



Luna Azul
ISSN: 1909-2474
Universidad de Caldas

Castro-Rojas, Gloria Victoria; Naranjo-Merino, Carlos Andrés; Rodríguez-Pulido, José Ariel
Huella Hídrica de productos regionales: el caso de la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*)
Luna Azul, núm. 48, 2019, Enero-Junio, pp. 1-22
Universidad de Caldas

DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2019.48.1>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321764933001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Huella Hídrica de productos regionales: el caso de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

Gloria Victoria Castro Rojas¹  , Carlos Andrés Naranjo-Merino²  , José Ariel Rodríguez- Pulido³  

Recibido: 08 de abril de 2017, Aceptado: 18 de diciembre de 2018 Actualizado: 20 de diciembre de 2018

DOI:10.17151/luaz.2019.48.1

RESUMEN

Como respuesta a la demanda por el recurso hídrico surge el indicador ecológico “Huella Hídrica”, el cual se mide en términos del agua consumida y/o contaminada por litros de agua/kg/cosecha. La Huella Hídrica ayuda a optimizar el uso del recurso hídrico al disminuir recambios de agua, incrementar densidades de siembra, emplear sistemas cerrados con recirculación y/o tecnologías de aguas verdes.

Para el cálculo de Huella Hídrica en estanques piscícolas del Piedemonte Llanero se caracterizó la climatología, meteorología y régimen hidrológico en el municipio de Restrepo-Meta-Colombia. Fueron realizados cálculos de evapotranspiración potencial, así como de la precipitación efectiva. También se consideró el volumen necesario para la asimilación de los contaminantes por los cuerpos de agua y el agua virtual para la elaboración del concentrado.

Para el cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) se calculó una Huella Hídrica de 3848.5 L de agua/kg/cosecha, valor inferior a lo reportado para otros cultivos de peces e, inclusive, para otras actividades agropecuarias. También se encontró que la Huella Hídrica Indirecta (2913,3 L/kg) es la que más aporta para el valor total de Huella Hídrica. Esto demuestra la diferencia del consumo de agua en la producción de cachama aproximándola a un sistema de producción sostenible.

Palabras clave: Acuicultura, balance hídrico, indicadores ambientales, sostenibilidad ambiental, estanques

Water footprint of regional products: the case of white cachama (*Piaractus brachypomus*)

Abstract

In response for the demand of water resources, the ecological indicator "water footprint" emerges which is measured in terms of the water consumed and/or contaminated per liters of water/kg/crop. The Water Footprint helps to optimize the use of water resources by reducing water changes, increasing planting densities, using closed systems with recirculation and/or green water technologies.

For the calculation of water footprint in fish ponds of the Piedemonte Llanero, the climatology, meteorology and hydrological regime in the Municipality of Restrepo, Meta, Colombia were characterized. Calculations of potential evapotranspiration, as well as effective precipitation were carried out. The volume required for the assimilation of pollutants by water bodies and virtual water for the preparation of the concentrate was also considered.

A water footprint of 3848.5 L water/kg/crop was calculated for the cultivation of white cachama (*Piaractus brachypomus*), a value lower than that reported for other fish cultures and even for other agricultural activities. It was also found that the Indirect Water Footprint (2913.3 L/kg) is the one that contributes the most to the total value of the Water Footprint. This demonstrates the difference in water consumption in the production of cachama, bringing it closer to a sustainable production system.

Keywords: Aquaculture, water balance, environmental indicators, environmental sustainability, ponds.

INTRODUCCIÓN

El uso del agua y su importancia en la producción de bienes y servicios ha llevado a una gran preocupación por el cuidado y mantenimiento tanto de la cantidad como de la calidad de este recurso (Liu y Yang, 2016). La tendencia actual para conservar el medio ambiente pasa por la necesidad de desarrollar indicadores de sostenibilidad capaces de medir el estado de los sistemas naturales y sus posibles respuestas a las presiones ejercidas sobre los recursos que generan (Leach et al., 2016; Roth, Rosenthal & Burbridge, 2001).

Con el objetivo de conseguir un indicador que relacione el uso del agua con el consumo humano, fue desarrollado el concepto de Huella Hídrica (water footprint) por Hoekstra & Hung (2002). Por su parte, Chapagain & Hoekstra (2004) definen la Huella Hídrica (HH) de un individuo, de un grupo de personas o de un país como el total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo, por ese grupo de personas o por el país. Se suele expresar en volumen de agua usado por año [m³/año]. Es un indicador que permite relacionar el consumo humano de agua dulce con los recursos hídricos existentes.

