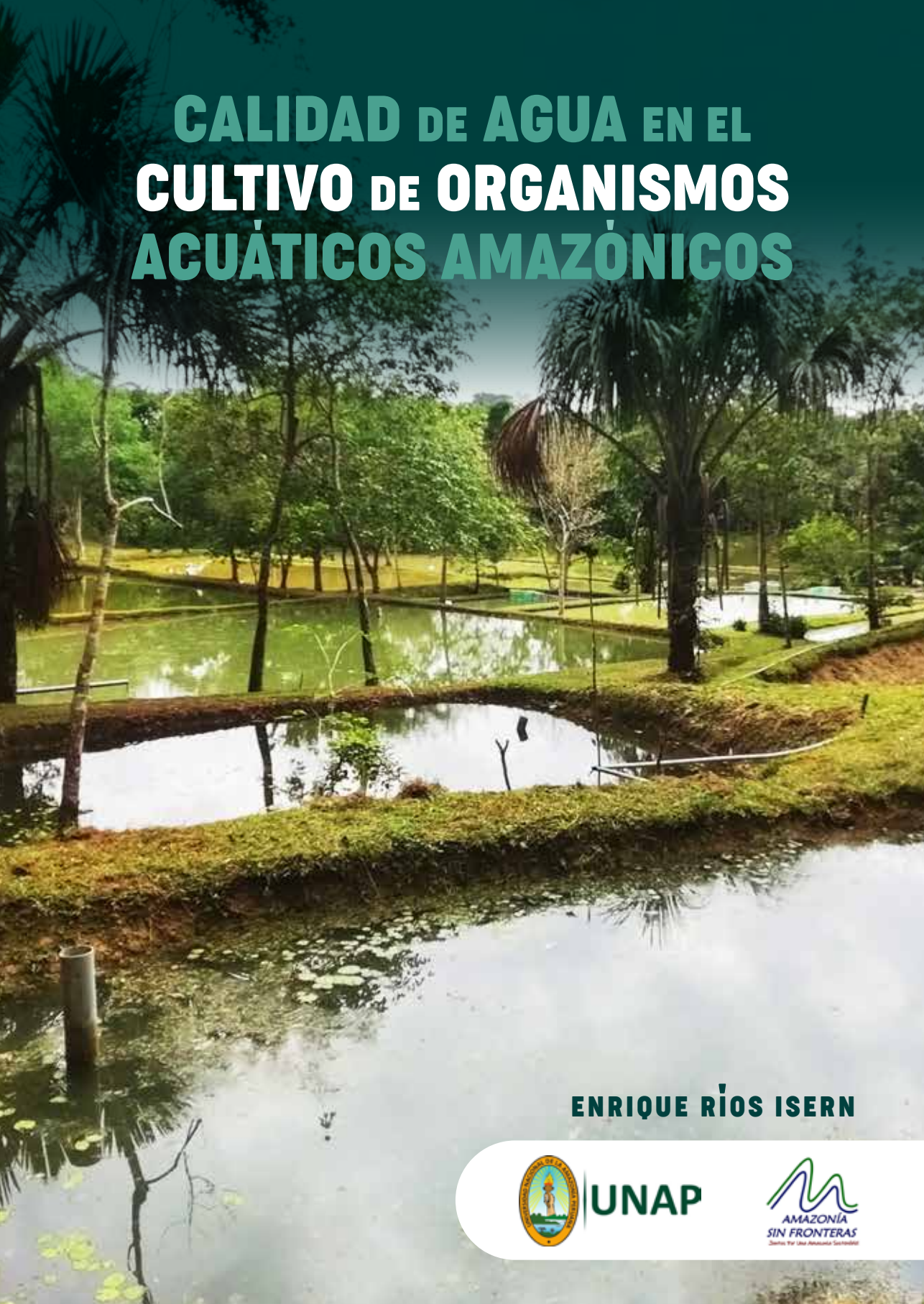
CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE ORGANISMOS ACUÁTICOS AMAZÓNICOS



ENRIQUE RÍOS ISERN

UNAP

AMAZONÍA SIN FRONTERAS

CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE ORGANISMOS ACUÁTICOS AMAZÓNICOS

ENRIQUE RÍOS ISERN

EB EditorialBarreto

Autor-editor
©Enrique Ríos Isern
Calle Fanning 290-A, Iquitos, Maynas
Loreto, Perú

Primera edición
Julio, 2021

Tiraje: 100 ejemplares

ISBN: 978-612-00-6669-0
Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.° 2021-09028

Diseño y diagramación: Eduardo Granados Marcelo

Se terminó de imprimir en agosto de 2021 en:
Editorial Barreto S.A.C.
Calle Nicolás Copérnico 222, San Miguel, Lima
www.editorialbarreto.com

Impreso en el Perú / Printed in Peru

Queda prohibida la reproducción total o parcial de la presente edición, bajo cualquier modalidad, sin la autorización expresa del titular de los derechos.

Dedicatoria

Al Señor Todopoderoso
A Wieslawa, mi chinita adorada
A Enrique y Huber Augusto, mis hijos
A mi madre querida
A mi papá, que desde el cielo me guía

PRÓLOGO

Es importante destacar el esfuerzo del doctor Enrique Ríos Isern, destacado profesor principal de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, para realizar esta publicación, la cual permite contar con información sobre los parámetros físicos y químicos para el cultivo de algunos peces, moluscos y crustáceos en el territorio amazónico. Este será un buen aporte como texto universitario, pues puede ser empleado como material bibliográfico para el mejor desarrollo de los cursos que se dictan en la Facultad de Ciencias Biológicas y en otros ámbitos afines.

El agua es un elemento fundamental en la acuicultura. Si esta no tiene buena calidad, los seres que se cultivan en ella no podrán desarrollarse de manera adecuada ni sana, pues con una mala condición se generan problemas de sanidad, crecimiento y supervivencia. El autor inicia su estudio destacando las principales propiedades del agua; entre estas, resalta su particularidad como disolvente universal, su fuerza de cohesión, el alto calor específico (la cantidad de energía que se requiere para aumentar la temperatura), el elevado calor de vaporización y la tensión superficial (propiedad por la que algunos insectos pueden caminar sobre su superficie).

El agua posee varios factores físicos, químicos y biológicos importantes para el cultivo de las especies acuícolas. En este libro, el doctor Ríos ha focalizado su análisis en las características físicas y químicas. Algunas de estas son la temperatura, el pH (concentración de iones H+), la alcalinidad (expresión de los aniones en el agua que actúan para neutralizar el H+ cuando un ácido es agregado), el oxígeno disuelto (parámetro más crítico), el anhídrido carbónico libre (que reacciona con el agua y amortigua las reacciones químicas con el bicarbonato y carbonato) y la demanda biológica de oxígeno (requerido para el cultivo de peces, plantas y bacterias).

Asimismo, Ríos ha realizado una exhaustiva revisión de bibliografía, que se suma a la información que el mismo autor ha propuesto y aportado a través de sus investigaciones, lo que le permite consolidar los parámetros físico-químicos utilizados por los acuicultores para el cultivo de peces, moluscos y crustáceos. En esta investigación, el doctor se ha centrado en evaluar dichos parámetros

en los siguientes peces: arahuana, boquichico, carachama, bufurquis, tucunaré, bagre (zúngaro y doncella), gamitana, paco, paiche, sábalo cola roja. En el caso de los moluscos, ha seleccionado al churo (*Pomacea*); y, entre los crustáceos, el camarón de río (*Macrobrachium* sp.).

Como se puede observar, en esta publicación hay parámetros que aún no han sido determinados, por lo que el autor sugiere establecer un programa de estudios limnológicos con el fin de estandarizar las metodologías y los equipos, además de precisar los indicadores óptimos para el cultivo de estas y otras especies aptas en la acuicultura. Este estudio es una primera aproximación de requerimientos de parámetros físico-químicos del agua para el cultivo de las especies indicadas en las próximas páginas. Con ello se podrá continuar con el desarrollo de investigaciones más rigurosas en el ámbito científico y, si es posible, con la creación de un sistema de información y de una plataforma de registros de trabajos en redes.

Dr. Luis Campos Baca

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS 12

ÍNDICE DE TABLAS 12

PRESENTACIÓN 13

CAPÍTULO I
EL AGUA COMO RECURSO BÁSICO 15

1.1 Conceptos, propiedades y estructura del agua 16
1.2 Importancia del agua 21
1.3 Funciones básicas del agua 25
1.4 Cuidado del agua 26

CAPÍTULO II
CALIDAD DEL AGUA EN ACUICULTURA:
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS 29

2.1 Temperatura del agua 29
2.2 Transparencia, turbidez y color del agua 30
2.3 Conductividad eléctrica 31
2.4 Nivel de acidez, alcalinidad y dureza total 32
2.5 Oxígeno disuelto 33
2.6 Anhídrido carbónico libre 34
2.7 Cloruros 34
2.8 Amonio, nitraros y nitritos 35
2.9 Demanda bioquímica de oxígeno 36

CAPITULO III
EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS
DE CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE
ORGANISMOS ACUÁTICOS AMAZÓNICOS 37

3.1 Evaluación de la calidad de agua en cultivo de peces para consumo humano 38

3.1.1 Rangos para el cultivo de arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*) 38
3.1.2 Rangos para el cultivo de palometa banda negra (*Myleus schomburgkii*) 39
3.1.3 Rangos para el cultivo de boquichico (*Prochilodus nigricans*) 41
3.1.4 Rangos para el cultivo de carachamas (*Hypostomus* sp. y *Liposarcus* sp.) 42
3.1.5 Rangos para el cultivo de cíclidos (bujurquis, tucunaré) 44
3.1.6 Rangos para el cultivo de zúngaros (doncella, tigre zúngaro) 45
3.1.7 Rangos para el cultivo de gamitana (*Colossoma macropomum*) 47
3.1.8 Rangos para el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) 49
3.1.9 Rangos para el cultivo de paiche (*Arapaima gigas*) 51
3.1.10 Rangos para el cultivo de sábalo cola roja (*Brycon amazonicus*) 52
3.2 Evaluación de la calidad de agua en el cultivo de moluscos 54
3.2.1 Rangos para el cultivo de churo *Pomacea* sp. 54
3.3 Evaluación de la calidad de agua en el cultivo de crustáceos 55
3.3.1 Rangos para el cultivo de camarones *Machrobrachium* sp. 55

CAPÍTULO IV
RELEVANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE ORGANISMOS ACUÁTICOS DE LA AMAZONÍA 57

4.1 Temperatura del agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos 58
4.2 Nivel de transparencia para el cultivo de especies amazónicas 59
4.3 Coloración del agua en cultivo de especies amazónicas 59
4.4 Conductividad eléctrica en cultivo de organismos acuáticos de la Amazonía 59
4.5 Concentración de oxígeno disuelto en cultivos de especies acuáticas amazónicas 60

4.6 Anhídridos carbónicos libres para cultivo de organismos acuáticos amazónicos 60
4.7 Nivel de alcalinidad en el proceso de cultivo de especies acuáticas de la Amazonía 61
4.8 Dureza total en cultivos de organismos acuáticos amazónicos 61
4.9 Cloruros, amonio, nitratos y nitritos en el cultivo de especies acuáticas amazónicas 62
4.10 Demanda bioquímica de oxígeno para el cultivo de organismos acuáticos amazónicos 62

CAPÍTULO V
CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE ORGANISMOS ACUÁTICOS AMAZÓNICOS 63

BIBLIOGRAFÍA 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nivel de pH del agua 18
Figura 2. Tamaño de sólidos 21
Figura 3. Importancia del agua para el planeta 24
Figura 4. Ejemplar de arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*) 39
Figura 5. Ejemplar de banda negra (*Myleus schomburgkii*) 40
Figura 6. Ejemplar de boquichico (*Prochilodus nigricans*) 42
Figura 7. Ejemplar de carachama (*Hypostomus* sp.) 43
Figura 8. Ejemplar de tucunaré (*Cichla monoculus*) 45
Figura 9. Ejemplar de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) 46
Figura 10. Ejemplar de tigre zúngaro (*Pseudoplatystoma tigrinum*) 47
Figura 11. Ejemplar de gamitana (*Colossoma macropomum*) 49
Figura 12. Ejemplar de paco (*Piaractus brachypomus*) 50
Figura 13. Ejemplar de paiche (*Arapima gigas*) 52
Figura 14. Ejemplar de sábalo cola roja (*Brycon amazonicus*) 53
Figura 15. Ejemplar de churo (*Pomacea maculata*) 55
Figura 16. Ejemplar de camarón de río (*Macrobrachium* sp.) 56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores que afectan la temperatura del agua 30
Tabla 2. Clasificación de la dureza en el agua 33
Tabla 3. Rangos para el cultivo de arahuana 38
Tabla 4. Rangos para el cultivo de palometa banda negra 40
Tabla 5. Rangos para el cultivo de boquichico 41
Tabla 6. Rangos para el cultivo de carachama 43
Tabla 7. Rangos para el cultivo de cíclidos 44
Tabla 8. Rangos para el cultivo de zúngaros 46
Tabla 9. Rangos para el cultivo de gamitana 48
Tabla 10. Rangos para el cultivo de paco 50
Tabla 11. Rangos para el cultivo de paiche 51
Tabla 12. Rangos para el cultivo de sábalo cola roja 53
Tabla 13. Rangos para el cultivo de churo 54
Tabla 14. Rangos para el cultivo de camarones 56

PRESENTACIÓN

El cultivo de organismos acuáticos en la Amazonía peruana es una actividad económica que no es considerada con alta rentabilidad debido a varios factores. Entre los más destacables se encuentran la parte tecnológica y la calidad del agua, que es el recurso más importante. Los principales organismos cultivados son los peces, como gamitana, paco, boquichico, sábalo cola roja, paiche, banda negra, entre otros.

La calidad de agua es el factor más importante en el cultivo de organismos acuáticos, además de la alimentación (aspectos nutricionales, abastecimiento, elección según la especie), las densidades de siembra, el tamaño de los organismos y el sistema del cultivo (semiintensivo, intensivo). Sin embargo, el aspecto fundamental es el recurso en sí mismo, el agua, pues la evaluación de sus variables es crucial para el desarrollo de la actividad, ya que proporciona bienestar a los peces y demás especies que son cultivadas. Solo al cumplir con dicho requerimiento se podrán obtener peces sanos, bien alimentados y de los tamaños comerciales de acuerdo a la exigencia del mercado local o nacional.

Las variables físicas, químicas y biológicas del agua del estanque deben evaluarse continuamente para conocer el estado del recurso y tomar una decisión frente a un problema que pueda presentarse en el desarrollo de la actividad, especialmente en los cultivos intensivos, donde la cantidad de alimento, las altas densidades de siembra y los productos de desechos de la respiración y del metabolismo de los peces se incrementan. Las altas temperaturas por el cambio climático no son debidamente retiradas por el recambio de agua y por otras interrelaciones físicas, químicas, bioquímicas y lo que afecta las condiciones óptimas en las que se debe realizar el cultivo.

La temperatura del agua, el pH, el oxígeno disuelto, el CO_2 libre y la demanda bioquímica de oxígeno son las variables que deben ser evaluadas constantemente en un cultivo intensivo de organismos acuáticos, especialmente en el caso de los peces amazónicos, que, en ciertas épocas del año, están sometidos a un *stress* térmico debido a las altas temperaturas registradas, que produce efectos como la poca asimilación de los nutrientes y, por lo tanto, un bajo peso.

Este texto proporciona información sobre aspectos relacionados con las variables físicas y químicas que deben ser evaluadas en un cultivo de organismos acuáticos. Se presentan rangos óptimos de las principales variables en los diferentes cultivos de peces de consumo humano, moluscos y crustáceos. Además, se señala la importancia de la calidad del agua en esta actividad.

