agua dulce e Intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, *30*(3), 83-119.

Bocanegra, A., & Frías, M. (2003). Seminario taller internacional de manejo de paiche o pirarucú. *IIAP*.

Botero Mónica. (2004). Comportamiento de los peces en la búsqueday la captura del alimento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*.

Burgos-Morán & Anaguano-Yancha. (2019). Lista roja nacional de peces de agua dulce de Ecuador. *MAE*.

Burgos-Morán, Sanchez, Andino, Ortega, Minchala, & Núñez-Rodríguez. (2018). Adaptación de la reproducción en cautiverio de Arapaima gigas (paiche), Prochilodus nigricans (bocachico) y Brycon amazonicus (sábalo o jandia), con fines de acuicultura y conservación ex situ. En *Congreso Aquatrop. Ecosistemas acuáticos trópicales en el antropoceno* (pp. 23-26). https://doi.org/http://doi.org/10.5281/zenodo.2590632

Burgos, R., Andino, M., Salazar, L., & Sanchez, J. (2020). Curva de crecimiento y desarrollo pre-reproductivo de Arapaima gigas en cautiverio en la Amazonía ecuatoriana. En *III Simposio Int. Acuicultura & V Workshop RIIA, 2018*.

Campos-Baca, L. (2001, junio). Historia biológica del Paiche o Pirarucu, Arapaima gigas

(Cuvier) y bases para su cultivo en la Amazonia. *Instituto de Investigacion de la Amazonia Peruana (IIAP)*, 27.

Campos-Silva, J. V., Hawes, J. E., & Peres, C. A. (2019). Population recovery , seasonal site fidelity , and daily activity of pirarucu (Arapaima spp .) in an Amazonian floodplain mosaic. *Freshwater Biology*, 1-10. https://doi.org/10.1111/fwb.13301

Castello, L., Sterwart, D., & Arantes, C. (2011). Modeling population dynamics and conservation of arapaima in the Amazon. *Rev Fish Biol Fisheries*, *21*, 623-640. https://doi.org/10.1007/s11160-010-9197-z

Castello, & Stewart. (2010). Assessing CITES non-detriment findings procedures for Arapaima in Brazil. *Applied Ichthyology*, *26*, 49-56. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01355.x

Chong K, Tham S, Foo J, Lam T, C. A. (2005). Characterisation of proteins in epidermal mucus of discus fish (Symphysodon spp.) during parental phase. *Aquaculture*, *249*(1-4), 469-476. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.045

CITES. (2021). Base de Datos sobre el Comercio CITES (Arapaima gigas).

Costa-Amaral, Ganeco-kirschnik, Lima, & De-Almeida. (2020). Morphological characterization of pirarucu Arapaima gigas (Schinz , 1822) gonadal differentiation. *Wiley Periodicals*, (October 2019), 1-9. https://doi.org/10.1002/jmor.21116

Coutinho, S. de S., Bevilacqua, L., & Queiroz, H. (2010). Population Dynamics Modeling of Arapaima gigas. *ACTA Amazonica*, *40*(2), 333-346.

Crespo-Pérez, S. I. (2015). *Comportamiento maternal de la coneja lactante con acceso restringido al nido*. Universitat Politécnica de Valéncia - España.

De Oliveira, Poleto, & Venere. (2005). Feeding of juvenile pirarucu (Arapaima gigas, Arapaimidae) in their naturalenvironment, lago Quatro Bocas, Araguaiana-MT, Brazil. *Sociedade Brasileira de Ictiologia*, *3*(2), 312-314.

Du, K., Wuertz, S., Adolfi, M., Kneitz, S., Stöck, M., Oliveira, M., … Schartl, M. (2019). The genome of the arapaima (Arapaima gigas) provides insights into gigantism , fast growth and chromosomal sex determination system. *Scientific Reports*, (February), 1-11. https://doi.org/10.1038/s41598-019-41457-x

Edward O. Price. (1984). Behavioranl aspects of animal domestication. *The Quarterly Review Of Biology*, *59*(I).

Farias, I. P., Leão, A., Almeida, Y. S., Verba, J. T., Crossa, M., Honczaryk, A., & Hrbek, T. (2015). Evidence of polygamy in the socially monogamous Amazonian fish Arapaima gigas (Schinz, 1822) (Osteoglossiformes, Arapaimidae). *Neotropical Ichthyology*, *13*(1),

195-204. https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140010

Franco-Rojas, H. (2005). *Contribución al conocimiento de la reproducción del Pirarucù arapaima gigas (cuvier, 1817) (pisces: arapamidae) en cautiverio*. Univerdiad de la Amazonia, Caquetá - Colombia.

Galvão-de-Lima, L., & Batista, V. (2012). Estudos etnoictiológicos sobre o pirarucu Arapaima gigas na Amazônia Central. *ACTA Amazonica*, *42*(092), 337-344.