En estudios recientes se ha definido la “Huella Hídrica” como un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso de agua directo como indirecto de un consumidor o de un productor y se expresa como el volumen total de agua dulce utilizado para producir los bienes y servicios que consume el individuo, la comunidad o que produce la empresa. El uso del agua se mide en términos del agua consumida (evaporada o que sale del sistema) y/o contaminada por unidad de tiempo, convirtiéndose en un indicador explícito geográficamente que muestra no solo el uso del agua y la contaminación, sino también en donde sucede esto (Pérez, 2010).

Uno de los aspectos más relevantes de la Huella Hídrica es que permite diferenciar el agua consumida según su procedencia, distinguiendo entre huella hídrica azul (de ríos, lagos y acuíferos), Huella Hídrica verde (de las precipitaciones que queda retenida en el suelo) (Falkenmark, 2003) y Huella Hídrica gris (volumen de agua necesaria para diluir contaminantes generados en un proceso productivo hasta alcanzar concentraciones que se consideran ambientalmente tolerables) (Garrido y Willaarts, 2011; Pahlow, Van Oel, Mekonnen & Hoekstra, 2015).

La Huella Hídrica es una medida importante para sectores de amplio crecimiento como la piscicultura. En el 2012 a nivel global la acuicultura y la pesca suministraron 158 millones de toneladas de organismos acuáticos de los cuales 136 millones se destinaron al consumo humano alcanzando un 19.2 kg per cápita (Chaves, Graeff, Lion, Oliveira & Eizirik, 2012), convirtiéndose en un pilar de la economía agropecuaria (FAO, 2014; Chaves et al., 2012).

En Colombia la piscicultura es uno de los renglones de amplio crecimiento; en correspondencia en el municipio de Restrepo – Meta se da un crecimiento en esta actividad representando una fuente de proteína de alta calidad y de fácil acceso para las comunidades rurales y urbanas.

En este municipio ha habido un incremento en el cultivo piscícola, particularmente ha registrado un incremento notorio alcanzando los 794.582 m² en espejo de agua (Gobernación Departamento del Meta, 2014) de los cuales el 36,16% incluyen en sus cultivos la cachama blanca, en la cual se hace necesario tener una mirada prospectiva del recurso hídrico para optimizar el uso del agua durante el cultivo.

La cachama blanca es ampliamente cultivada en sistemas intensivos y semi-intensivos, demostrando un alto potencial para cultivo en estanque por su rusticidad, docilidad, excelente calidad y sabor de su carne (Bello y Gil, 1992).

Durante el ciclo productivo de peces, la ceba es la etapa en la que ocurre la mayor provisión de alimento y, en consecuencia, se da la mayor concentración de nutrientes disueltos. Como estrategia para disminuir su acumulación, los productores acuden a altos recambios de agua (Peñuela-Hernández, Hernández-Arevalo, Cruz-Casallas y Matus, 2007). Con relación a los recambios implementados por productores e instituciones del sector piscícola, en su mayoría corresponden a volúmenes obtenidos a partir de prácticas de ensayo-error o a reportes de cultivos en otras zonas sin que se disponga de evaluaciones o datos reales con los que se pueda determinar los recambios mínimos necesarios en la optimización del recurso para el cultivo (Gobernación Departamento del Meta, 2014).

Es necesario tomar medidas precautorias para las actividades agropecuarias, entre ellas para la cachamicultura, porque incluso ha llegado a considerarse la actividad piscícola como competencia directa con el consumo humano de agua.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue cuantificar la Huella Hídrica como indicador de consumo y uso de agua de sistemas productivos de cachama blanca en estaciones piscícolas durante la etapa de ceba, bajo las condiciones de manejo comercial. El documento analiza los componentes de las variables hidrográficas, hidrológicas, climatológicas y meteorológicas que

caracterizan ambientalmente tres fuentes hídricas superficiales que abastecen varios estanques piscícolas y un área del sector rural del municipio de Restrepo, ubicado en inmediaciones de las veredas Caney Medio, Los Medios y San Jorge.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