CAPÍTULO I
EL AGUA COMO RECURSO BÁSICO

El agua es considerada el recurso más importante de la naturaleza para el desarrollo de la vida en la Tierra, pues, a partir de esta, se determina la distribución de especies en los diferentes espacios del planeta. Con el paso de los años, se ha incrementado la necesidad de este elemento para satisfacer las actividades y procesos de las diferentes especies, en particular de la humanidad, lo que ha resultado en una problemática, pues se está generando un estado de escasez por su mal uso o desperdicio.

Es de conocimiento que el agua, en sus diferentes estados, ocupa una gran parte de la superficie del planeta Tierra, aproximadamente el 70 %. No obstante, una información no tan difundida es que solo el 2 % o 4 % de esta cantidad es agua dulce, la cual puede ser utilizada para el consumo humano. Al respecto, se debe considerar que el cuerpo humano se constituye básicamente de agua, hecho que supone la gran importancia de este elemento para la supervivencia de la especie humana. El agua, además, tiene una fundamental presencia en diversos procesos de los seres vivos, como en el caso de la fotosíntesis en las plantas; también cumple un notable rol en distintas actividades humanas relacionadas con la alimentación y el desarrollo económico, como la agricultura o la acuicultura. Es la agricultura la actividad que usa en mayores cantidades este recurso, lo que demuestra su valor económico, además de su importancia para la consolidación del hombre en su sociedad y vida diaria.

Este elemento también es imprescindible en la regulación de los ecosistemas y sus climas. Cumple un ciclo hidrológico en el mundo; este proceso permite que la totalidad del agua en el planeta se mantenga en un nivel a través del tiempo, a pesar de que su disponibilidad se ha visto afectaba por diversos hechos, como su uso indiscriminado, lo que acentúa los efectos sobre el medioambiente y en la calidad de vida del hombre y de las demás especies.

Aun cuando el hombre reconozca su dependencia del agua, se debe considerar urgente la aplicación de medidas para preservarla, así como para cuidar el medioambiente para, de esa manera, prolongar su uso, calidad y disponibilidad, sin afectar la vida de algún ser vivo o el ecosistema.

1.1 Conceptos, propiedades y estructura del agua

El agua es el elemento más importante que existe en el planeta, ya que es esencial para establecer la vida y garantizar la supervivencia de las especies. Dada su importancia, es necesario conocerla como elemento, cómo se estructura y cuáles son sus propiedades. Con esta información se podrá concretar de manera adecuada las diferentes medidas propuestas para su conservación y uso por parte de las futuras generaciones.

Díaz *et al.* (2009) indican que el agua es básicamente un recurso estratégico para el desarrollo de la todas las especies de la Tierra, así como para las actividades económicas. Es un recurso natural que está disponible en diferentes espacios y con diferentes configuraciones, por ejemplo, hay aguas superficiales, subterráneas, oceánicas y marinas. El agua, además, está estrechamente asociada con el ecosistema en el que se encuentra; este puede ser un bosque, un humedal o un páramo.

Martos (2015), por su parte, expresa que, a través de la historia, el agua ha tenido un rol central en la vida de los habitantes alrededor del mundo. Todas las sociedades han utilizado este recurso para poder asentarse y sobrevivir. Incluso, para la mayoría de civilizaciones antiguas, ha sido un elemento sagrado, proporcionado y controlado por una entidad superior y divina. Por ejemplo, la civilización del antiguo Egipto dependía en gran parte del río Nilo, dado que aprovechaban las crecidas anuales que tenía esta cuenca. Con ello y con la construcción de canales y lagunas llegaron a domesticar el río, con la finalidad de optimizar la distribución del agua.

En la actualidad, la situación respecto a este elemento ha cambiado. El respeto y el culto que existía por parte de las antiguas civilizaciones han desaparecido. El hombre moderno pasó de ser el admirador más grande al agente más perjudicial del agua, quien causa alteraciones y excesos sobre este recurso tan importante.

Con relación a las propiedades del agua, Martos (2015) manifiesta que esta tiene una serie de propiedades únicas que la distinguen de otras sustancias de la naturaleza, y son las siguientes:

- El agua es la única sustancia que puede existir, a temperatura ordinaria, en tres estados de materia: sólido, en el caso de glaciares; líquido, en mares, ríos y demás; y gaseoso, en las nubes.

• El agua es una sustancia inodora, incolora e insípida; no obstante, a su paso por la atmósfera y superficie terrestre, este elemento arrastra materiales o gases que pueden alterar su composición, lo que puede modificar su color, olor o sabor.

• El agua pura a nivel del mar tiene un punto de ebullición a 100 ºC. Esto quiere decir que pasará a estado gaseoso cuando haya alcanzado o superado dicha temperatura, mientras que su punto de solidificación se presenta a los 0 ºC.

• El agua en estado sólido puede flotar sobre el agua en estado líquido. Esto sucede porque, al congelarse, la estructura se cristaliza, lo que forma un sistema hexagonal. Este, a su vez, se expande e incrementa en volumen, lo que genera una reducción de la densidad. El agua logra su máxima densidad a una temperatura de 4 ºC, que corresponde a $1g/cm^3$; por tanto, cuando el agua de lagos, mares y océanos tiende a congelarse, la capa de la superficie actúa como un aislante térmico que protege a los seres vivos que se encuentran debajo.

• El agua es el mejor disolvente en el mundo, un disolvente universal. Esta no tiene propiedades ácidas ni básicas, por lo que puede combinarse con ciertas sales para formar hidratos. Asimismo, reacciona con óxidos de metales y forma ácidos. También actúa como un elemento catalizador en diferentes reacciones químicas.

Olortegui (2019) sostiene que el agua tiene propiedades tanto químicas como físicas, estas son las siguientes:

Propiedades químicas

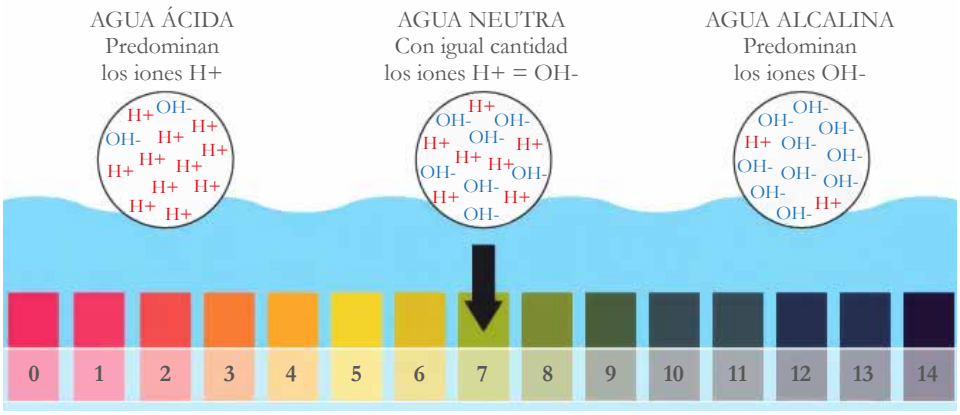
• Dureza: Corresponde a la suma de los cationes polivalentes que son expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio; los más comunes son los de calcio y magnesio.

• pH: Corresponde a un indicador de la acidez de cualquier sustancia. Es, entonces, una de las propiedades más importantes del agua. El rango varía de 0 a 14, donde 7 representa el promedio (neutral). Un pH menor a 7 indica acidez y un pH mayor a 7 indica un rango básico. El pH es, pues,

una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido que tiene el agua, lo que genera una gran influencia en la coagulación.

Figura 1.

Nivel de pH del agua



Nota. Tomado de El Blog de Outlet Piscinas (2018)

• **Alcalinidad:** Representa la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Aniones de ácidos débiles también pueden contribuir con la alcalinidad. Esta propiedad está relacionada con el pH, la composición general, temperatura y fuerza iónica. Es así que se presenta en aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, y muestra, además, una tendencia a que los iones de bicarbonato prevalezcan. A partir de ello se indica que el agua puede tener baja alcalinidad, pero un pH relativamente alto, o viceversa.

• **Acidez:** Puede definirse como la capacidad del agua para neutralizar bases, para reaccionar con iones hidróxido o para ceder protones. Asimismo, la determinación de la acidez es relevante por las características corrosivas de las aguas ácidas y por el costo que supone la remoción y el control de sustancias que la producen.

• **Fosfatos:** Son nutrientes de la vida acuática que ayudan en el crecimiento de plantas. Sin embargo, su presencia en el agua se suele asociar con la eutrofización, problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, y acumulación de sedimentos.

• **Hierro:** Este compuesto puede afectar notablemente el sabor del agua. Produce, incluso, manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en redes de distribución y causar obstrucciones, lo que altera la coloración del agua. Sin embargo, la remoción de este elemento en el agua superficial es fácil, por lo que no representa un gran problema.

• **Nitritos y nitratos:** El nitrógeno es un nutriente esencial para el desarrollo de animales y plantas acuáticas. Forma amoniaco, nitratos y nitritos sobre el agua. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno, como nitrógeno orgánico amoniacal, entra en contacto con el oxígeno disuelto y se transforma por oxidación en nitritos y nitratos.

• **Sulfatos:** Son componentes naturales de las aguas superficiales. Por lo general, no se encuentran en concentraciones que puedan afectar la calidad del agua. Suelen provenir de la oxidación de sulfuros. En función del contenido de calcio, podría darle un carácter ácido.

• **Cloruros:** Las aguas superficiales no suelen presentar cloruros en concentraciones altas que puedan afectar la calidad del agua. Los cloruros, a partir de determinados tipos de concentraciones, pueden ejercer una acción disolvente sobre algunas sales presentes en el agua.

Propiedades físicas

• **Turbidez:** Es una expresión del efecto óptico causado por la dispersión o la interferencia de rayos luminosos que pasan a través del agua. La turbidez es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida mediante la suspensión. Esta puede ser causada por diversos materiales en suspensión que varían de tamaño, desde coloidales hasta partículas gruesas, entre otros.

• **Color:** La coloración del agua se debe a la presencia de hierro y manganeso coloidal en solución. No obstante, cuando el agua entra en contacto con desechos orgánicos, hojas, madera y otros elementos en diversos estados de descomposición, y tomando en cuenta la presencia de taninos, del ácido húmico y de residuos industriales, se modifica la coloración habitual.

Un dato importante es que el color natural del agua es un efecto de las partículas coloidales.

• **Olor-sabor:** El agua es inodora e insípida, pero, al igual que en el caso del color, son los sólidos en suspensión y disueltos los que le proporcionan olor y sabor. Tales características son de apreciación personal y difíciles de cuantificar.

• **Conductividad:** Es la capacidad del agua para conducir la electricidad. El factor que más influye es la presencia de sales disueltas, que implica a los iones. La conductividad es medida con un conductímetro.

• **Temperatura:** La determinación exacta de la temperatura en el agua es esencial para los diversos procesos de su tratamiento y análisis de laboratorio. Esta también influye en el retardo o la aceleración de la actividad biológica, la desinfección y los procesos de mezcla, sedimentación y filtración. Esta propiedad tiende a cambiar de acuerdo a la región geográfica y al clima. En general, mientras esta no exceda los 30ºC, no habrá efectos negativos en el agua.

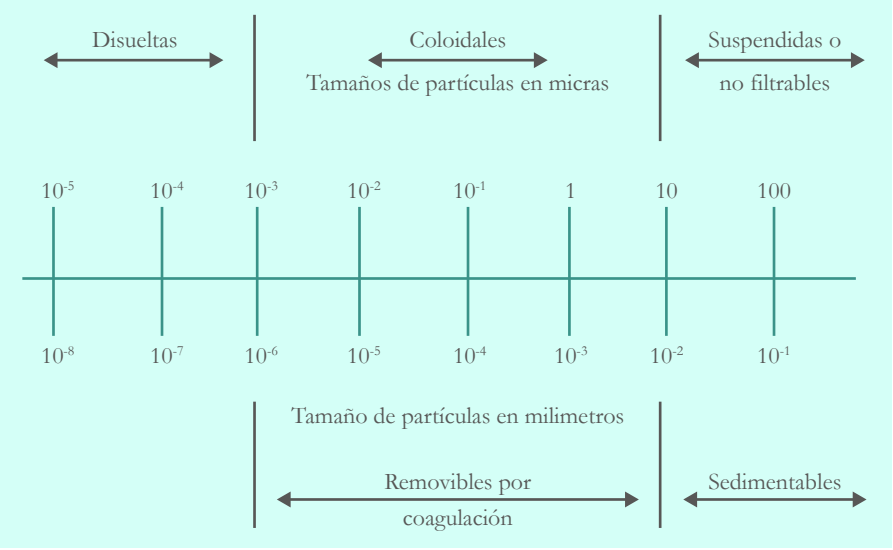
• **Sólidos:** Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden estar suspendidos o disueltos en el agua. Su distribución, según el tamaño, es la siguiente:

- Disueltos: Abarcan hasta un milimicrómetro. En ese caso, físicamente, no tienen influencia sobre la turbidez del agua, pero sí pueden definir su color y olor.

- Coloidales: Abarcan de 1 a 1000 milimicrómetros. Son los causantes de la turbidez neta del agua.

- Suspendidos o no filtrables: Abarcan más de 1000 milimicrómetros. Estos tienen una rápida caída. Cuando el agua es sometida a reposo, también son causantes de la turbidez.

Figura 2.
Tamaño de sólidos



Nota. Tomado de Olortegui (2019)

Por otra parte, López *et al.* (2005) señalan que la estructura electrónica de la molécula de agua es H_2O, es decir, se forma de la siguiente manera: H-O-H. Así, se crean dos enlaces covalentes, cada uno con un aporte iónico de 40 % y con una entalpía de disociación de 110,2 kcal/mol por cada enlace, lo que confiere a la molécula del agua gran estabilidad, principalmente en la naturaleza.

Hasta este punto, se evidencia, pues, la importancia que tiene este elemento para la naturaleza y para establecer la calidad de vida de las especies que habitan la Tierra. También se consideran todas las propiedades que influyen sobre su coloración, olor y demás manifestaciones. Con todo ello, es posible llevar a cabo un correcto proceso de conservación del agua a largo plazo.

1.2 Importancia del agua

El agua es esencial para la vida en la Tierra, para el desarrollo y la supervivencia de diversas especies y ecosistemas. Por ello es considerada el factor abiótico más importante del planeta y uno de los principales constituyentes del medio natural.

De acuerdo a Díaz *et al.* (2009), la importancia del agua radica en su rol en la economía y en la sociedad. En cuanto al tema económico, el agua aporta principalmente en los servicios ambientales que prestan abastecimiento de agua potable, así como en determinadas actividades productivas, como la agricultura y la industria. Son muchos los ejemplos de sectores y tareas que demandan el uso abundante de recursos naturales, en particular del agua, lo que ha generado el agotamiento progresivo de este recurso a través del tiempo.

Entre las principales actividades económicas que requieren de este elemento para su funcionamiento se encuentra el área de la hidroenergía, en la que el agua es el insumo básico para la generación de electricidad. El agua también es empleada como insumo en el sector agropecuario, piscícola e industrial, así como en el turístico (en actividades de recreación como las piscinas y los juegos acuáticos).

La importancia económica en torno al uso del agua representa un indicador que refleja la necesidad de asignar un precio que permita dar una respuesta ante la escasez del recurso. No obstante, las variaciones en la capacidad de abastecimiento pueden afectar las actividades económicas relacionadas con el uso del agua de consumo y, con ello, la producción de bienes de mercado, lo que afecta al sistema de precios y, por ende, a la sociedad.