GBIF. (2019). Ocurrencias de Arapaima gigas en América del Sur, *53*(9), 1689-1699.

Ghersi, R. (2018). *Etología de peces (Comportamiento de peces)*.

Gurdak, D. J., Stewart, D. J., Castello, L., & Arantes, C. C. (2019). Diversity in reproductive traits of arapaima (Arapaima spp ., Müller , 1843) in Amazonian várzea floodplains : Conservation implications. *Aquatic Conservation*, *29*(2), 1-13. https://doi.org/10.1002/aqc.3030

Hrbek, Crossa, & Farias. (2007). Conservation strategies for Arapaima gigas (Schinz , 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. *Brazilian Journal of Biology, 67*, 909-917.

Imbiriba E. P. (1991). Produçao e manejo de alevinos de Pirarucu, Arapaima gigas (Cuvier). *Embrapa Amazônia Oriental-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Imbiriba E. P. (2001). Potencial de criação de pirarucu, Arapaima gigas, em cativeiro. *ACTA Amazonica*, *31*(2), 299-316.

L. Saraiva, J., F. Castanheira, M., Arechavala-López, P., Volstorf, J., & Heinzpeter Studer, B. (2019). Domestication and welfare in farmed fish. *Animal Domestication*. https://doi.org/10.5772/intechopen.77251

Lima, A. F. (2017). Alevinagem, recria e engorda de Pirarucu. *Embrapa*.

Lima, A. F. (2018). The influence of sex ratio on the reproduction of pirarucu, Arapaima gigas, in captivity. *ACTA Amazonica Amazonica*, *48*(1), 38-41. https://doi.org/10.1590/1809-4392201701181

Lima, A. F., Alves, R. R., & Torati, L. S. (2020). Efficiency of color pattern as a method for sex identification in Arapaima gigas (Schinz , 1822). *PANAMJAS*, *15*(2), 87-92.

Lujan, M. (2007). La crianza de paiche (Arapaima gigas), la nueva tendencia de la acuicultura Amazónica. *Aqua Center SRL*.

Macedo-Santana, Halum, Leão-da-Fonseca, Tomomi-Kojima, Rodrigues-Freitas, & Gonçalves. (2020). Stocking density for arapaima larviculture. *Aquaculture*, 735565. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735565

Marera dos Santos, A. (2019). Etograma e protocolo para o condicionamento do papagaio-de-cara-roxa (Amazona brasiliensis) mantido em cativeiro. *Programa de Pós-Graduação*

em Conservação da Fauna, (May), 1-9. https://doi.org/https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11655

Marques, D. (2003). Caracterização genética do pirarucu Arapaima gigas (Cuvier) (Teleostei , Osteoglossidae) da bacia Tocantins- Araguaia , Estado do Mato Grosso. *Centro de Ciências e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos*.

Martins, M., Martins, D., & Pena, R. (2017). Chemical composition of different muscle zones in Pirarucu (Arapaima gigas). *Food Science and Technology*, *37*(4), 651-656.

Meyers, M. A., & Ritchie, R. O. (2020). Offering Toughness and Protection, Arapaima Scales Provide Effective Defense against Predation. *Matter*, *3*(6), 1979-1980. https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.10.029

Migdalski, E. (1957). Contribution to the Life History of the South American Fish Arapaima gigas. *Copeia*, *1957*(1), 54-56. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2307/1440526

Monteiro, Soares, Catanho, & Honczaryk. (2005). Aspectos reprodutivos e perfil hormonal dos esteróides sexuais do Pirarucu , Arapaima gigas (Schinz, 1822), em condições de cativeiro. *ACTA Amazonica*, *40*(81).

Moreira da Silva & Paxiúba. (2016). Aspectos biológicos , ecologia e fisiologia do pirarucu (Arapaima gigas): uma revisão. *Scientia Amazonia*, 31-46.

Munakata, A., & Kobayashi, M. (2010). General and Comparative Endocrinology Endocrine control of sexual behavior in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*, *165*(3), 456-468. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.04.011

Murierta, G., Zumaeta, C., Flores, L., & Nobre, J. (2019). Problems reported in the management of farmed Arapaima gigas in the Peruvian and Brazilian Amazon. *Folia Amazónica IIAP*, *28*(1), 75-83.

Neyra J.P. (2014). Manual de estudio de fauna marina en el sur del Perú. *Proyecto Nuestro Medio Ambiente Marino*.

Noakes, D. (1979). Parent-touching behavior by young fishes: incidence, function and causation. *Env. Biol. Fish.*, *4*(4), 389-400.