Para el cálculo de la Huella Hídrica de la cachama blanca se consultó la base de datos de la Asociación de Piscicultores de Restrepo-Meta (ASOPIR) y se seleccionaron tres estaciones piscícolas del municipio, representativas de las condiciones climáticas de la región. En cada una se valoraron todos los estanques que estuvieran comenzando la ceba con alevinos de cachama blanca. Debido a que en una de las estaciones solamente tres estanques cumplían con estos requisitos, se unificó el estudio con este número. Igualmente, en cada estación se consideró el canal de abastecimiento para realizar la toma de datos. Los registros fueron realizados mensualmente a partir del mes de mayo del año 2012, culminando a los siete meses, por corresponder al periodo de ceba necesario para alcanzar el tamaño comercial de la cachama blanca.

Las estaciones piscícolas donde se realizaron los muestreos se ubican en un sector rural del municipio de Restrepo en inmediaciones de las veredas Caney, Los Medios y San Jorge entre los municipios de Villavicencio y Cumaral. Los estanques utilizados para la toma de datos se encuentran dentro de las explotaciones piscícolas Langostinos del Llano (vereda El Caney), La Floresta (vereda Los Medios) y Munuanü (vereda San Jorge) (ver [Figura 1](#)). Los puntos exactos de colecta de los estanques fueron definidos con el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) (ver [Tabla 1](#)).

Las áreas de drenaje de las tres (3) microcuencas que abastecen los estanques de interés para el estudio fueron delimitadas por el método de la divisoria topográfica (Henao, 1995), desde sus nacimientos hasta los sitios donde se ubican las captaciones superficiales para los estanques y se han calculado los principales elementos morfométricos de sus áreas de la Cuenca de Recepción (ver [Figura 1](#)).

Como puede observarse, los sitios donde se ubican los estanques y el área de interés ambiental para el estudio se enmarcan perfectamente por las dos estaciones meteorológicas que se han consultado y trabajado en desarrollo del estudio, asimismo, sus condiciones climáticas son representativas de las condiciones climáticas del sector donde se ubican los estanques (ver [Figura 1](#)).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones piscícolas, estaciones meteorológicas consultadas, de los estanques y las bocatomas muestreadas.

<i>Estación</i>	<i>Sitio</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Altitud</i> <i>d</i> <i>(msn</i> <i>m)</i>	<i>Vereda</i>	<i>Microcuenca</i>
Estación La Cabaña		04°18'0,2 8" N	73°21'26,5" W	321	San Nicolás	El Caibe
		04°16'07" N	73°32'53" W	388	El Caney	San Ignacio
Langostinos del Llano	Bocato ma	04°16'07, 6" N	73°32'52,9' W	481		
	Estanque 1	04°16'09, 3" N	73°32'53,9' W	481		
	Estanque 2	04°16'05, 5" N	73°32'50,8' W	466		
	Estanque 3	04°16'15, 0" N	73°32'54,6' W	468		
		04°14'52" N	73°32'50" W	362	Los Medios	Upín
La Floresta	Bocato ma	04°14'50, 8" N	73°32'51,2' W	441		
	Estanque 1	04°14'52, 4" N	73°32'44,4' W	444		
	Estanque 2	04°14'53, 2" N	73°32'46,2' W	441		
	Estanque 3	04°14'51, 9" N	73°32'48,3' W	447		
Munuanú		04°12'06" N	73°30'50" W	305	San Jorge	Cangrejos
	Bocato ma	04°12'07, 3" N	73°30'51,4' W	393		
	Estanque 1	04°12'06, 5" N	73°30'45,5' W	384		
	Estanque 2	04°12'06, 7" N	73°30'46,8' W	384		
	Estanque 3	04°12'05, 3" N	73°30'58,7' W	385		
Estación Vanguardia		04°09'43, 1" N	73°37'03,2" W	423	Vanguardia	Guatiquía



Figura 1.

Contabilidad de la Huella Hídrica

La metodología utilizada para el cálculo de la Huella Hídrica fue la reportada por el Water Footprint Network en su “The Water Footprint Assessment Manual” (Hoekstra, Chapagain, Aldaya & Mekonnen 2011). A partir del modelo de estructura general propuesto por Hoekstra et al. (2011) se planteó el modelo de cuantificación de la Huella Hídrica en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (ver Figura 2), este nuevo modelo fue aplicado a las estaciones escogidas.