Considerando el modelo de desarrollo económico tradicional, basado en el crecimiento y el consumo desmedido, se evidencia una clara contradicción con los procesos naturales y la capacidad de soporte de la naturaleza. A nivel social, ello implica un nivel de poder y reparto de bienes de forma no equitativa, donde quien puede dar un mayor pago para el consumo y uso del recurso será el que tenga el derecho a acceder a él.

El problema actual del agua se debe, en gran parte, al desconocimiento por parte de la sociedad sobre los bienes y servicios suministrados por el agua en los diferentes ecosistemas, como los páramos y humedales. La mayoría de la población no es consciente de las características biológicas, físicas y químicas del medioambiente y de los recursos que este posee y que son importantes para su existencia. Estas particularidades son las que permiten el desarrollo y la conservación de la estructura y, en consecuencia, de los diversos bienes y servicios asociados a ella.

Los usos excesivos del agua, sumados a las consecuencias del cambio climático, ponen en riesgo la oferta de los servicios ambientales básicos para el desarrollo de las actividades humanas, puesto que están ligadas al funcionamiento de los ecosistemas y a los ciclos naturales del planeta. Sin embargo, cabe recalcar que el más grave peligro tras el uso desmedido de este recurso vital lo padecen la población de seres vivientes y los recursos renovables y no renovables.

Respecto a la importancia del agua en su aspecto social, esta se explica en el acceso a esta para el consumo humano y el proceso de saneamiento. Así, acceder al agua constituye un derecho humano, pues no existe nada que pueda sustituir este elemento para la humanidad y su supervivencia. Es así que, sin ella, todas las especies perecerían, incluidos los humanos. Los agricultores tampoco podrían cultivar alimentos, y ello afectaría al sector pecuario, industrial y a otros servicios derivados, como el turístico.

Es indispensable la seguridad en el abastecimiento del agua para que se pueda distribuir de manera correcta y adecuada a los pueblos. Además de que este recurso resulte necesario para la supervivencia de las personas, propicia el desarrollo productivo de cada una de ellas, de modo que también contribuye en la reducción de la pobreza.

La falsa concepción del ambiente y de los recursos naturales dentro de la categoría de bienes libres resulta en una relación equivocada entre la sociedad y la naturaleza, lo que constituye uno de los principales factores de degradación y agotamiento. Asimismo, es importante considerar que el agua representa un bien económico que se encuentra bajo un enfoque estratégico. Este está caracterizado por una política firme y consistente de avance hacia una eficiencia económica y ambiental sobre la gestión del recurso junto a una estrategia de implementación que se rige por la gradualidad de cambios en las políticas, instituciones e instrumentos de gestión orientados a un manejo integrado del recurso, que incluye, además, instrumentos económicos como los cánones por el uso del mismo.

Figura 3.
Importancia del agua para el planeta

Nota. Tomado de El Siglo (s.f.)

Monforte y Cantú (2009) indican que el agua también debe su relevancia a su calidad, puesto que su mal estado disminuye su disponibilidad. El estado contaminado del agua es la causa principal de su escasez en el mundo. Por lo tanto, la crisis del agua en el planeta no se basa en la falta de este recurso, sino en un problema de gestión, que no solo implica el almacenamiento y la distribución, sino que también debe atenderse el cuidado y la calidad del recurso para su adecuada administración.

Considerando que el agua es un recurso estratégico para la estabilidad, el desarrollo, el crecimiento y la subsistencia de las sociedades a nivel mundial, además, que ha comenzado a escasear en algunas zonas del planeta y que la expectativa es que la tendencia se mantenga por el crecimiento indiscriminado de la población y los perjuicios al ciclo hidrológico y al medio natural, es importante que se promueva la revisión de los mecanismos de gestión que existen sobre el agua, los cuales van a sentar las bases para revertir o, en el mejor de los casos, detener su agotamiento.

Se reconoce que el agua es un recurso que tiene que incluirse como asunto urgente en las gestiones a desarrollar por distintas entidades. El valor sobre su uso tendrá dos vertientes; una de ellas es el valor de uso en los sectores que tienen intervención y la otra es el valor de cambio, que es, principalmente, un valor

monetario estimado a partir de los costos de extracción, almacenamiento, traslado, tratamiento y mantenimiento de infraestructura.

En síntesis, el agua es el elemento que ocupa la mayor parte del planeta y su existencia y conservación son esenciales para la humanidad y las demás especies, así como para el desarrollo y establecimiento de los diversos ecosistemas y para las actividades económicas en las que se utiliza este recurso. Por todo ello, es fundamental que se promuevan políticas que contribuyan al cuidado del agua y a la mejora de su calidad. Con ello se reducirían los niveles de contaminación, la escasez y, por lo tanto, las amenazas para la supervivencia de la vida en el planeta.

1.3 Funciones básicas del agua

En una perspectiva general, el agua representa las dos terceras partes del cuerpo humano, lo que manifiesta su importancia en la vida de todo ser vivo y en el medio natural. Por otra parte, este elemento también es utilizado en una serie de actividades que contribuyen con el desarrollo de la sociedad.

Según Eustaquio (2019), el agua cumple una serie de funciones vitales para el medio natural y los diferentes ecosistemas del planeta mediante determinados procesos, por ejemplo, el transporte de nutrientes, o como elemento básico para la fotosíntesis en las plantas, así como para la hidratación en el cuerpo humano. Se reconocen las siguientes funciones básicas del agua:

- Es el medio vital para el desenvolvimiento de las células del cuerpo.
- Transporta sustancias disueltas y componentes de la sangre.
- Permite la excreción de desechos a través de orina, heces, sudor y otros.
- Contribuye a la estabilización de la temperatura corporal homogénea y al enfriamiento.
- Aporta electrolitos y minerales esenciales al organismo.
- Hidrata suelos y los vuelve fértiles para la vida vegetal y las actividades agrícolas.
- Posee alta conductividad térmica, es decir, permite la distribución rápida del calor corporal.
- Tiene un alto valor de tensión superficial.
- Es un excelente disolvente.

• Es el medio en el que se producen reacciones metabólicas, por lo que participa como producto o sustrato.

1.4 Cuidado del agua

El hombre y las demás especies dependen notablemente del agua. Las primeras formas de vida se habrían originado en medios acuáticos. En cuanto a los grupos humanos, las primeras civilizaciones se asentaron principalmente en las orillas de las fuentes de agua más importantes del mundo. Además, con el uso de este elemento fue posible la realización de numerosas actividades que contribuyeron con la evolución del hombre en la historia, como la agricultura o la pesquería. Actualmente, el agua es también utilizada en sectores como el transporte, el servicio eléctrico, entre otros.

Para Rodríguez *et al.* (2010), el agua se ha convertido en uno de los principales temas de conversación a nivel mundial. Las reuniones de los diferentes Gobiernos o entidades privadas que tienen como tópico este recurso han sido llevadas a cabo con el fin de plantear y practicar acciones que se orienten a su conservación. Los autores sostienen que el agua es esencial para la vida y que su disponibilidad actualmente es un problema urgente para el mundo a corto y mediano plazo. Se resalta, pues, su cuidado, dado que la falta de este elemento puede ocasionar efectos negativos como los siguientes:

• Peligra la salud de la población, pues muchos carecen de acceso al agua potable o, si lo tienen, está contaminada.

• Peligra la conservación de los ecosistemas. Esto se refleja en los procesos de eutrofización y, por ello, en la aparición de mareas rojas o marrones. Hay, pues, riesgo de perder la estabilidad y la preservación de la diversidad biológica de los ecosistemas hídricos.

• Se afecta la calidad del agua y, por lo tanto, la riqueza de los ríos, lagos, mares y océanos. Por ejemplo, en países desarrollados, la contaminación de ríos y mares con aguas residuales agrícolas y urbanas, junto a la explotación de otros recursos, se traduce en una considerable distribución de residuos que afecta la salud de las personas que acceden a las franjas costeras.

- Se afecta el mantenimiento de los acuíferos. De estos depende el abastecimiento alimentario la población, que, a la vez, depende del buen manejo del agua. Su sobreexplotación ha ocasionado el descenso del nivel de agua utilizado para esta y otras actividades. Ello ha provocado, también, el hundimiento del terreno y el ingreso de agua salada en aguas subterráneas, lo que genera un alto índice de contaminación.

Por otro lado, Elías *et al.* (2008) expresan que el nivel de consumo del agua debe ser adaptado a un contexto real, guiado a través de una concienciación. Asimismo, es importante mantener su calidad para la supervivencia de los seres vivos; por ello, se destaca la necesidad de establecer una modificación en la gestión y distribución de este recurso, así como la promoción de una educación ambiental que fomente el respeto y el cuidado del agua.

En efecto, manejar, proteger y conservar el agua, a través de sus fuentes o mediante su correcta gestión en otros procesos, son tareas esenciales para su uso y aprovechamiento adecuados. Además, con ello se reducirán las posibilidades de contaminación de todo el medio natural.

CAPÍTULO II
CALIDAD DEL AGUA EN ACUICULTURA: PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Hasta este punto se reconoce que la acuicultura es una importante actividad económica que consiste en el cultivo de peces, crustáceos y moluscos. Asimismo, se sabe que para que esta se ejecute de manera adecuada debe existir una intervención óptima en el proceso de cría de las diferentes especies. Esta labor debe desarrollarse en espacios controlados por especialistas, en los que se considere una serie de factores que contribuyan con la producción.

El elemento básico es el agua, por lo tanto, debe tener una buena calidad, ya que es el medio en donde se lleva a cabo la cría, es decir, en donde se reproducen los organismos acuáticos y de donde proviene el producto de consumo de los humanos. La calidad del agua en acuicultura es uno de los factores más importantes. Su monitoreo permite un óptimo rendimiento de la producción y garantiza, además, que esta sea sostenible.

La calidad de agua en acuicultura, entonces, juega un rol esencial, dado que el correcto desarrollo de animales y plantas en estas actividades depende de la manera en que se mantengan los parámetros, tales como la temperatura o el pH. Asimismo, estos son diferentes para cada especie, por lo tanto, la supervisión de las variables sobre la determinación de la calidad de agua será fundamental para la optimización del proceso y sus resultados. Finalmente, un adecuado monitoreo, al consistir en la aplicación de las medidas correctas durante el proceso, incrementa el nivel de producción de las especies y mejora la sostenibilidad.

2.1 Temperatura del agua

Hablar de calidad del agua implica un conjunto de propiedades químicas y físicas, así como la interacción de estos elementos con los organismos vivos. Así, respecto al cultivo de especies acuáticas, es esencial cumplir estos aspectos

para favorecer la producción. La temperatura es una de las propiedades del agua más importantes a considerar en las actividades acuícolas.

De acuerdo a Rodríguez y Anzola (s.f.), la temperatura rige algunos de los parámetros químicos, físicos y biológicos, como la evaporación y la solubilidad de gases. Entre los biológicos se encuentran los procesos metabólicos como la nutrición y la respiración, así como la actividad de las bacterias, que intervienen en la descomposición de la materia orgánica. De ahí se resalta la necesidad de evaluar los cambios de temperatura en el agua que se utilizará en las actividades acuícolas. En la siguiente tabla se muestran los factores que pueden afectar la temperatura del agua para la acuicultura.

Tabla 1.

Factores que afectan la temperatura del agua

Aumenta la temperatura del agua	Reduce la temperatura del agua
• Radiación solar y del ciclo	• Radiación devuelta
• Calor atmosférico	• Conducción de calor a la atmósfera
• Condensación de vapor de agua	• Conducción de calor al fondo
• Conducción de calor del fondo	• Evaporación
• Calor de reacciones químicas	
• Calor de fricción producido por movimiento de las partículas del agua	

Nota. Tomado de Rodríguez y Anzola (s.f.)

2.2 Transparencia, turbidez y color del agua

El color del agua se genera a partir de la interacción entre la incidencia de luz y las impurezas del agua; por ello, las aguas incoloras aparecen azuladas en días soleados. El color se altera por factores biológicos, físicos y químicos; por ejemplo, cuando se produce un mayor florecimiento de fitoplancton, tiende a presentarse una mayor coloración verde, mientras que el agua con alto contenido de hierro suele tener una coloración rojiza (Rodríguez y Anzola, s.f.).

El color más común se presenta por el material vegetal que está en descomposición. Es un color té, característico del agua con alto contenido de humus. Se debe tener en cuenta que estas aguas, por lo general, son ácidas, y que el color por sí mismo no afecta a los peces, pero sí es un factor que restringe

la penetración de rayos solares, hecho que reduce de manera significativa la productividad de los estanques en las actividades acuícolas.

En la acuicultura, la transparencia y la turbidez del agua se definen por el nivel de mineral y plancton que se forme, de modo que, cuanto más alto es el contenido, existe un mayor grado de turbidez, que depende del tamaño y de la cantidad de las partículas en suspensión que tenga el agua. En este sentido, la turbidez limita la habilidad de los peces para capturar alimento concentrado, por consiguiente, irán al fondo del estanque, lo que genera un incremento en la cantidad de materia orgánica.

La turbidez sobre el cultivo de trucha es un elemento que afecta los huevos en incubación al sedimentarse sobre la superficie. Esto impide el intercambio gaseoso a través de la membrana, lo que causa un déficit sobre la capacidad de oxígeno. Por otro lado, hay turbidez mineral en estanques que se abastecen de agua de cuencas mal conservadas o en procesos de erosión, por tanto, cuando el agua es reutilizada, se debe tener un especial cuidado con la materia en suspensión originada para que no se generen más efectos sobre la calidad del agua.

2.3 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua, reconocida como conductancia específica o conductividad, es aquel parámetro que proporciona una evaluación de la concentración total de iones disueltos que contiene el agua. Es, pues, una propiedad esencial de este elemento en los sistemas acuícolas. La conductividad en el agua tiene una base para su medición, esta es la ley de Ohm, que define la resistencia al flujo de electricidad entre dos puntos de un circuito. Así, el agua conduce la electricidad a través de los iones que están disueltos en ella; por lo tanto, el agua pura va a ser un conductor pobre de electricidad. Asimismo, la mayoría de aguas naturales tienen mayor contenido de iones disueltos, lo que significa que su nivel de conductividad incrementa con una mayor concentración de iones totales. (Boyd, 2017)

La conductividad eléctrica depende de la actividad de los tipos de iones que están disueltos y de la temperatura en la que se efectúa la medición. Será, por tanto, una expresión numérica de la capacidad de una solución para el transporte de corrientes eléctricas. Dicha capacidad se basa en la presencia de iones y en la

concentración total de estos, así como en su movilidad, valencia y concentración relativa, además de la temperatura.

Se debe recordar que la conductividad se relaciona directamente con la salinidad, dado que la cantidad de iones disueltos en el agua provoca un incremento en los valores de ambas variables. También se resalta que esta propiedad varía en función de la fuente de agua donde se desarrolle.

En efecto, la conductividad eléctrica es la medida de capacidad de transmisión de corriente eléctrica, cuyas unidades de expresión son Siemens/cm o S/cm, las cuales pueden dar valores presuntivos de la cantidad de iones que están presentes en el agua. Este proceso es de utilidad para establecer el grado de mineralización de una solución, que es importante para la fisiología de los animales cultivados.

2.4 Nivel de acidez, alcalinidad y dureza total

La alcalinidad hace referencia a la concentración total de bases en el agua. Esta se expresa como mg/l de carbonato de calcio equivalente y se representa por iones de carbonato y bicarbonato. Existe una capacidad amortiguadora del pH en el agua, la cual se basa en la presencia de los iones; esto quiere decir que, si hay una gran cantidad de carbonato y bicarbonato en el agua, entonces, el pH seguirá estable (Rodríguez y Anzola, s.f.).