Núñez-Rodríguez, J., Vela, A., Bazan-Albitez, R., Rebaza, C., Koua, D., Núñez, L., … Pella, H. (2018). Use of an acoustic telemetry array for fine scale fish behaviour assessment of captive Paiche , Arapaima gigas , breeders. *Aquaculture Research*, 1-9. https://doi.org/10.1111/are.13692

Núñez, J., Dugué, R., Alván-Aguilar, M., Duponchelle, F., Renno, J., Chávez, C., & Chu-koo, F. (2009). Avances en el sexaje del paiche o pirarucu. En J. Núñez-Rodríguez, F. Chu-koo, J. Rebelo-Porto, & C. García-Davila (Eds.), *II Coloquio de la red de*

investigación sobre la ictiofauna amazónica (pp. 143-149). Manaus, Brasil: Comunicaciones del Segundo Coloquio Internacional de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica (RIIA).

Olivetti, B., Teixeira, E., Amaral, B., Tavares, L., & Fortes da Silva, R. (2016). Self-feeder systems and infrared sensors to evaluate the daily feeding and locomotor rhythms of Pirarucu (Arapaima gigas) cultivated in outdoor tanks. *Aquaculture*. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.026

Olivetti, B., Teixeira, E., Anjos-Santos, A., Sánchez-vázquez, F., & Fortes-Silva, R. (2016). Daily self-feeding activity rhythms and dietary self-selection of pirarucu (Arapaima gigas). *Aquaculture*, *465*, 152-157. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.005

Olsen, J. E. (2014). *Predation Avoidance Mechanisms of Juvenile Arapaima spp .: Significance of Synchronized Breathing and Sound Production*. SUNY (Universidad de Syracuse), New York, EEUU.

Pasquet, A. (2018). Effects of domestication on fish behaviour. *Animal Domestication*. https://doi.org/10.5772/intechopen.78752

Price. (2002). *Animal domestication and behavior*. (Edward O. Price, Ed.). New York, USA: CABI.

Ramírez, C., Coronado, J., Silva, A., & Romero, J. (2018). Cetobacterium is a major component of the microbiome of giant amazonian fish (Arapaima gigas) in Ecuador. *Animals*, *8*(189). https://doi.org/10.3390/ani8110189

Ramiro Barriga. (1986). Anotaciones sobre los osteoglosiformes en el Ecuador. *Escuela Politécnica Nacional*, *XI*(2), 7-16.

Rebaza, M., Alcantara, F., & Valdivieso, M. (1999). *Manual de piscicultura del paiche (Arapaima gigas) Cuvier* (2.ª ed.). Caracas, Venezuela.: Secretaria Pro Tempore.

Sengbusch-Hamburg, Sengbusch-Eschborn, & Meske-Cellarius-Ahrensburg. (1974). Domestikationsversuche von Fischarten aus äquatornahen Gebieten zur Prüfung ihrer Eignung für die Warmwasser-Intensivhaltung). *Sonderdruck aus Heft*, 2-3.

Stewart, D. (2013a). A New Species of Arapaima (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae) from the Solimo ˜ es River, Amazonas State, Brazil. *Copeia*, (3), 470-476. https://doi.org/10.1643/CI-12-017

Stewart, D. (2013b). Re-description of Arapaima agassizii (Valenciennes), a Rare Fish from Brazil (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae). *Copeia*, (1), 38-51. https://doi.org/10.1643/CI-12-013

Stewart, D., Barriga, R., & Ibarra, M. (1987). Ictiofauna de la cuenca del rio Napo, Ecuador

oriental: lista anotada de especies.

Tafur, K., Dávila, L., Palomino, V., Alvan-Aguilar, Yahuarcani, C., Ayarza, J., & Chu-koo, F. (2017). Desarrollo larval del paiche o pirarucu Arapaima gigas (SCHINZ, 1822). *IIAP*, *26*(1), 59-74.

Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of Ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, *20*(4), 410-433. https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1963.tb01161.x

Torati, L., Migaud, H., Doherty, M., Siwy, J., Mullen, W., Mesquita, P., & Albalat, A. (2017). Comparative proteome and peptidome analysis of the cephalic fluid secreted by Arapaima gigas (Teleostei : Osteoglossidae) during and outside parental care. *PLoS ONE*, *12*(10), 1-20.

Torati, L. S., Lima, A. F., Nakaghi, L., & Kirschnik, G. (2019). Endoscopy and Cannulation as Non-Invasive Tools to Identify Sex and Monitor Reproductive Development in Arapaima gigas. *Copeia*, *107*(2), 287-296. https://doi.org/10.1643/OT-18-127

Tuckett, Q. M., Ritch, J. L., Lawson, K. M., & Hill, J. E. (2016). Landscape-scale survey of non-native fishes near ornamental aquaculture facilities in Florida , USA. *Biological Invasions*. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1275-2

Watson, Stewart, & Teece. (2013). Trophic ecology of Arapaima in Guyana : giant omnivores in Neotropical floodplains. *Sociedade Brasileira de Ictiologia*, *11*(2), 341-349.

Zafra-Galvis. (2006). Tipos de investigación. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*.