Los estanques en los que se desarrolló la investigación sobre Huella Hídrica en cultivos piscícolas de cachama blanca se abastecen por las aguas concesionadas por la autoridad ambiental y no se encuentra afectación de los volúmenes de agua captada para cada piscícola según la concesión autorizada por la autoridad ambiental.

Para obtener los valores de cada uno de los componentes de la huella (verde, azul y gris) para la huella hídrica indirecta, fueron sumados los productos en la dieta de los ingredientes para la elaboración del alimento balanceado según sus porcentajes.

Elementos conceptuales y metodológicos para la estimación de la Huella Hídrica

La caracterización del clima del sector rural del municipio de Restrepo ubicado en inmediaciones de las veredas Caney Medio, Los Medios y San Jorge, se realizó con base en la información meteorológica para el período 1982-2011 de dos estaciones: la estación del Aeropuerto Vanguardia en Villavicencio y la estación La Cabaña en Cumaral.

Se verificó el grado de variabilidad espacial que presentan los datos meteorológicos en el sector, obteniéndose de esta manera el resumen climatológico de los valores medios mensuales para los principales elementos meteorológicos que determinan el clima en la zona de interés para el estudio (ver [Anexo 1](#)) (Montealegre, 1990).

Se procedió así a la generación de los Caudales Medios Anuales en las tres microcuencas hidrográficas de interés para el estudio, teniendo en cuenta que no se presentaran valores que causaran desviaciones amplias en las series generadas (ver [Anexo 2](#)).

En cada estanque y cada bocatoma se tomaron muestras de agua y se realizó la lectura de parámetros como: conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (ppt), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), con la sonda YSI, modelo 30-10FT; oxígeno y temperatura, con la sonda YSI, modelo DO 200. El caudal tanto en las bocatomas como en los efluentes fue calculado como el producto del área (m^2) y la velocidad (m/s) mediante el molinete, Aqua Count Current meter Digitizer – CMD. Además se evaluaron los parámetros físico-químicos del agua (pH, sólidos totales, acidez, alcalinidad, turbidez, potasio, sodio, dureza cálcica, dureza total, hierro, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, amonio, nitritos, nitratos) (ver [Anexo 3](#)).

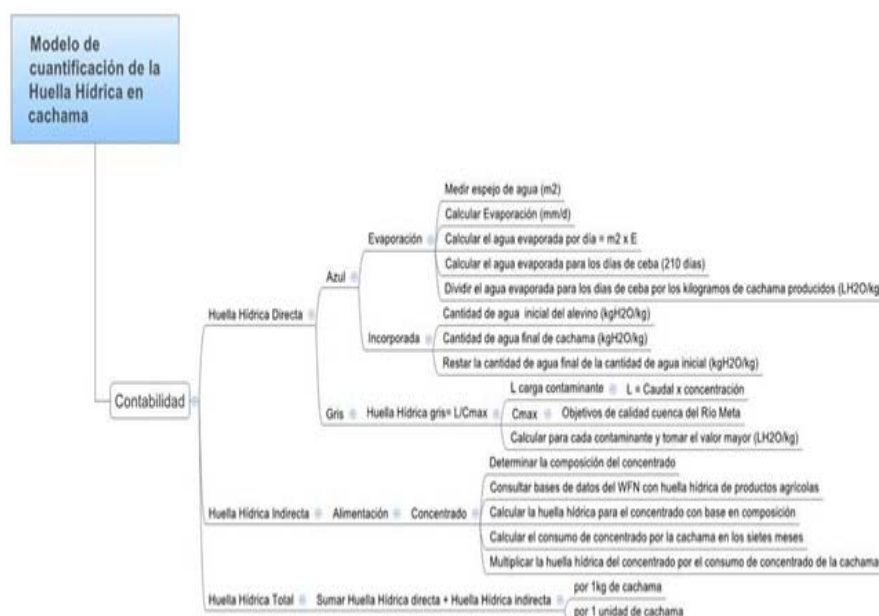


Figura 2. Modelo diseñado para cuantificar la Huella Hídrica de la cachama blanca, mostrando todos los componentes necesarios para el cálculo para cada kilogramo por cosecha.