El agua con alcalinidad alta permite que se mantenga un mayor valor de pH por las mañanas, mientras que el agua con baja alcalinidad facilita los cambios de pH en plazos de un día. Por otro lado, la dureza total es definida como la concentración de iones en el agua, que es básicamente el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) y que se expresa también en mg/l de carbonato de calcio equivalente. Además, otros iones divalentes contribuyen en la dureza; estos son menos importantes. Así, el agua se clasifica de acuerdo a su dureza.

Tabla 2.
Clasificación de la dureza en el agua

Dureza	Clasificación
0 - 75	Blanda
75 - 150	Moderadamente dura
150 - 300	Dura
300 o más	

Nota. Tomado de Rodríguez y Anzola (s.f.)

Para el cultivo de organismos acuáticos, la mejor calidad de agua respecto a los parámetros de alcalinidad y dureza son aquellos que tienen valores similares, dado que, si se presentan valores diferenciales como una alcalinidad más alta que el nivel de dureza, el pH puede incrementarse en periodos de alta fotosíntesis.

2.5 Oxígeno disuelto

El nivel de oxígeno disuelto en un estanque de acuicultura es el parámetro más importante sobre la calidad del agua. Si no existe una adecuada concentración de este elemento, los organismos pueden ser vulnerables a enfermedades y parásitos, por lo que pueden, incluso, morir (Rodríguez y Anzola, s.f.). Se ha comprobado que las especies cultivadas no aceptan el alimento cuando se presenta en niveles bajos de oxígeno, lo que, eventualmente, conlleva a una pérdida del insumo, lo que también afecta el nivel de desarrollo de dicha especie.

En ese sentido, el oxígeno disuelto es el parámetro más crítico para los sistemas acuícolas, por lo que debe ser sumamente favorable para el crecimiento del cultivo. Así, el análisis de su nivel tiene que ser determinado con frecuencia. Cabe mencionar que los requisitos del oxígeno disuelto requerido van a depender de factores como la especie, la edad, la aclimatación previa, la temperatura y la concentración de otras sustancias que tendrá el agua. Una sobresaturación de este elemento sería, también, perjudicial para la producción de los cultivos.

La mayoría de acuicultores se enfocan en suplir de oxígeno al organismo de interés del cultivo, sin embargo, no tienen en cuenta que, en el caso de los peces, también se encuentran involucrados organismos de carácter vegetal

y animal, como también materia inorgánica y orgánica que va a contribuir en la generación y el consumo del oxígeno.

Es por ello que en los procesos piscícolas es importante que se atienda los ciclos de consumo de oxígeno y su producción natural, dado que estos, en un estanque, varían a lo largo del día. Por ello, existen momentos en los que los vegetales generan oxígeno en el día y en la noche. Los animales y plantas continúan respirando sin la producción de nuevo oxígeno en el agua, puesto que este puede ser removido como resultado de una serie de reacciones químicas inorgánicas que se conocen como demanda química de oxígeno.

En consecuencia, el equilibrio de oxígeno disuelto y su tasa de consumo tienden a cambiar con rapidez en el medio acuático, según un conjunto de elementos, lo que determina, a su vez, la calidad del agua y asegura el correcto desarrollo del cultivo.

2.6 Anhídrido carbónico libre

El anhídrido carbónico libre disuelto en el agua da lugar al equilibrio carbónico, que es un factor importante en la química de este elemento, conocido también como dióxido de carbono.

Para Espinoza y Rodríguez (2016), el agua natural contiene cantidades significativas de CO_2 disuelto como producto de la disolución del dióxido de carbono atmosférico como de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. El dióxido de carbono que penetra en el agua genera, entonces, ácido carbónico, el cual forma parte del complejo equilibrio ácido-base en el que participan diferentes formas carbonatadas en el agua.

2.7 Cloruros

Las fuentes comunes del cloruro suelen ser fuentes termales y salmueras. Las concentraciones elevadas de este elemento provocan un sabor desagradable en el agua, que también depende de la composición química. Por tanto, si el catión predominante es el sodio, una concentración de cloruro puede presentar un sabor salado que es fácil de detectar; sin embargo, si en el agua prevalece el calcio y el magnesio, no sería detectable. Entonces, se reconoce que las aguas geotérmicas son altas en contenido de cloruro. (Zhen, 2009)

En entornos de agua natural, la presencia de cloruros tiende a atribuirse a la disolución de los depósitos minerales de sal gema, así como de contaminación que proviene de diversos efluentes de actividades industriales, de aguas excedentarias de riegos agrícolas y de minas de sales potásicas. Por lo tanto, en ocasiones puede darse un incremento del contenido de cloruro como consecuencia de la contaminación doméstica, agua que puede afectar la calidad del estanque natural de los cultivos.

2.8 Amonio, nitraros y nitritos

Se sabe que el nitrógeno es un elemento importante para el crecimiento de algas. Este genera un incremento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, lo que reduce su nivel. Las diversas formas de nitrógeno son importantes para que se establezca el tiempo desde la polución de un cuerpo en el agua, por lo que, en el tratamiento biológico de aguas, los datos de nitrógeno amoniacal y el orgánico son de suma importancia para que se determine si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos que se encuentran en la fuente.

Aznar (2000) señala que el amoniaco es uno de los compuestos intermedios que se crean durante la biodegradación de compuestos orgánicos nitrogenados, tales como los aminoácidos, las proteínas, los ácidos nucleicos, entre otros, considerando que estos forman parte de todos los seres vivos. Este elemento junto al nitrógeno orgánico son un indicador de que un curso de agua sufrió una contaminación reciente.

Ambas formas de nitrógeno se determinan con frecuencia en una sola medida. Además, la oxidación aeróbica de los compuestos amoniacales y órganos nitrogenados van a conducir a la formación de nitritos (NO_2) y, posteriormente, estos se convertirán en nitratos (NO_3). Así, un elevado contenido en nitratos y bajo en amonio indica que se trata de agua que ha estado contaminada por largo tiempo.

El nitrato es encontrado principalmente en el suelo y en el agua, pero este suele presentarse en bajas concentraciones; sin embargo, es altamente soluble, por tanto, puede ser transportado con gran facilidad cuando el agua entra en contacto con fuentes contaminantes. Estas fuentes de contaminación incluyen sistemas sépticos, fertilizantes, materia vegetal

en descomposición y otros. Es considerado, entonces, como un indicador temprano de fuentes de contaminación sobre la calidad del agua. El amonio, los nitritos y nitratos pueden determinarse a través de la espectrofotometría de adsorción o, en su debido caso, empleando electrometría de electrodos selectivos.

2.9 Demanda bioquímica de oxígeno

El agua es altamente susceptible a la contaminación. Esta es uno de los vertederos más grandes de residuos en el mundo debido a la industria y la sociedad. Es importante considerar que existen contaminantes o residuos que demandan oxígeno, los que afectan las fuentes de agua.

La demanda bioquímica de oxígeno en el agua, o demanda biológica de oxígeno, es aquel parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de consumo o la oxidación por medios biológicos que contiene la muestra líquida, y se utiliza para determinar el nivel de contaminación del agua.

Por su parte, Zhen (2009) señala que la demanda bioquímica de oxígeno refiere a la cantidad de oxígeno requerida por los organismos cultivados. Esta es utilizada para determinar la contaminación de las aguas en términos de cantidad de oxígeno descargado en cuerpos naturales; prevalecen las condiciones aeróbicas, por lo que es una de las pruebas más importantes sobre el control de actividades en cuanto al análisis de la calidad de agua en las fuentes de los sistemas acuícolas.

Un dato relevante es que el oxígeno utilizado para la oxidación de materia orgánica consume oxígeno usado para el desarrollo de la fauna y la flora acuática; ello provoca grandes cambios sobre la calidad del agua, como un posible incremento del pH, que conlleva a la desaparición progresiva de la fauna y flora acuáticas.

CAPÍTULO III
EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE ORGANISMOS ACUÁTICOS AMAZÓNICOS

Se reconoce que la acuicultura corresponde a un conjunto de tareas que permiten el cultivo de diversas especies acuáticas, siendo así una de las principales actividades económicas en una sociedad. No obstante, para que la acuicultura pueda establecerse de la mejor forma y con ello puedan optimizarse sus resultados, es esencial que esta se desarrollarse en espacios adecuados para la intervención de las especies, considerando que se realiza, mayormente, en hábitats no naturales para los distintos organismos, aun cuando pueda contener los mismos elementos de su entorno.

En tal sentido es fundamental que estos espacios controlados cuenten con una serie de requisitos básicos, denominados parámetros, siendo estos físicos y químicos. Se tiene que considerar que existe ya una serie de parámetros generales para la actividad acuícola, pero los rangos que se forman sobre cada uno van a estar determinados por la especie que va a cultivarse, así como por el entorno en el que va a cultivarse.

En las siguientes páginas se expondrá el desarrollo de los rasgos necesarios para las principales especies que se cultivan en la Amazonía, y se resalta que el cumplimiento de tales rangos contribuye con el establecimiento de la calidad de agua en las prácticas acuícolas, que es uno de los elementos más importantes para toda actividad, independientemente de la zona en la que esta va a llevarse a cabo. De ese modo, se pueden tomar las medidas pertinentes durante el proceso, lo que permitirá, a su vez, incrementar el nivel de producción de especies y optimizar los resultados.

3.1 Evaluación de la calidad de agua en cultivo de peces para consumo humano

3.1.1 Rangos para el cultivo de arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*)

Es conocida también como arahuana o arawana. Es una especie muy poco estudiada en nuestra región. De los trabajos realizados, se conocen aspectos reproductivos, el levante de alevinos y algunos datos sobre su cultivo. Sin embargo, presenta un amplio rango de temperatura 23,8 - 31,0 °C, siendo el óptimo 28 °C, en estanques, y 26 °C para acuarios. Se destaca, además, su capacidad para soportar valores bajos de oxígeno, 2,67 ppm, y condiciones óptimas de 7,4 ppm. Por su comportamiento de permanecer gran parte del tiempo nadando en la superficie del agua, por ser carnívoro, necesita que el agua del estanque contenga altos valores de oxígeno.

Tabla 3.

Rangos para el cultivo de arahuana

Variable	Rango
T agua (°C)	23,8 - 31,0
Trans. (cm)	27,0 - 102,17
Ce (µS)	67,3
pH (UI)	5,8 - 8,0
OD (ppm)	2,67 - 7,4
CO_2 (ppm)	5,0 - 26,5
Alk (ppm)	8,67 - 47,0
DT (ppm)	4,0 - 50,0
Amoniaco (ppm)	0,52 - 0,65
Amonio (ppm)	0,4
Nitritos (ppm)	0,5

Nota. Tomado de Amaringo (2013), Hoyos (2014), Osorio y Rivadeneyra (2014), Caballero y Rivas (2015) y Pereyra (2017)

Figura 4.
Ejemplar de arahuana (Osteoglossum bicirrhosum)

3.1.2 Rangos para el cultivo de palometa banda negra (*Myleus schomburgkii*)

La banda negra actualmente viene siendo estudiada por su rápida adaptación a estanques, su aceptación a alimentos balanceados y por las densidades de siembra. En la siguiente tabla se puede observar que presenta un amplio rango de temperatura del agua, entre 25,0 y 32,0 °C. El oxígeno también es un factor preponderante en su cultivo, entre 3,5 y 8,67 ppm, valores altos que la vuelven una especie un poco exigente respecto a este elemento.

Por estas características la especie es empleada frecuentemente por varios piscicultores de la región peruana, ya que tiene muchas potencialidades.

Tabla 4.

Rangos para el cultivo de palometa banda negra

Variable	Rango
T agua (°C)	25,0 - 32,0
Trans. (cm)	45,0 - 70,0
Ce (µS)	5,8 - 7,47
pH (UI)	5,3 - 7,5
OD (ppm)	3,5 - 8,67
CO_2 (ppm)	2,8 - 15,0
Alk (ppm)	2,0 - 33,3
DT (ppm)	8,0 - 56,0
Amoniaco (ppm)	0,2 - 0,3
Amonio (ppm)	0,13 - 1,16
Nitritos (ppm)	0,3 - 0,5
Nitratos (ppm)	0,4 - 0,69

Nota. Tomado de Villa y García (2009), Vásquez y Panaifo (2011), Panduro y Ramírez (2012), Minaya y Escobedo (2012), Pinto y Paredes (2013), Rodríguez (2013), Monge y Navarro (2014), Panduro y Vásquez (2014), Guerra (2016), Maldonado y Taricuarima (2017), Gonzales (2017), Guevara y Torres (2018) y Ruiz y Paredes (2018)

Figura 5.

Ejemplar de banda negra (Myleus schomburgkii)

3.1.3 Rangos para el cultivo de boquichico (*Prochilodus nigricans*)

El boquichico es una especie bastante empleada en cultivos, juntamente con el sábalo cola roja, la gamitana y el paco. Se adapta a estanques, acepta alimentos balanceados en los primeros días y luego es bentófago. En la siguiente tabla se puede observar que presenta un amplio rango de temperatura del agua, entre 24,0 y 31,0 °C. El oxígeno también es un factor preponderante en su cultivo, entre 3,5 y 4,5 ppm, valores que lo vuelven susceptible a mortalidades en los estanques, cuando estos son bajos y cuando la especie está en densidades de siembra relativamente altos. Es utilizado frecuentemente en cultivos, su carne es muy apreciada y muy requerida por los consumidores.

Tabla 5.

Rangos para el cultivo de boquichico

Variable	Rango
T agua (°C)	24,0 - 31,0
Trans. (cm)	27,0 - 35,0
Ce (µS)	35,0 - 45,0
pH (UI)	6,0 - 7,2
OD (ppm)	3,0 - 4,5
CO_2 (ppm)	4,5 - 18,0
Alk (ppm)	12,0 - 32,0
DT (ppm)	43,0 - 50,0
Amoniaco (ppm)	
Amonio (ppm)	0,05 - 0,8
Nitritos (ppm)	
Nitratos (ppm)	

Nota. Elaboración propia

Figura 6.
Ejemplar de boquichico (Prochilodus nigricans)

3.1.4 Rangos para el cultivo de carachama (*Hypostomus* sp. y *Liposarcus* sp.)

La carachama es una especie que por su comportamiento y su ubicación en la columna de agua dentro de los estanques de cultivo es menos exigente; sin embargo, es necesario señalar que los trabajos realizados sobre esta indica que también necesita ciertas condiciones. En el caso de la temperatura, está entre 24,95 y 26,00 °C, valores bajos pero óptimos para este grupo. En cuanto a la transparencia, esta especie requiere agua bastante cristalina, 90,0 - 97,5 cm; además, un pH entre 6,73 y 7,25, es decir, aguas neutras. El oxígeno disuelto debe presentar valores entre 3,5 y 6,28 ppm, valores altos. Respecto a los otros parámetros, estos tienen poca significancia.

Cabe resaltar que son pocos los trabajos realizados sobre esta especie. Posee un gran potencial en el cultivo. Si se presentan las condiciones, pueden, incluso, reproducirse en los estanques o adicionarse.

Tabla 6.

Rangos para el cultivo de carachama

Variable	Rango
T agua (°C)	24,95 - 26,0
Trans. (cm)	90,0 - 97,5
Ce (µS)	
pH (UI)	6,73 - 7,25
OD (ppm)	3,5 - 6,28
CO_2 (ppm)	7,5 - 14,0
Alk (ppm)	34,0 - 43,0
DT (ppm)	32,0 - 39,0
Amoniaco (ppm)	0,4 - 0,67
Amonio (ppm)	0,04 - 0,4
Nitritos (ppm)	0,5
Nitratos (ppm)	

Nota. Tomado de Saldaña (2015) y Pacaya (2017)

Figura 7.