De acuerdo al modelo de cuantificación (ver [Figura 2](#)) establecido para el cálculo de la Huella Hídrica en el cultivo de cachama blanca se obtiene lo siguiente:

- Una **Huella Hídrica directa** que depende del agua azul evaporada, el agua azul incorporada (80% de la carcasa del animal) y el agua gris (volumen necesario para disolver el contaminante).
- Una **Huella Hídrica indirecta** que concierne a la cantidad de agua necesaria para producir cada uno de los componentes del pienso o concentrado con el que se alimenta la cachama.

Huella Hídrica directa

Para obtener los valores de la Huella Hídrica directa se calculó el promedio de las tres estaciones piscícolas para cada tipo de huella. Para el caso particular del agua azul después de calculados los promedios se sumaron los valores de agua azul evaporada y agua azul incorporada para obtener un único valor.

■ Azul evaporada

En el presente estudio se descarta la aplicación del balance hídrico agrícola o climático (ETP), debido a que la estimación que se proyecta es sobre un sistema acuático y los elementos conceptuales y procedimentales empleados en esa metodología son diferentes a los característicos de éste último, siendo necesario únicamente el cálculo de la evaporación, dado que en los ecosistemas acuáticos no es posible calcular la evapotranspiración.

De acuerdo a los valores de las precipitaciones mensuales que históricamente se han presentado en las dos estaciones analizadas, se procedió a determinar y aplicar la ecuación correspondiente en cada uno de los meses y se estimó el valor mensual de la Precipitación Efectiva o Agua Verde para la base de datos consultada.

El agua azul evaporada se obtiene siguiendo la fórmula de Hoekstra et al., (2011) realizando la sumatoria (Σ) de la evaporación registrada durante los siete meses de cultivo (mayo a noviembre de 2012) (ver [Anexo 7](#)). La sumatoria se considera desde 1 a 210 debido a que corresponden al número de días en los siete meses de cultivo. El número 10 en la fórmula es una constante y la letra A representa el espejo de agua para cada una de las piscícolas.

$$WE = [10 \times \sum_{t=1}^{210} E] \times A$$

El valor obtenido (WE) es el agua evaporada en toda la piscícola, que luego es dividido por el número de kilos producidos (ver [Anexo 4](#)) en los siete meses de cultivo. Mediante este procedimiento se obtienen los datos de agua azul evaporada para las tres piscícolas.

■ Azul incorporada

Se sabe que el 80% del peso total del ejemplar es agua (Murray & Burt, 2001), es decir, que en un kilogramo de cachama hay 800 gramos de agua; así mismo, se requieren dos alevinos para alcanzar el kilogramo de carne, como cada alevino pesa inicialmente dos gramos, entonces el agua inicial en los dos alevinos es de 3,2 gramos. El agua incorporada será el resultado de encontrar la diferencia entre los 800 gramos de agua de un kilogramo de cachama y los 3,2 gramos del agua inicial en los dos alevinos.

▪ Huella Hídrica gris directa

En lo relacionado con el cálculo de la Huella Hídrica gris en estaciones piscícolas se considera la cantidad de agua necesaria para diluir los efluentes, entre ellos el nitrógeno (elemento constitutivo de las proteínas que se encuentra en mayor porcentaje en los alimentos balanceados, suministrados a los peces), los nitritos, los nitratos y el amonio que resultan del proceso metabólico en el uso del alimento entregado a los animales durante el cultivo. Dentro de los productos de excreción (nitrógeno, fósforo, calcio, sodio, potasio, entre otros) se escogió como elemento a evaluar el nitrógeno para el cálculo de Huella Hídrica gris porque, de acuerdo a Tacon (1988), se considera este como el producto de excreción que causa el mayor impacto en el agua.

Esta consideración concuerda con lo planteado por Liu, Koeze, Hoekstra y Gerbens-Leens (2012) quienes igualmente refieren la capacidad de asimilación para más de mil cuencas a nivel mundial, empleando el indicador de WPL (Water Pollution Level), estableciendo 1.0 como el mayor nivel de contaminante para el nitrógeno. En el cálculo del nitrógeno antropogénico las tres cuartas partes son provenientes de la agricultura y de estas el 18% corresponde a cereales (Mekonnen & Hoekstra, 2015), los cuales son en la actualidad elementos constitutivos de los alimentos balanceados para peces.

De acuerdo a los valores encontrados en las tres formas de nitrógeno excretado, en los estanques en las piscícolas muestreadas se tomó el volumen mayor como el requerido para diluir el contaminante. Los datos que aparecen en el [anexo 3](#) son el resultado de aplicar la fórmula para la Huella Hídrica gris tomando como base los datos de concentraciones del nitrógeno en sus diferentes formas en bocatomas y efluentes en cada una de las piscícolas (ver [anexo 5](#)).

Así mismo para el cálculo del volumen se consideró la norma (para nitrógeno amoniacal en piscicultura o acuicultura, 1,0 mg/L) sobre usos del agua y residuos líquidos (MAVDT, 2010), teniendo en cuenta lo establecido en el capítulo IV de los criterios de calidad para destinación del recurso hídrico.

Según Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen (2010) la Huella Hídrica gris se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes comparado con las concentraciones normales y las normas de calidad de agua. Y se puede expresar en términos del volumen de agua que se requiere para diluir los contaminantes de tal manera que se conviertan en inofensivos.

La Huella Hídrica gris se calcula dividiendo la carga contaminante (L, en la masa/tiempo) por la diferencia entre el estándar de calidad de agua de este contaminante (C_{max} , la concentración máxima aceptable, en masa/volumen) y su concentración natural en la recepción agua en el cuerpo (C_{nat} , en masa/volumen).

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{Effl \times c_{effl} - Abstr \times c_{act}}{C_{max} - C_{nat}} \quad [\text{Volumen/tiempo}]$$

En dónde:

Efflxceff= Cantidad de sustancias químicas vertidas en un cuerpo de agua

Abstr x Cact = Cantidad extraída de productos químicos

Cmax= Concentración máxima aceptable

Cnat= Concentración natural en la recepción

Huella Hídrica indirecta

Para el cálculo de la Huella Hídrica gris indirecta se consideró que la conversión alimentaria de la cachama blanca está calculada en 1,5 según Tacon (1989). Siguiendo al mismo autor, se tomó como fórmula base para la elaboración de concentrado los porcentajes de las materias primas consideradas por él.

A estas materias primas se les calculó la Huella Hídrica indirecta (Mekonnen & Hoekstra, 2010) de acuerdo al porcentaje utilizado en la elaboración del pienso y considerando en cada caso la Huella Hídrica verde, azul y gris.

Cabe mencionar que los valores de Huella Hídrica indirecta verde, azul y gris calculados por Mekonnen & Hoekstra (2010) de los diferentes productos utilizados en la elaboración del alimento balanceado, no siempre contempla los valores correspondientes a Huella Hídrica verde, azul y gris en su totalidad para cada insumo. Para el cálculo del agua indirecta se tomaron los datos existentes según su porcentaje de inclusión en la dieta (ver [anexo 6](#)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Huella Hídrica directa

▪ Azul evaporada

La sumatoria de la evaporación mensual en las estaciones piscícolas en la época de muestreo correspondió a 737.9 mm (ver [anexo 7](#)). Así el agua azul evaporada de acuerdo a los cálculos realizados para Piscícola Munuanü, corresponde a:

$$WE = \left[10 \times \sum_{t=1}^{210} 737.9 \text{ mm} \right] \times 15000$$

$$WE = 11068500 \text{ L/m}^2$$

Este valor obtenido es el agua evaporada en toda la piscícola dividido por el número de kilos producidos (ver [anexo 4](#)) en los siete meses de cultivo, se tiene que para 1 kg producido es:

$$11068500 \div 9375 = 1180,6 \text{ L/Kg}$$

Mediante el mismo procedimiento se obtienen los datos de agua azul evaporada para las piscícolas Langostinos y Floresta (ver [tabla 2](#)).

Tabla 2. Litros de agua utilizados por kilo por cosecha (7 meses) producidos en cada una de las piscícolas estudiadas.