Ejemplar de carachama (Hypostomus sp.)

3.1.5 Rangos para el cultivo de cíclidos (bujurquis, tucunaré)

Los cíclidos son empleados para acuarismo y muchas especies se cultivan en estanques o en acuarios. El bujurqui pertenece a este grupo común; se encuentra como invasor en los estanques y es de alta competencia por el alimento y el espacio debido a su rápida reproducción (reproductor parcelado). Es, aparentemente, un grupo no muy exigente en cuanto a las condiciones del agua, pero, si se desea un cultivo intensivo, deben ser manejados adecuadamente para conseguir los resultados esperados, especialmente cuando van a ser empleados como forraje para otros peces piscívoros, por ejemplo, para el paiche.

Se puede observar que tienen un rango moderado para la temperatura, entre 25,83 y 28,9 °C; un pH también moderado entre 5,8 y 7,6 UI. Son exigentes en cuanto al oxígeno, entre 3,9 y 7,49 ppm. Respecto a los otros parámetros, estos no tienen mucha significancia, pues están en valores normales para el cultivo.

Tabla 7.

Rangos para el cultivo de cíclidos

Variable	Rango
T agua (°C)	25,83 - 28,9
Trans. (cm)	32,5 - 40,0
Ce (µS)	33,0 - 99,0
pH (UI)	5,8 - 7,6
OD (ppm)	3,9 - 7,49
CO_2 (ppm)	10,0 - 18,0
Alk (ppm)	12,0 - 18,0
DT (ppm)	8,0 - 54,0
Amoniaco (ppm)	
Amonio (ppm)	0,2 - 0,6
Nitritos (ppm)	0,05 - 0,6
Nitratos (ppm)	0,2 - 10,0

Nota. Tomado de Vela (2011), Gonzales (2012), Vásquez (2012) y Bardales y Panduro (2014)

Figura 8.
Ejemplar de tucunaré (Cichla monoculus)

3.1.6 Rangos para el cultivo de zúngaros (doncella, tigre zúngaro)

Los zúngaros o *catfish* (como lo llaman los acuicultores norteamericanos) son un grupo de peces muy requeridos por su piel y por su carne. Presentan también un amplio rango de tolerancia a la temperatura, entre 24 y 31 °C; igualmente, de pH, entre 5,81 y 8,0. Son muy exigentes en el requerimiento de oxígeno, de 3,2 a 6,69 ppm. Las otras variables no tienen significancia.

Tabla 8.

Rangos para el cultivo de zúngaros

Variable	Rango
T agua (°C)	24,0 - 31,0
Trans. (cm)	
Ce (µS)	
pH (UI)	5,81 - 8,0
OD (ppm)	3,2 - 6,69
CO_2 (ppm)	12,0 - 16,0
Alk (ppm)	8,0 - 12,0
DT (ppm)	7,5
Amoniaco (ppm)	
Amonio (ppm)	0,2 - 0,4
Nitritos (ppm)	
Nitratos (ppm)	

Nota. Tomado de Murrieta (2009), Lozano (2013) y Sánchez y Yahuarcani (2014)

Figura 9.

Ejemplar de doncella (Pseudoplatystoma fasciatum)

Figura 10.
Ejemplar de tigre zúngaro (Pseudoplatystoma tigrinum)

3.1.7 Rangos para el cultivo de gamitana (*Colossoma macropomum*)

La gamitana es la especie más empleada en los cultivos en la Amazonía peruana. Se conoce que esta especie es la más resistente a las condiciones de cultivo. Tiene el más amplio rango de tolerancia a la temperatura, de 25,0 a 33,0 °C; y un pH de 5,0 a 8,58. Un dato importante es que puede soportar bajos tenores de oxígeno, de 1,0 a 8,55 ppm.

Tabla 9.

Rangos para el cultivo de gamitana

Variable	Rango
T agua (°C)	25,0 - 33,0
Trans. (cm)	30,0 - 100,0
Ce (µS)	15,0 - 60,0
pH (UI)	5,0 - 8,58
OD (ppm)	1,0 - 8,55
CO_2 (ppm)	0,07 - 27,44
Alk (ppm)	2,0 - 150,0
DT (ppm)	8,0 - 222,3
Amoniaco (ppm)	0,0021 - 2,0
Amonio (ppm)	0,02 - 1,03
Nitritos (ppm)	0,01 - 0,74
Nitratos (ppm)	0,31 - 4,4
Salinidad (PPM)	0,01 - 0,03
Turbidez	0,03 - 1,3
Cl (ppm)	11,22 - 70,4

Nota. Tomado de Ruiz y Vela (2007), Cardama y Sanchez (2009), Casanova (2009), Suarez (2009), Casado (2009), Armas (2010), Fababa y Marinho (2010), Ramírez y Rodríguez (2010), Tenazoa (2010), García y Pezo (2011), Rioja y Valles (2011), Torres (2011), Rios y Pérez (2012), Rojas (2012), Pipa y Ruiz (2012), Babilonia y Arévalo (2013), Caballero (2014), Mori y Vela (2014), Soria y Sánchez (2014), Bernuy y Ocampo (2015), Farías y Vargas (2015), Monge y Rojas (2015), Del Águila y Ruiz (2016), Zavaleta (2016), Campos (2017), Nuñez y Tello (2017) y Mori (2018)

Figura 11.
Ejemplar de gamitana (Colossoma macropomum)

3.1.8. Rangos para el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*)

El paco también es una especie muy resistente a las condiciones del cultivo, similar a la gamitana. Su rango de tolerancia a la temperatura es entre 22,6 y 34,3 °C; y el pH, de 5,0 a 8,21; respecto al oxígeno, de 2,0 a 8,5 ppm.

Tabla 10.

Rangos para el cultivo de paco

Variable	Rango
T agua (°C)	22,6 - 34,3
Trans. (cm)	22,5 - 70,0
Ce (µS)	10,0 - 55,0
pH (UI)	5,0 - 8,21
OD (ppm)	2,0 - 8,5
CO_2 (ppm)	2,5 - 16,5
Alk (ppm)	8,0 - 48,0
DT (ppm)	10,0 - 44,0
Amoniaco (ppm)	
Amonio (ppm)	0,2 - 1,5
Nitritos (ppm)	0,01 - 1,0
Nitratos (ppm)	< 2,0
Salinidad (PPM)	0,01 - 0,03
Turbidez	0,03 - 1,3
Cl (ppm)	11,22 - 70,4

Nota. Tomado de López (2007), Tafur (2008), Machuca y Mejía (2009), Gardini y Cáceres (2015), Ramírez y Torres (2011), Romero (2011), Hualinga (2013), Satalaya (2013), Ricopa y Olórtegui (2016), Torres (2017) y Saavedra (2018)

Figura 12.

Ejemplar de paco (Piaractus brachypomus)

3.1.9 Rangos para el cultivo de paiche (*Arapaima gigas*)

El paiche es una especie emblemática de la Amazonía peruana, por lo que es muy estudiada actualmente y posee un gran potencial económico. De acuerdo a los trabajos realizados, tiene un rango moderado de tolerancia a la temperatura entre 24,2 y 29,0 °C; igual con el pH, entre 6,0 y 8,5. Además, tiene gran tolerancia en cuanto al oxígeno, pues puede soportar bajos y altos tenores; es, entonces, una especie que no requiere mucho dicho elemento porque lo toma del aire atmosférico. Los otros parámetros no tienen significancia.

Tabla 11.
Rangos para el cultivo de paiche

Variable	Rango
T agua (°C)	24,2 - 29,0
Trans. (cm)	51,0 - 75,0
Ce (µS)	77,7 - 230,3
pH (UI)	6,0 - 8,5
OD (ppm)	1,0 - 7,0
CO_2 (ppm)	2,5 - 22,3
Alk (ppm)	12,0 - 30,0
DT (ppm)	10,0 - 100,0
Amoniaco (ppm)	0,006 - 0,15
Amonio (ppm)	0,2 - 0,7
Nitritos (ppm)	0,05 - 0,08
Nitratos (ppm)	
Salinidad (PPM)	0,01 - 0,03
Turbidez	0,03 - 1,3
Cl (ppm)	11,22 - 70,4

Nota. Tomado de Yuto (2006), Alván (2010), Arango (2012), Napuchi (2013), Verástegui y Del Castillo (2013), Arévalo (2014), Pezo y Ushiñahua (2014) y Saldaña (2015)

Figura 13.
Ejemplar de paiche (Arapima gigas)

3.1.10 Rangos para el cultivo de sábalo cola roja (*Brycon amazonicus*)

El sábalo es una especie de muchas exigencias en el cultivo por su comportamiento y rápido desplazamiento en el agua. Es un pez hidrodinámico por naturaleza. Tiene un rango moderado respecto a la temperatura, entre 24,3 y 31,1 °C; el pH, entre 6,17 y 8,0; y el oxígeno, entre 3,0 y 5,0. No soporta altas densidades de siembra, siempre y cuando las concentraciones de oxígeno sean altas.

Tabla 12.

Rangos para el cultivo de sábalo cola roja

Variable	Rango
T agua (°C)	24,3 - 31,19
Trans. (cm)	27,0 - 32,0
Ce (µS)	
pH (UI)	6,17 - 8,0
OD (ppm)	3,0 - 5,0
CO_2 (ppm)	4,3 - 17,88
Alk (ppm)	16,65 - 59,5
DT (ppm)	43,0 - 55,5
Amoniaco (ppm)	
Amonio (ppm)	0,05 - 0,8
Nitritos (ppm)	
Nitratos (ppm)	
Salinidad (PPM)	0,01 - 0,03
Turbidez	0,03 - 1,3
Cl (ppm)	11,22 - 70,4

Nota. Tomado de Aguilar y Torres (2010), Murrieta y Rengifo (2016) y Ruiz y Zumaeta (2017)

Figura 14.

Ejemplar de sábalo cola roja (Brycon amazonicus)

3.2 Evaluación de la calidad de agua en el cultivo de moluscos

3.2.1 Rangos para el cultivo de churo *Pomacea* sp.

El churo es una especie rústica, como lo señalan muchos autores. Tiene un amplio rango de tolerancia a la temperatura, entre 22,7 y 30,3 °C. Su rango de pH es moderado, entre 6,0 y 6,9, igual respecto al oxígeno; necesita, aparentemente, de aguas moderadamente oxigenadas, entre 5,2 y 7,3 ppm. Se conoce muy poco sobre las otras variables, como el amonio, amoniaco, nitratos y nitritos.

Tabla 13.
Rangos para el cultivo de churo

Variable	Rango
T agua (°C)	22,7 - 30,3
Trans. (cm)	19,0 - 36,0
Ce (µS)	
pH (UI)	6,0 - 6,9
OD (ppm)	5,2 - 7,3
CO_2 (ppm)	3,0 - 6,5
Alk (ppm)	4,0 - 10,0
DT (ppm)	7,0 - 8,0
Amoniaco (ppm)	
Amonio (ppm)	
Nitritos (ppm)	
Nitratos (ppm)	
Salinidad (PPM)	0,01 - 0,03
Turbidez	0,03 - 1,3
Cl (ppm)	11,22 - 70,4

Nota. Tomado de Franco (2012), Ríos y Alava (2012) y Marina y Yalta (2014)

Figura 15.
Ejemplar de churo (Pomacea maculata)

3.3 Evaluación de la calidad de agua en el cultivo de crustáceos

3.3.1 Rangos para el cultivo de camarones (*Machrobrachium* sp.)

El cultivo de camarones en Amazonía peruana, especialmente en Loreto, es bajo; sin embargo, se puede visualizar un gran potencial para esta especie, que presenta un rango moderado de tolerancia a la temperatura, entre 25,4 y 30,5 °C; igualmente, el pH se encuentra entre 6,2 y 7,5. Los camarones necesitan aguas muy oxigenadas, entre 3,0 a 8,7 ppm. Las otras variables son poco significativas.

Tabla 14.
Rangos para el cultivo de camarones

Variable	Rango
T agua (°C)	25,4 - 30,5
Trans. (cm)	25, 0 - 35,0
Ce (µS)	
pH (UI)	6,2 - 7,5
OD (ppm)	3,0 - 8,7
CO_2 (ppm)	14,0 - 18,0
Alk (ppm)	5,6 - 8,2
DT (ppm)	4,0 - 6,3
Amoniaco (ppm)	
Amonio (ppm)	0,4 - 0,8
Nitritos (ppm)	
Nitratos (ppm)	3,0 - 6,0
Salinidad (PPM)	0,01 - 0,03
Turbidez	0,03 - 1,3
Cl (ppm)	11,22 - 70,4

Nota. Tomado de Mera y Selis (2012) y Manrique (2013)

Figura 16.
Ejemplar de camarón de río (Macrobrachium sp.)

CAPÍTULO IV
RELEVANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE ORGANISMOS ACUÁTICOS DE LA AMAZONÍA

La acuicultura es una de las actividades económicas que más sustenta una sociedad. Llevar a cabo su nivel de producción puede resultar un hecho sumamente complejo, en particular, el de poder mantener los estándares de calidad en el agua que se utiliza en los procesos de cultivo, aun más cuando se trata, principalmente, de espacios controlados, que es una de las problemáticas para estas prácticas, dado que, al ser espacios artificiales, la fluidez del elemento y su calidad van a depender del monitoreo que desarrollen los profesionales encargados.

En este sentido, es esencial reconocer cuán importante es mantener en óptimas condiciones el agua para las actividades acuícolas, considerando que corresponde a uno de los factores más importantes a supervisar, para garantizar el mayor rendimiento de la producción de especies. Asimismo, este hecho contribuirá a que los procesos de cultivo se desarrollen de manera sostenible en el sector, pues se encuentran en notable crecimiento, lo que significa que se requiere un mayor uso de este recurso a largo plazo. Además, gran parte de la seguridad alimentaria de la población depende de esta actividad.

En consecuencia, para asegurar la calidad del agua, en particular sobre el cultivo de organismos acuáticos de la Amazonía, se va a necesitar, como se expuso en capítulos anteriores, una serie de factores determinantes. Así, resulta esencial la supervisión continua sobre parámetros como la temperatura del agua, el nivel de alcalinidad, de oxígeno, entre otras variables que forman parte de los requisitos para el correcto desarrollo de los cultivos. Ello ayudará, eventualmente, a un incremento en la producción de especies, lo que, a su vez, recae en un desarrollo sostenible de las especies y su posterior consumo.

4.1 Temperatura del agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos

La temperatura del agua es una variable importante en el cultivo de organismos acuáticos, regula la estabilidad y actividad de las enzimas, la reproducción, el crecimiento y el estado fisiológico de todas las entidades vivas; además, regula o afecta los niveles de pH, el potencial redox, la solubilidad de gases, la densidad, el estado físico y la viscosidad del sustrato.

Con esas características se puede concluir que se debe realizar una evaluación constante del agua, con la finalidad de conocer cómo esta varía en los días calurosos y en los días templados, especialmente en las zonas de más calor en la Amazonía peruana. Hay días en que el rango de temperatura está entre 27 °C y 34 °C; en algunos casos, se encuentra en mayor nivel. Esto hace que los peces del cultivo estén sometidos a un estrés térmico, que es un factor negativo cuando en los estanques tienen una alta densidad de siembra. Se puede tener en cuenta algunos casos, como falta de oxígeno, incremento del pH o disminución del mismo, por lo que los peces no se alimentan bien cuando hay comida en la superficie del agua, pues se eleva el CO_2. En ese caso se generan problemas, puede presentarse una mortalidad de peces porque no soportan estas condiciones, lo que afecta el cultivo, mayormente cuando estas condiciones se presentan por varios días seguidos, como en los famosos veranillos amazónicos.