		Piscícola Munuanü	Piscícola Langostinos	Piscícola Floresta
Huella Directa	Agua azul evaporada	1180,6	655,9	737,9
	Agua azul Incorporada	0,796	0,796	0,796
	Agua gris	59,84	42,65	126,24
Huella Indirecta	Huella Hídrica del concentrado	2913,3	2913,3	2913,3
HUELLA HIDRICA		4154,5	3612,6	3778,3
PROMEDIO GENERAL				3848,5

▪ Azul incorporada

Con el valor inicial de 796.8 gramos (800 gr de agua – 3.2 gr inicial de los alevinos), se obtuvo que el agua incorporada corresponde a:

$$0,796 \text{ L/kg}$$

▪ Huella Hídrica gris directa

Por principio precautelar (ley 1594/84) en las estaciones piscícolas “Munuanü”, “Langostinos” y “La Floresta” donde se realizaron los muestreos, se considera el amonio como la forma de desecho nitrogenado de mayor concentración y por ello se requiere de 0,068; 0,057 y 0,275 litros de agua por segundo respectivamente, como el volumen necesario para diluirlo (ver [anexo 3](#)).

Los valores tomados fueron las formas de amonio por ser estas los más altos valores encontrados como producto metabólico del nitrógeno propio de los peces. Es de notar que las concentraciones de las sustancias de desecho en los efluentes de las piscícolas (ver [anexo 5](#)) están muy por debajo de las concentraciones permitidas por la norma (1g/litro); sin embargo, se realizaron los cálculos y

en ningún caso superaron la condición para agua destinada a consumo humano y mucho menos los requerimientos para agua destinada a uso agrícola (Decreto 3100/2003)⁴.

Se tomó como ejemplo para hallar el cálculo del agua gris directa los datos obtenidos para la Piscícola la Floresta, se utilizaron las concentraciones promedio en los estanques analizados menos las concentraciones iniciales (es decir en la bocatoma), multiplicados por los volúmenes de los efluentes y de la bocatoma respectivamente; dividido en la concentración permitida por la norma, así:

$$Amonio = \frac{(2,17 \text{ l/s})0,43 \text{ g/L} - (4 \text{ l/s})0,155 \text{ g/L}}{1 \text{ g/L} - 0 \text{ g/L}} = 0,3131 \text{ l/s}$$

El cálculo muestra concentración baja de nitrógeno dado que el valor de amonio obtenido (0,3131 L/s) se encuentra por debajo de lo permitido por la norma (1 g/L).

Aun así se realizaron los cálculos con el amonio, contaminante de mayor registro durante el tiempo de cultivo (210 días), dividido en la cantidad de kilogramos producidos en las estaciones piscícolas, La Floresta (126.24 L/kg/cosecha), Munuanü (59.84 L/kg/cosecha) y Langostinos (42.65 L/kg/cosecha) como aparece registrado en la [tabla 2](#).

Huella Hídrica indirecta

Teniendo en cuenta la conversión alimentaria para la cachama blanca (1,5) y los valores en el [anexo 6](#), se obtuvo un valor de Huella Hídrica indirecta de 2913,3 L en estaciones piscícolas que mantienen una dieta con alimentos balanceados para peces.

$$1942,23 \text{ L} \times 1,5 = 2913,3 \text{ L}$$

Huella Hídrica total

La [tabla 2](#) muestra los valores obtenidos para los diferentes componentes de Huella Hídrica en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), en estaciones piscícolas del municipio de Restrepo-Meta (ver [figura 3](#)). Es importante destacar que el porcentaje de Huella Hídrica directa verde es cero porque no existe evapotranspiración (solo evaporación en el medio de cultivo).

Durante el desarrollo del proyecto fue posible calcular en cada una de las estaciones piscícolas estudiadas la Huella Hídrica para producción de cachama blanca con bajas densidades, sin tecnología, con una conversión alimentaria de 1,5. En promedio se obtuvo **3848,5 L/kg/cosecha** para producir un kilo de cachama blanca por cosecha (7 meses) en cada una de las piscícolas estudiadas.

Las aguas de llenado y de recambio se constituyen en agua no consuntiva dado que es el medio en el cual el pez vive. El flujo de la acuicultura no debe considerarse como gasto de agua porque esta se devuelve a su fuente original (Boyd & Tucker, 1992; Liu et al., 2016).

De acuerdo a los valores obtenidos se observa que dentro de la Huella Hídrica indirecta el componente que causa mayor impacto es la Huella Hídrica verde (ver [figura 3](#)).