Otro aspecto es la producción de plancton por el incremento de la actividad fotosintética. Las temperaturas altas en algún momento pueden ser favorables en estanques de gran tamaño, hasta que se llega a la saturación, si se mantiene constante la temperatura y la intensidad lumínica, pero si se incrementa la temperatura del agua, esta actividad puede reducirse. En estanques de regular tamaño no hay una producción significativa por varios motivos; podría señalarse el tiempo que está el agua en el estanque. Si hay un mayor volumen que ingresa a la evaporación, es probable que también salga rápido del estanque. Si existe poco volumen de ingreso, podría darse una producción significativa; en algunos casos se produce un bloom planctónico con dominancia de una especie, un alga verde azul u otra, que podría causar problemas también con respecto al descenso de concentraciones de oxígeno disuelto en las noches; así, al día siguiente, observamos el famoso boqueo en los peces.

Por eso, se recomienda el monitoreo constante de esta variable, para conocer estos aspectos importantes.

4.2 Nivel de transparencia para el cultivo de especies amazónicas

Mide la interacción entre la cantidad de luz que penetra en la columna de agua y los elementos que se encuentran en ella (plancton, material flotante y partículas pequeñas).

En los estanques de cultivo, la medida de la transparencia también tiene relevancia, tiene relación con el color de la misma, es decir, la presencia de partículas en la columna del agua. Cada uno de esos elementos le da una apariencia de color.

Las especies que están en cultivo se comportarán según la cantidad de luz que penetra en el estanque; aparentemente, para muchas esta no es significativa, debido a que son especies que se adaptan fácilmente a esas condiciones.

4.3 Coloración del agua en cultivo de especies amazónicas

La presencia de partículas sobrenadantes (plancton, desechos pequeños, partes de escamas, partículas de arena, arcilla, entre otros) asigna un color aparente al agua: verde, amarillo verdoso, verde azulado, rojizo, entre otros.

Las aguas de color claro, levemente azuladas, verdes o verde amarillentas son excelentes en la acuicultura, pues indican la presencia de productividad acuática, debido a microalgas cianofitas (verde azules), clorofitas (verdes), clorofitas y diatomeas (verde amarillentas). Es preciso evitar abastecer estanques con agua de color rojizo y amarillo porque pueden provenir de zonas con hierro y aluminio; gris o negro, porque contienen mezclas de desagües de alguna población cercana. Se colige, entonces, que el color del agua también es un indicador para la eficiencia del cultivo.

4.4 Conductividad eléctrica en cultivo de organismos acuáticos de la Amazonía

Los niveles en los estanques de cultivo son relativamente bajos, pero muy significativos. Estos valores permiten manejar adecuadamente el agua para

incrementar su productividad. Las sustancias de los alimentos que se brindan a los organismos en cultivo y que se descomponen se combinan con otros que están en el agua y permiten la formación de otros que son alimento para otros organismos. Esta cadena de interrelación, en algunos casos, se presenta en valores de conductividad bajos o relativamente altos en los estanques, lo que permite elevar su productividad y contribuir con la presencia de organismos planctónicos que servirán de alimento a los peces en cultivo.

Los valores altos de conductividad en un estanque pueden ser señal de una elevada productividad acuática, sin embargo, podemos señalar que en estos casos sería cuando ese estanque no ha sido vaciado luego de la cosecha o en casos de que sea controlada la entrada de agua y se cultiven peces que necesitan plancton como primer alimento primordial.

4.5 Concentración de oxígeno disuelto en cultivos de especies acuáticas amazónicas

Las concentraciones óptimas de oxígeno disuelto en el agua para un cultivo de organismos acuáticos son el aspecto más importante; este permite proporcionar la estabilidad a los peces en cultivo; y, cuando existe una alta densidad de siembra en el estanque, la condición es mejor.

Los niveles de oxígeno indican el soporte que pueden otorgar a los organismos del cultivo. Cuanto más alta sea la concentración, mayor es el soporte que otorga y más alta es la calidad. Estamos frente a un agua que puede contener una alta tasa de siembra de peces y gran cantidad de alimento que se puede brindar, dado que el soporte ecológico de calidad que pueden proporcionar los altos niveles de oxígeno es óptimo y permite realizar esa actividad.

4.6 Anhídridos carbónicos libres para el cultivo de organismos acuáticos amazónicos

Segundo gas en importancia. Tiene mucha influencia en las variaciones del pH con respecto a sus concentraciones, igualmente en su consumo en horas del día por las algas y su producción en horas de la noche (debido a la respiración y al incremento de la materia orgánica), por lo que llega, muchas veces, a niveles letales para los peces, pues les produce anoxia; por ello se puede observar, en las primeras horas del día, el boqueo de los peces en los estanques.

Es muy importante la evaluación permanente de este gas, necesitamos conocer hasta qué concentraciones pueden ser favorables para el cultivo. En ese sentido, la tasa de siembra, alimento a entregar diariamente, ese monitoreo nos permitirá actuar rápidamente frente a un incremento de los niveles de este gas.

4.7 Nivel de alcalinidad en el proceso de cultivo de especies acuáticas de la Amazonía

Los cambios bruscos de pH en las aguas de los estanques de cultivo son poco probables, generalmente se observa un equilibrio acido-base; muchas veces, la fuente de agua es estable en su pH, lo cual proporciona un soporte excelente de calidad biológica al cultivo, es decir, por esa condición del agua.

Es importante su evaluación para conocer los cambios que pudieran presentarse, principalmente en un cultivo intensivo, donde el alimento no suele ser aprovechado en su totalidad por los peces, lo que genera un incremento considerable de materia biodegradable, las posibilidades de aumento de CO_2 y variaciones de pH que pudieran romper el equilibrio ácido-base. Estas condiciones harán que el agua varíe en su pH, por lo que se desestabilizará la condición y se creará un ambiente desfavorable.

Es necesario evaluar de manera constante el pH, el CO_2 y la alcalinidad, los que, conjuntamente con la temperatura del agua y el oxígeno disuelto, tienen un papel fundamental en la calidad de agua.

4.8 Dureza total en cultivos de organismos acuáticos amazónicos

Esta característica, junto con la alcalinidad, le proporcionan al agua la capacidad tampón para permitir su relativa estabilidad e impedir que el pH varíe bruscamente. Es muy importante señalar que las concentraciones similares de alcalinidad y dureza son las más recomendables para el cultivo de peces.

En la Amazonía peruana, los valores registrados de dureza son bajos, igualmente los de alcalinidad; por ello, es difícil observar cambios bruscos de pH, incluso más cuando la fuente de agua tiene esas características y se emplea para el cultivo de peces.

4.9 Cloruros, amonio, nitratos y nitritos en el cultivo de especies acuáticas amazónicas

Las aguas que se emplean en acuicultura en la Amazonía peruana contienen bajos niveles de cloruros. Esas fuentes pueden ser de los mismos ríos, de escorrentía, de subsuelo, de quebradas o por acumulación de lluvia. En estos casos, se conocen poco sobre problemas por cloruros en estos estanques, sin embargo, es muy importante su evaluación, tiene una relación muy estrecha con la salinidad del agua, representado por el ClNa. Su abundancia varía de un ecosistema a otro.

En cuanto al amonio, nitratos y nitritos, estos compuestos nitrogenados tienen una importancia vital en la evaluación de la calidad de agua. Son los nutrientes que influyen en la productividad acuática y también los más tóxicos en concentraciones elevadas. De estos tres el que sobresale es el amonio, por ser el más tóxico. Lo encontramos en los acuarios y, de igual forma, en los estanques acuícolas.

Las concentraciones altas de nitritos solo ocurren cuando las concentraciones de amonio o nitrato son altas. En nuestro caso, en los estanques de cultivo se prefieren aguas con concentraciones de nitrito menores a 1 ppm y nitratos menores de 5 ppm.

4.10 Demanda bioquímica de oxígeno para el cultivo de organismos acuáticos amazónicos

Nos indica el consumo del oxígeno por las bacterias para degradar la materia orgánica presente en la columna de agua en un tiempo determinado (5 días). Esto significa que la cantidad excesiva de materia biodegradable presente en el agua es perjudicial porque agota el oxígeno y, por ende, afecta notablemente al cultivo.

Es muy importante medir este parámetro periódicamente. Los piscicultores no lo hacen por falta de conocimiento y también porque no cuentan con el kit apropiado. Muchas veces, las bajas o altas tasas de mortalidad que se presentan en un cultivo se deben a los bajos niveles de oxígeno y, principalmente, al alimento que no fue aprovechado, que se convierte en materia biodegradable.

CAPÍTULO V
CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE ORGANISMOS ACUÁTICOS AMAZÓNICOS

El agua, como se vio en los capítulos previos, es un recurso indispensable para el desarrollo de cualquier forma de vida, ya que está presente en muchos procesos biológicos y es el medio natural donde habitan miles de especies. Su papel en la vida humana no es menor, ya que interviene en las actividades productivas de la población y es un elemento que determina su supervivencia. A pesar de su necesidad e importancia, este recurso se encuentra constantemente amenazado, tanto por su escasez en distintas regiones del mundo, como por la contaminación o la alteración de sus ciclos y fuentes naturales a causa de fenómenos complejos como el calentamiento global.

De toda el agua que existe en el planeta, la mayoría (97.5 %) está en los océanos, y solo el resto (2.5 %) es agua dulce, que se encuentra en los ríos, lagos, glaciares y de forma subterránea. Asimismo, no toda esta agua es aprovechable, ya que una gran parte forma parte de los glaciares y casquetes polares, es decir, está en forma congelada. Por estas razones, a pesar de su aparente abundancia, se afirma que el agua es escasa y, al mismo tiempo, uno de los recursos naturales más valiosos.

Con respecto a la escasez del agua, se estima que afecta a más de dos mil millones de personas en más de 40 países; esta situación trae como consecuencia la proliferación de enfermedades, conflictos entre distintas poblaciones y limita el sustento de diversas actividades productivas. Asimismo, otra de las grandes amenazas hacia los recursos hídricos es el impacto de la contaminación ambiental. Los principales agentes contaminantes son las bacterias coliformes fecales, los desechos industriales, las sustancias acidificantes de lavaderos mineros y de emisiones atmosféricas, los metales pesados generados por la actividad industrial, los elementos tóxicos de plaguicidas y los sedimentos de erosión en los ríos a causa de la presencia humana. Todos estos factores

afectan notablemente la calidad de los recursos hídricos en el planeta e incide directamente en la salud y calidad de vida de la población, así como también se convierte en una amenaza para la diversidad de especies en todo el mundo.

Como consecuencia de la escasez de agua, el mundo enfrenta uno de los desafíos más graves de las últimas décadas. Ya desde el siglo pasado la demanda mundial del agua se multiplicó por más de seis, mientras que la población del planeta se triplicó. Por tal razón, la gestión de los recursos hídricos se ve obligada a mejorar, ya que, de lo contrario, se estima que, para el año 2025, dos tercios de la población mundial padecerá, a niveles moderado y grave, problemas de escasez de agua (Martínez y Villalejo, 2018). Esta situación se complica porque cada vez son menos las opciones para captar agua sana y es mayor la necesidad de inversión para poder aprovecharla. Asimismo, la escasez del recurso hídrico provoca conflictos entre poblaciones, empresas y Gobiernos.

En ese sentido, una de las mayores necesidades para todo el mundo es el agua, que es un recurso amenazado en cantidad y calidad debido a las deficientes e inoperantes políticas de manejo y aprovechamiento. Varios países, principalmente los más pobres y aquellos en vías de desarrollo, tienen políticas de manejo de recursos hídricos incipientes o inadecuadas, además, carecen de legislaciones de aguas que establezcan nuevos marcos institucionales para una correcta gestión.

El manejo de recursos hídricos implica el conocimiento y la aplicación de principios de equidad y de conservación del agua, así como las necesidades y demandas de los usuarios y las partes interesadas. Esta visión de conjunto se conoce como gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), concepto que cobró importancia a partir de la Agenda 21 y la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en 1992. Su objetivo principal es reunir los intereses comunes vinculados con el uso, control, aprovechamiento, preservación y sostenibilidad de los sistemas hídricos.

Por lo tanto, la gestión o manejo integrado de los recursos hídricos se concibe como un proceso que promueve el desarrollo y la administración en conjunto del agua y los recursos relacionados para lograr el máximo aprovechamiento económico y la asistencia social de una forma equitativa, sin afectar la sostenibilidad de los ecosistemas. La implementación de este enfoque busca

orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, por medio de una conciliación entre el desarrollo económico y social, y la protección de los ecosistemas.

Dentro de los múltiples usos del agua, destaca su empleo en actividades productivas que dependen exclusivamente de este recurso. Una de estas actividades es la acuicultura, que pertenece al sector extractivo, y en el Perú ha tenido un notable desarrollo en los últimos años. Consiste esencialmente en el cultivo de peces, crustáceos y moluscos. En el país se encuentra regulada por la Ley General de Acuicultura, promulgada por el Congreso de la República (2015) en el Decreto Legislativo N.º 1195.

De acuerdo a esta normativa, la acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos, que implica la intervención en el proceso de cría para aumentar la producción, como fuente de alimentación, empleo e ingresos, lo que maximiza los beneficios económicos en armonía con el cuidado del ambiente y la conservación de la biodiversidad. Este cultivo o crianza abarca el ciclo biológico completo o parcial de las especies y se desarrolla en un determinado medio, que es controlado en ambientes hídricos naturales o artificiales, ya sea en aguas dulces o salobres. Están incluidas también las actividades de poblamiento o siembra y repoblamiento o resiembra, así como las actividades de investigación y el procesamiento primario de los productos que provienen de esta actividad.

Una de las características más importantes de la acuicultura, que le confiere una cierta ventaja con respecto a la pesca, es que permite la selección de características del producto, el momento de la oferta y una mejor calidad de sus productos. En el Perú, las principales especies cultivadas en la actividad acuícola son la concha de abanico, la trucha, el langostino y la tilapia. En las regiones amazónicas, destacan San Martín, Loreto, Ucayali y Madre de Dios como zonas en las que se cultivan especies propias de la Amazonía, como la arahuana, la banda negra, el boquichico, la carachama, el paiche, entre otras.

Para que la acuicultura, especialmente la de la Amazonía, mantenga una adecuada producción y cumpla con los objetivos esperados, se debe supervisar la calidad del agua empleada. Debido a la manipulación del medio acuático para procurar un desarrollo más saludable y productivo de las especies, es necesario que el agua presente ciertos parámetros que aseguren un óptimo proceso. Es

así que se toman en cuenta diversos factores como la temperatura, el color, la conductividad eléctrica, la alcalinidad y la presencia de otros compuestos químicos que deben caracterizar al agua utilizada en la acuicultura.

La importancia de la acuicultura se refleja en los altos niveles de producción que permiten la exportación en cantidades significativas, así como el abastecimiento del mercado interno, el cual ha tenido un notable crecimiento en los últimos años. Por otro lado, destaca también el papel de esta actividad en la generación de trabajo. En el año 2015 se calculó que la acuicultura garantizaba la subsistencia de, al menos, 300 000 personas, entre empleos directos e indirectos (Ramírez-Gastón *et al*., 2018).

El cultivo de peces tropicales, como gamitana, paco, boquichico y otros, se ha incrementado en las regiones de Loreto, Madre de Dios y Ucayali. Asimismo, existen operaciones para el cultivo de paiche en Pucallpa y Yurimaguas. En la selva alta de San Martín y en la costa norte del país se cultiva la tilapia, principalmente para el mercado interno y la exportación. Si bien el desarrollo de la acuicultura en la Amazonía no tiene los más altos niveles tecnológicos ni las especies con mayor demanda en todo el país, la práctica de esta actividad resulta de gran importancia para la región, ya que contribuye con la alimentación de la población local, genera opciones de negocio y empleo, y disminuye el impacto sobre los recursos naturales.

La acuicultura amazónica, por lo tanto, tiene un desarrollo a pequeña escala, casi marginal, que está orientado básicamente al consumo local y a la generación de oportunidades de trabajo y, en menor medida, a la exportación. En ese sentido, esta actividad aún no tiene la importancia esperada, más aún si se toma en cuenta que se desarrolla en un ambiente que se caracteriza por tener una abundante riqueza y diversidad biológica.

En general, el desarrollo de la acuicultura en el país presenta algunas limitaciones que no le permiten estar a la altura productiva de otros países, como Brasil, México, Chile y Ecuador. Por tal razón, para que la acuicultura peruana sea sostenible y competitiva, requiere la mejora de una serie de dimensiones, como los temas tecnológicos y comerciales, la organización logística y el acceso al crédito, la capacitación de profesionales y técnicos, y una red de proveedores de bienes y servicios de fácil acceso.

Si bien se han realizado importantes avances con la implementación de la Ley General de Acuicultura en 2015, aún queda mucho por perfeccionar, pues la mayor parte de los acuicultores de la micro y pequeña empresa trabaja en condiciones de precariedad, de manera informal, con un limitado acceso a las tecnologías disponibles y poco articulados (o casi excluidos) en las cadenas de valor. Así también, deben tomarse acciones en cuanto al impacto que causa esta actividad en el medioambiente, ya sea por el uso de químicos o los desechos resultantes, como plásticos, estructuras metálicas y alimentos no ingeridos (Buschmann, 2001).

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, J. y Torres, Y. (2010). *Estudio comparativo de dos tipos de dietas comerciales en la alimentación de alevinos de sábalo cola roja, Brycon erythropterum, (Charcidae), cultivados en corrales en el Centro de Desarrollo pesquero Nuevo Horizonte - FONDEPES - Iquitos.* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1766

Alcácer, C. (2019). Paradigmas de la gestión integrada del agua (I): una crítica evolutiva a la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). *Revista Científica Ecociencia, 6*(2), 1-21. https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/164

Alván, M. (2010). *Determinación del sexo del paiche, Arapaima gigas (Cuvier 1829) utilizando técnicas inmuno-enzimáticas (EIA) específicas para la vitilogenina y los esteroides sexuales 17ß-estradiol y 11-K testosterona* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2970

Álvarez, J. y Shany, N. (2012). Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas. *Revista Peruana de Biología, 19*(2), 223-232. http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v19n2/a17v19n2.pdf

Amaringo, C. (2013). *Productividad de arahuana, Osteoglossum bicirrhosum (Cuvier, 1829), (Pisces: Osteoglossidae) en la cocha Lago Grande, Huapapa, Cuanca baja del rio Putumayo, Loreto* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1737

Aquae Fundación (s.f.). *¿Qué es la contaminación ambiental?* https://bit.ly/3mQkdII

Arango, C. (2012). *Evaluaciones biológicas y Parámetros Físicos y Químicos de la laguna Cedrococha, El Estrecho - Río Putumayo para la formulación de un Plan de Repoblamiento de Arapaima gigas (Cuvier, 1829) (Pisces: Arapaimidae) "paiche"* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía

Peruana]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2034

Araújo, J. (2016). *Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios-Perú* [tesis de doctorado, Universidad de Huelva]. Repositorio Institucional. http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/12705

Arévalo, J. (2014). *Efecto de tres tasas de alimentación en el crecimiento de juveniles de paiche, Arapaima gigas cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4180

Armas, R. (2010). *Influencia de la harina de tarwi, Lupinus mutabilis (Fabaceae), en el crecimiento de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Serrasalmidae) criados en ambientes controlados* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1764

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2016). *Estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos.* Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/210

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2019). 1.er *Foro Internacional. Cultura del agua 2019: avances y desafíos.* ANA. https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4666

Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista Interdisciplinaria de Gestión Ambiental, 2*(23), 12-19. http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf

Azuero, F. y Rodríguez, J. (2016). Preservación ambiental de la Amazonía colombiana: retos para la política fiscal. *Cuadernos de Economía, 35*(67), 281-313. https://www.redalyc.org/pdf/2821/282142131010.pdf

Babilonia, J. y Arévalo, F. (2013). *Capacidad productiva del híbrido pacotana (Piaractus brachypomus (CUVIER, 1818) hembra X Colossoma macropomum*

(CUVIER, 1818) macho en confinamiento, mediante inducción [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2488

Bardales, B. y Panduro, S. (2014). *Influencia del alimento vivo y balanceado sobre la nutrición de alevinos de severum corbata roja Heros efasciatus HECKEL, 1840 (Pisces, Cichlidae) en ambientes controlados* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3466

Bernuy, L. y Ocampo, P. (2015). Efecto del ensilado biológico de la sangre de vacuno en el crecimiento de alevinos de *Colossoma macropomum* "gamitana" (Pisces, Serrasalmidae), cultivados en corrales [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4170

Boldo, E. (2016). *La contaminación del aire*. Catarata. Instituto de Salud Carlos III.

Boyd, C. (2017, 16 de octubre). *Conductividad eléctrica del agua, parte 1*. Global Aquaculture Aliiance. https://www.aquaculturealliance.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/

Buschmann, A. (2001). *Impacto ambiental de la acuicultura: El estado de la investigación en Chile y el mundo*. Terram Publicaciones.

Caballero, J. y Rivas, T. (2015). *Efectos de la tasa de alimentación y niveles proteicos en el crecimiento de alevinos de Osteoglossum bicirrhosum (Cuvier, 1829) "arahuana" (osteoglossiformes - osteoglossidae), criados en cautiverio* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4175

Caballero, W. (2014). *Parámetros físico-químicos del agua en relación con el estado sanitario de juveniles de gamitana Colossoma macropomum en cultivo, en el eje de la carretera Yurimaguas - Tarapoto, Provincia de Alto Amazonas* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4176

Campos, L. (2017). *El cultivo de la gamitana en Latinoamérica.* 1° reimpresión. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. https://issuu.com/iiap/docs/cultivo_de_la_gamitana_-_luis_campo

Cardama, J. y Sánchez, S. (2009). *Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de gamitana, Colossoma macropomum (CUVIER, 1818) en jaulas flotantes en el caño San Pedro, cuenca baja del río Nanay. Loreto, Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1731

Casado, C. (2009). *Efecto de la harina de trigo regional (Coix lacryma-jobi, ROACEAE) en el crecimiento de la gamitana (Colossoma macropomum, CUVIER, 1818) en ambientes controlados* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4956

Casanova, R. (2009). *Utilización del polvillo de malta de cebada (Hordeum vulgaris) en dietas para juveniles de gamitana (Colossoma macropomum) cultivados en estanques de tierra* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5167

Chávez, C. (2011). *Detección de metales pesados en agua* [tesis de maestría, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica]. https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf

Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial,* (29), 153-170. https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232

Congreso de la República (2015, 30 de agosto). Decreto Legislativo N.o 1195. Decreto Legislativo que aprueba la Ley General de Acuicultura.

De Echave, J. (2016). La minería ilegal en Perú. Entre la informalidad y el delito. *Nueva Sociedad,* (263), 131-144. https://static.nuso.org/media/articles/downloads/7.TC_De_Echave_263.pdf

Del Águila, L. y Ruiz, A. (2016). *Efecto de una dieta basada en insumos vegetales en el crecimiento de juveniles de Colossoma macropomum en crianza, Yurimaguas - Loreto, 2015* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4449

Díaz, A., Chingaté, N., Muñoz, D., Olaya, W., Perilla, C., Sánchez, F. y Sánchez, K. (2009). Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. *Estudios Socio-jurídicos, 11*(1), 84-116. https://revistas.urosario.edu.co/index.php/sociojuridicos/article/view/53

Dourojeanni, M., Barandiarán, A. y Dourojeanni, D. (2009). *Amazonía peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructura: ¿Qué está pasando? ¿Qué es lo que significa para el futuro?* ProNaturaleza. https://repositorio.spda.org.pe/handle/20.500.12823/288

El blog de Outlet Piscinas. (2018, 20 de junio). *pH agua piscina ¿Qué es y cómo controlarlo?* https://www.outlet-piscinas.com/blog/ph-agua-piscina/

Elías, C., José, M., Jiménez, J., Prieto, J. y Muñoz, P. (2008). *Ciencias para el mundo contemporáneo.* McGraw Hill Interamericana de España S. A.

El Siglo. (s.f.). *Curiosidades del agua que te sorprenderán.* El Siglo. https://elsiglo.com.ve/2019/03/15/curiosidades-del-agua-que-te-sorprenderan/

Encinas, M. (2011). *Medio ambiente y contaminación. Principios básicos.* https://bit.ly/2U93QwR

Erthal, A., Pellegrino, A., Porto, C. y Brasil, L. (2019). *Los delitos ambientales en la cuenca del Amazonas: el rol del crimen organizado en la minería.* EL PAcCTO. https://www.elpaccto.eu/wp-content/uploads/2019/05/Los-Delitos-Ambientales-en-la-Cuenca-del-Amazonas-comprimido.pdf

Espinel, V. (2018). *Influencia de la actividad antropogénica en la calidad del agua del embalse La Esperanza, Ecuador* [tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8403

Espinosa, T. y Rodríguez, C. (2016). Nota técnica: determinación del índice de calidad del agua (ICA), de los ríos Morón y Patanemo del Estado Carabobo, en Venezuela. *Revista Ingeniería UC, 23*(2), 204-215. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70746634011

Eustaquio, J. (2019). *Propiedades del agua* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional. https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14765

Fababa, D. y Marinho, L. (2010). *Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de "gamitana" Colossoma macropomum (Piscis, Serrasalmidae) asociados con juveniles de "boquichico" Prochilodus nigricans (Piscis, Characidae), criados en jaulas flotantes en el caño San Pedro, Rio Nanay - Loreto - Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1730

Farías, C. y Vargas, J. (2015). *Influencia de la harina Maca, lepidium meyenii (BRASSICACEAE) en el crecimeinto y composición corporal de alevinos de gamitana Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) (Serrasalmidae) criados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3254

Figueroa, M., Salazar, M., Ramos, M., López, M., Ferrara, M. y Vargas, R. (2014). Manejo integral de cuencas hidrológicas: una aproximación ecológica. *E-Bios,* 21-34. http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/Manejo_Integral_Cuenca_Xochimilco.pdf#page=27

Foro Nuclear (s.f.). *¿Qué se entiende por contaminación ambiental?* https://bit.ly/3xEnBKy

Franco, P. (2012). *Efecto de la densidad de cría en el crecimiento y sobrevivencia del churo Pmacea maculata (Gasteropoda, Ampullariidae, Perry, 1810)* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2430

García, J. y Pezo, R. (2011). *Efectos tóxicos del detergente doméstico "magia blanca", sobre las especies de peces Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) "paco" y*

Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) "gamitana" (Piscis, Characiformes), en ambientes controlados [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2014

García, M. (2009). *Biología y Geología*. Cenoposiciones.

García, S. (2019, 15 de marzo). *11 datos interesantes sobre el agua*. National Geographic. https://www.nationalgeographic.es/photoaquae/2019/03/11-datos-interesantes-sobre-el-agua

Gardini, K. y Cáceres, E. (2015). *Uso de harina de castaña, Bertholletia excelsa (Lecyticidae) en dietas para alevines de paco Piaractus brachypomus (Pisces, Serrasalmidae) criados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5556

Garzón, E. (2020, 13 de mayo). *La relación bosques-agua en la Amazonía es vital para la existencia de los seres vivos*. PID Amazonía. https://www.pidamazonia.com/content/la-relacion-bosques-agua-en-la-amazonia-es-vital-para-la-existencia-de-los-seres-vivos

Gómez, R. (1998). Contaminación urbana de los cuerpos de agua en la Amazonía peruana. *Folia Amazónica, 9*(1-2), 215-236. http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/186/156

Gonzales, A. (2017). *Abundancia de monogeneos en juveniles de Myleus schomburgkii "banda negra" (Pisces: Serrasalmidae) cultivados en estanques de tierra del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) Iquitos - Perú, 2015* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4938

Gonzáles. L. (2012). *Influencia de cuatro dietas balanceadas para peces ornamentales en el crecimiento, utilización de alimento, sobrevivencia y calidad de agua de juveniles de Apistogramma eunotos (Perciformes, Cichlidae)* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2336

Govea, A. y González, R. (2020). Inversión extranjera directa en industrias mexicanas intensivas en contaminación. *Orbis: Revista de Ciencias Humanas, 16*(46), 48-59. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7611495

Grados, C. y Pacheco, E. (2016). El impacto de la actividad extractiva petrolera en el acceso al agua: el caso de dos comunidades kukama kukamiria de la cuenca del Marañón (Loreto, Perú). *Anthropologica del Departamento de Ciencias Sociales, 34*(37), 33-59. https://www.redalyc.org/pdf/886/88649163003.pdf

Guerra. F. (2016). *Crecimiento y sobrevivencia de alevinos de banda negra Myleus schombrgkii (Pisces, Serrasalmidae), utilizando tres tasas de alimentación, criados en acuarios* [tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3256

Guevara, N y Torres, G. (2018). *Influencia de dos niveles proteicos en los parámetros hematológicos y bioquímicos en juveniles de Myleus schomburgkii (Jardine, 1841) palometa banda negra cultivados en peceras* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5784

Hoyos, L. (2014). *Efecto de cuatro niveles proteicos de dietas peletizadas en el crecimiento de alevinos de arahuana Osteoglossum bicirrhosum (Cuvier, 1829), (Pisces: Osteoglossidae) criados en jaulas flotantes. Caballococha, Loreto, Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3257

Hualinga, K. (2013). *Efecto del Probiótico EM® Agua en el crecimiento y composición corporal de alevinos de Piaractus brachypomus "paco" (Cuvier, 1818) (Pisces, Serrasalmidae), cultivados en corrales, CICMCR – IIAP – Bello Horizonte, san Martín* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3468

Jiménez, R. y Navarro, J. (2017). Introducción a la contaminación ambiental. En R. Jiménez (Ed.), *Introducción a la contaminación de suelos* (pp. 1-21). Ediciones Mundi-Prensa

López, J. (2007). Efectos de la densidad de siembra en el crecimiento de paco, *Piaractus brachypomus* en jaulas flotantes en la laguna de Cashibococha, Pucallpa - Perú [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5075

López, M., Romano, E. y Triana, J. (2005). *El agua.* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Departamento de Química. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/253/1/495.pdf

López, R. y Vela, L. (2011). Densidad y diversidad del fitoplancton de la cocha Llanchama, en los periodos hidrológicos de creciente y media vaciante, Loreto, Perú. *Conocimiento Amazónico, 2*(2), 157-166. https://revistas.unapiquitos.edu.pe/ojs-2.4.8-5/index.php/Conocimientoamazonico/article/view/41

Lozano, F. (2013). *Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y en la sobrevivencia de alevinos de Pseudoplatystoma fasciatum "doncella" (Pisces, Pimelodidae) en jaulas flotantes* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3284

Machuca, D. y Mejía, P. (2009). *Utilización de la harina de lenteja de agua, Lemna sp. (Lemnaceae) en la alimentación de alevinos de paco, Piaractus brachypomus y pacotana (P. brachypomus Hembra X Colossoma macropomum Macho) criados en jaulas* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4959

Maldonado, R. y Taricuarima, M. (2017). *Tres niveles de inclusión del probiótico EMTM en el alimento sobre el crecimiento y composición corporal de alevinos de banda negra Myleus schomburgkii (Serrasalmidae) cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5177

Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental.* Editorial Reverté. https://bit.ly/3jD6WSy

Manrique, D. (2013). *Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de camarón de río (Macrobrachium amazonicum Heller) criados en acuarios, provincia de Alto Amazonas* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2429

Marina, J. y Yalta, J. (2014). *Influencia del alimento balanceado con tres niveles de inclusión de harina de cáscara de huevo, en el crecimiento y en la fractura de la concha del "churo" Pomacea maculata (Ampullaridae), cultivados en jaulas, en el Centro de Investigación, Experimentación y Enseñanza Piscigranja Quistococha* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3490

Martos, A. (2015). *La importancia del agua en nuestro planeta* [tesis de maestría, Universidad de Jaén]. https://bit.ly/3izfv1h

Mendizabal, M. (2010). Contaminación del agua (Prólogo). *Revista Virtual Redesma, 4*(2), 6-8.

Mera, A. y Selis, L. (2012). *Sustitución progresiva de la harina de pescado por ensilado biológico de llambina Potamorhina altamazonica, en dietas para el crecimiento de post – larvas de camarón gigante de Malasia, Macrobrachium rosenbergii (Crustacea, Palaemonidae), cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3056

Minaya, J. y Escobedo, C. (2012). Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento de alevinos de banda negra, *Myleus schomburgkii* (Pisces, Serrasalmidae) criados en jaulas. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2334

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos (2021). La minería ilegal en la Amazonía peruana. https://bit.ly/2Uenh7G

Monforte, G. y Cantú, P. (2015). Escenario del agua en México. *Cultura Científica y Tecnológica. Culcyt, 6*(30), 31-40. http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356

Monge, K. y Rojas D. (2015). *Influencia de la harina de kiwicha, Amaranthus caudatus (Amaranthaceae) en el crecimiento y composición corporal de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Serrasalmidae) cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4184

Monge, M. y Navarro, K. (2014). *Levante de postlarvas de banda negra, Myleus schomburgkii (Jardine y Schomburgk, 1841) (Pisces – Serrasalmidae), utilizando diferentes tipos de alimento vivo* [tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3491

Mori, A. (2018). *Influencia de la frecuencia alimenticia en el crecimiento de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum CUVIER, 1818 (Pisces: Serrasalmidae), en ambientes controlados* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5358

Mori, M. y Vela, E. (2014). *Inclusión de la harina de la semilla de "copoasú" Theobroma grandiflorum (Sterculiaceae) en el crecimiento de alevinos de "gamitana" Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)), cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3492

Murrieta, C. y Rengifo, F. (2016). *Influencia de la densidad de siembra y de la tasa alimenticia en el crecimiento de alevinos de Brycon cephalus (Ghunter, 18699, "Sábalo cola roja" (Pisces, Characidae) cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4168

Murrieta, G. (2009). *Manejo de alevinos de zungaro tigrinus Brachyplatystoma tigrinum (Britsky, 1981) (Pisces, Pimelodidae) en condiciones controladas* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1733

Napuchi, J. (2013). *Identificación De la dosis letal media (DL50) de Amonio y Nitrito en alevinos de paiche (Arapaima gigas)* [tesis de licenciatura, Universidad

Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2342

Nuñez, S. y Tello, J. (2017). *Efecto de dietas con diferentes niveles proteicos en el crecimiento y composición corporal de alevines de Colossoma macropomum (Serrasalmidae) "gamitana" cultivados en estanques* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5251

Olortegui, H. (2019). *Determinación de la velocidad óptima de sedimentación de flóculos formados con coagulante sulfato de aluminio tipo "A" de la planta de tratamiento de agua potable, Moyobamb*a [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín]. http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3652?show=full

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *¿Qué es el suelo?* http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es

Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (s.f.). *Calidad del aire.* https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire

Osorio, A. y Rivadeneyra, A. (2014). *Efecto del ensilado biológico de llambina Potamorhina altamazonica, Cope, 1878 (Characidae) en el crecimiento y composición corporal de alevinos de arahuana Osteoglossum bicirrhosum, Cuvier, 1829 (Osteoglossidae) criados en acuarios* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3493

Pacaya, F. (2017). *Reproducción en cautiverio de la carachama parda Hipostomus hemocochliodon (Loricariidae), en el Centro de Investigaciones "Carlos Miguel Castañeda Ruiz", IIAP. San Martín* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5357

Palmero, J. (2018). Intervención comunitaria ambiental en el tratamiento de las aguas residuales. *Revista Scientific, 3*(10), 267-277. https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2018.3.10.14.267-277

Panduro, M. y Vasquez, P. (2014). *Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de Myleus schomburgkii (Jardine, 1841) "Banda negra", (Pisces, Serrasalmidae) criados en corrales con alimento comercia*l [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4167

Panduro, P. y Ramírez, E. (2012). *Efecto de dos dietas balanceadas en el crecimiento y composición corporal de alevinos de Myleus shomburgkii (Jardin, 1841) "banda negra" cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2433

Paulino, C., Apella, M., Pizarro, R. y Blesa, M. (2010). La contaminación biológica del agua y la desinfección solar. *Ciencia e Investigación, 60*(4), 12-28. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/62992/CONICET_Digital_Nro.0a510b31-61bf-46af-8f17-9c287494feea_d-14-30.pdf?sequence=5

Pereyra, P. (2017). *Caracterización de los parámetros hematológicos de arahuana (Osteoglossum bicirrhosum. Cuvier, 1829) en dos etapas de crecimiento, (Juveniles y Adultos) criados en estanques, Iquitos, Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5318

Pezo, R. y Ushiñahua, E. (2014). *Efecto de tres niveles de inclusión de torta de girasol Helianthus annuus (Asteraceae) en la dieta en el crecimiento de juveniles de paiche Arapaima gigas (Arapaimidae) (Cuvier, 1829) cultivados en corrales, Estación pesquera de Marona, Moyobamba – San Martí.* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3495

Pinto, K. y Paredes, N. (2013). *Sustitución de la harina de pescado por el ensilado biológico de vísceras de pescado en raciones para alevinos de banda negra Myleus schomburgkii (Serrasalmidae) criados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2501

Pipa, V. y Ruiz, N. (2012). *Relación de parámetros limnológicos con el crecimiento de gamitana Colossoma macropomum, en estanques ubicados en el eje de la carretera Yurimaguas –*

Tarapoto [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2029

Ramírez, A. y Torres, J. (2011). *Influencia de la sustitución progresiva de la harina de pescado por harina de churo Pomacea maculata, en raciones de alevinos de paco, Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) criados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1763

Ramírez, Y. y Rodríguez, A. (2010). *Evaluación de tres dietas comerciales extruidas en el desarrollo de alevinos de gamitana Colossoma macropomum 8Cuvier, 1818), cultivados en dos medios experimentales en el Centro de Investigaciones de Quistococha, Loreto - Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3076

Ramírez-Gastón, J., Sandoval, N. y Vicente, K. (2018). *Sistema nacional de innovación en pesca y acuicultura: Fundamentos y propuesta 2017-2022*. Ministerio de la Producción.

Reyes, J. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE, 7*(3), 41-56. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300041

Ricopa, H. y Olórtegui, K. (2016). *Inclusión de la harina de almendro de umarí, Poraqueiba sericea (Tulasne, 1949) en raciones isonitrogenadas para la alimentación de alevinos de paco Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) cultivados en jaulas flotantes* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5338

Rioja, M. y Valles, J. (2011). *Efecto de sustitución de la torta de soya, (Glicine max) por harina de hoja de yuca, (Manihot sculenta) en raciones para el crecimiento de alevinos de gamitana (Colossoma macropomum), sriados en confinamiento - Yurimaguas* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1762

Rios, A. y Perez, F. (2012). *Inclusión de residuos de levadura cervecera, Saccharomyces cerevisiae en dietas y su influencia en el crecimiento y composición corporal de juveniles de gamitana Colossoma macropomum, cultivados en jaulas* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5024

Ríos, R. y Alava, N. (2012). *Evaluación Técnica - Económica de los niveles de cultivo del "churo amazónico", Pomacea sp. (Ampullariidae, Gasteropoda, Perry, 1810), en la Región Loreto* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3261

Rodríguez, H. y Ánzola, E. (2001). *La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura.* https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34940

Rodríguez, J. (2013). Influencia de cuatro tenores proteicos en el crecimiento de alevinos de banda negra *Myleus schomburgkii* (Jardine, 1841. Pisces, Serrasalmidae) criados en jaulas [tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3496

Rodríguez, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf

Rodríguez, N., Ruiz, O. y Fajersson, P. (2010). Acciones y reflexiones para la conservación y el manejo del agua en México. *Ciencia Administrativa,* (1), 11-18. https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/acciones2010-1.pdf

Rojas, J. (2012). *Influencia de dietas en base a insumos locales y una dieta comercial en el crecimiento y composición corporal en alevines de gamitana (Colossoma macropomum) criados en recintos, Iquitos - Loreto, 2012* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1761

Romero, J. (2011). *Utilización del polvillo de malta de cebada, Hordeum vulgare (Poaceae), como insumo de raciones de alevinos de paco, Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818), criados en jaulas flotantes* [tesis de licenciatura, Universidad

Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3073

Ruiz, J. y Paredes, W. (2018). *Efecto del extracto de la hoja de Terminalia catappa (Castaña) disuelto en el agua en el desempeño nutricional y seguridad sanitaria del levante de postlarvas de Myleus schomburgkii (Jardine y Schomburgk, 1841) Serrasalmidae (Banda negra) cultivadas en peceras* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5861

Ruiz, J. y Vela, E. (2007). *Utilización de la torta de sacha inchi, Plukenetia volubilis (Euphorbiaceae) en raciones para alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Serrasalmidae) criados en jaulas flotantes* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5084

Ruiz, K. y Zumaeta, J. (2017). *Influencia del probiótico comercial em-camarón (microorganismos eficaces) en el crecimiento y en la composición corporal en juveniles de sábalo cola roja Brycon cephalus (Characidae) criados en corrales Iquitos-Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5023

Saavedra, K. (2018). *Efecto de la harina de chía, Salvia hispanica L. (Watson, 1938), en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de paco, Piaractus brachypomus (Serrasalmidae) criados en jaulas flotantes* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5612

Saldaña, C. (2015). *Evaluación de la utilización de probióticos en el crecimiento de juveniles de paiche (Arapaima gigas), cultivados en corrales* [tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4174

Saldaña, M. (2015b). *Reproducción en cautiverio de carachama parda Liposarcus pardalis (Castelnau, 1855). En el Centro de Investigación "Carlos Miguel Castañeda Ruiz", IIAP San Martin - Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4450

San Sebastián, M., Armstrong, B. y Stephens, C. (2001). La salud de mujeres que viven cerca de pozos y estaciones de petróleo en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Panamericana de Salud Pública, 9*(6), 375-384. https://www.scielosp.org/article/rpsp/2001.v9n6/375-383/

Sánchez, C. y Yahuarcani, M. (2014). *Influencia de tres niveles proteicos en el crecimiento de alevinos de doncella Pseudoplatystoma fasciatum, (Linnaeus, 1766) (Pimelodidae) criados en estanques* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3499

Satalaya, H. (2013). *Efecto del probiótico EM (Microorganismos eficientes) sobre el crecimiento de alevinos de paco; Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) confinados en jaulas durante la segunda fase de alevimaje en Padre Abad - Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2426

Sierra, Y. (2019, 17 de enero). *Minería ilegal: la peor devastación en la historia de la Amazonía.* Mongabay. https://es.mongabay.com/2019/01/mapa-mineria-ilegal-amazonia/

Soria, C. y Sánchez, O. (2014). *Efecto del ensilado biológico de vísceras de pollo en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) criados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3500

Suarez, J. (2009). *Utilización de la torta de castaña, Bertholletia excelsa (Lecythicidae) en dietas de crecimiento para juveniles de gamitana, Colossoma macropomum (Pisces, Serrasalmidae) criados en estanques* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3072

Suárez, S. y Molina, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología,* 52(3), 357-363. https://bit.ly/3xykhAF

Tafur, J. (2008). *Evaluación del crecimiento y composición corporal del bujurqui-tucunaré Chaetobranchus semifasciatus, del paco Piaractus brachypomus y de la gamitana*

Colossoma macropomum criados bajo el sistema de policultivo en corrales [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5069

Tenazoa, L. (2010). *Efecto de niveles proteicos provenientes de la quinua, Chenopodium quinoa W. (Quenopodiaceae) en el crecimiento y composición corporal de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) cultivados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3071

Torres, H. (2017). *Inclusión de la torta de sacha inchi, Plukenetia volubilis (Euphorbiaceae) en dietas para alevinos de paco, Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) criados en corrales en el Centro de Investigación "Carlos Miguel Castañeda Ruiz", IIAP – San Martín – Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5317

Torres, W. (2011). *Cultivo de juveniles de gamitana (Colossoma macropomum Cuvier, 1818) y de boquichico (Prochilodus nigricans Agassiz, 1829) en una cocha de desborde, río Amazonas, Loreto – Perú* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1735

Vásquez, A. y Panaifo, E. (2011). *Influencia de la harina de mucuna Stizolobium arterium (Fabaceae) en el crecimiento de juveniles de banda negra (Pisces, Serrasalmidae) criados en corrales* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1765

Vásquez, E. (2012). *Influencia en la densidad de siembra en la producción de Cichlasoma amazonarum, Kullander (1983) "bujurqui" en jaulas en un estanque del Centro de Enseñanza e Investigación - Piscigranja Quistococha - Universidad Nacional de la Amazonía Peruana* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1734

Vela, A. (2011). *Estudio del Aislamiento a la reproducción a través de la selección sexual entre poblaciones de Apistogramma agassizii (Steindachner, 1875)* [tesis de

licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3061

Velandia, E., Roa, L. y Garzón, S. (2009). La cultura: un aspecto determinante en el control de los procesos contaminantes. *Épsilon, 1*(13), 205-214. https://ciencia.lasalle.edu.co/ep/vol1/iss13/7/

Velásquez, J. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 8*(1), 151-167. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285716

Verástegui, M. y Del Castillo, J. (2013). *Influencia de dietas comerciales en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de paiche, Arapaima gigas (Cuvier, 1829) criados en ambientes controlados* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3467

Veyrunes, E. (2008). *Las amenazas percibidas para la Amazonía: un estado del arte en términos de seguridad ambiental.* Universidad del Rosario. https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/1236

Villa, J. y García, J. (2009). *Uso de la harina de sacha inchi Plukenetia volubilis (Euphorbiaceae) en dietas para alevinos de banda negra Myleus schomburgkii (Pisces, Serrasalmidae) criados en jaulas en el Centro de Investigación, Experimentación y Enseñanza - Piscigranja Quistococha - FCB - UNAP* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1759

Yuto, J. (2006). *Influencia de la alimentación con peces forraje en el crecimiento y en la caracterización proteica de juveniles de paiche, Arapaima gigas (Cuvier, 1829) (Pisces: Arapaimidae) criados en cautiverio* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5074

Zavaleta, J. (2016). *Concentración letal media (CL50) del cloruro de mercurio (HgCI2) sobre alevinos de gamitana Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)*

en ambientes controlados [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3296

Zhen, B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008* [tesis de maestría, Universidad Estatal a Distancia]. https://bit.ly/3fP6sHK

Zorrilla, M. (2011). *Estado del arte sobre la presencia de metales pesados en tejidos y agallas de peces* [tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Occidente]. Repositorio Institucional. https://red.uao.edu.co/handle/10614/1637

ISBN: 978-612-00-6669-0

UNAP

AMAZONÍA SIN FRONTERAS