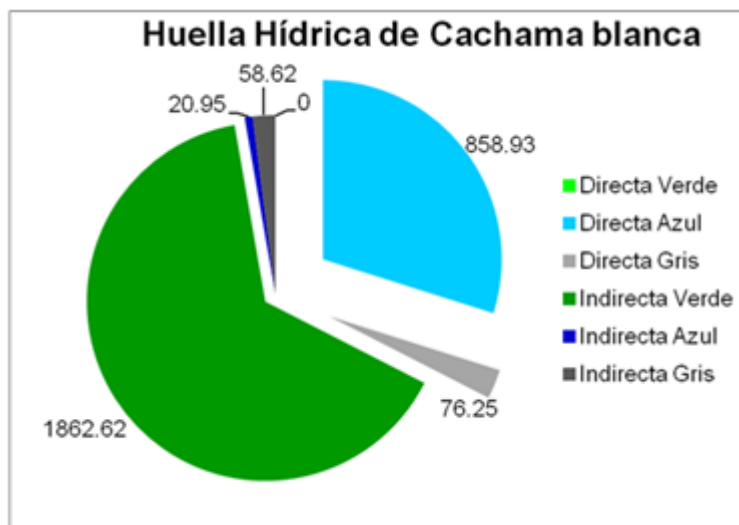


Figura 3. Proporción de cada componente para la Huella Hídrica directa e indirecta en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Así la Huella Hídrica indirecta se constituye en el volumen más importante de la Huella Hídrica y hace referencia al agua necesaria para la elaboración de los alimentos balanceados cuya fórmula varía dependiendo de la oferta comercial de los productos incluidos en las dietas comerciales (Fry et al., 2016).

La disminución en el uso de harinas, aceites de pescado y/o subproductos cárnicos para la fabricación de concentrados por sus altos costos económicos generan una mayor demanda del uso de harinas principalmente de soya, lo que aumenta el agua virtual de los concentrados. El uso de las harinas vegetales por su baja digestibilidad en animales como la cachama, hacen necesario mayores cantidades de alimentos balanceados y con ello se hace mayor la Huella Hídrica (Aldaya, Allan y Hoekstra, 2010; Pahlow et al., 2015; Fry et al., 2016). La falta de estudios en digestión y actividad enzimática de las diferentes especies de peces llevan al uso de alimentos balanceados con contenidos sobreestimados de nutrientes, eleva el costo en la producción y puede llevar a problemas de orden ambiental como por ejemplo el exceso de nitrógeno (Moraes, Honorato, De Almeida y Rodrigo 2007; Leach et al., 2016).

Pese a haber encontrado la mayor Huella Hídrica por el uso de concentrado, no se puede olvidar que el metabolismo en los peces hace más eficientes a estos en la conversión de biomasa y en la menor cantidad de residuos que liberan, así es mayor el uso consuntivo del agua en la producción de animales terrestres (Stonerook, 2010), en tanto que para la acuicultura la mayor huella está asociada a la producción de alimentos balanceados o piensos (Pahlow et al., 2015; Fry et al., 2016).

En esta investigación el segundo componente en la Huella Hídrica fue el agua evaporada (azul directa), la cual fue mayor para la piscícola Munuanü dadas las mayores superficies expuestas en espejo de agua. Igualmente, influye en este componente la baja densidad de siembra.

El tercer componente más importante fue el agua gris directa dados los niveles de amonio en los efluentes que dependieron de la cantidad de animales sembrados por estanque y de la tasa de recambio.

El valor de Huella Hídrica (**3848,5 L** de agua /kg/cosecha) para el cultivo de cachama blanca obtenida bajo las condiciones de Restrepo-Meta, se encuentra por debajo de lo reportado para la misma especie (6193 L/kg) en el departamento de Valle del Cauca (Colombia) por Pérez-Rincón et al. (2017). Es importante considerar que estos autores calcularon no solo la Huella Hídrica para la fase de ceba sino también para la fase de alevinaje, lo que nos hace pensar que esta etapa puede contribuir considerablemente a la Huella Hídrica total de la producción.

A pesar de considerar la Huella Hídrica total, incluyendo la fase de alevinaje, se puede observar que los valores calculados son menores que los obtenidos para cultivos de bagre de canal (9610 L/kg) y lo reportado para otras actividades agropecuarias como cerdo (10310 L/kg), res (19500 L/kg), pollo (7240 L/kg) (Stonerook, 2010), esto demuestra que el consumo de agua para la producción de cachama es menor.

Los reportes para la huella hídrica en otros cultivos de peces muestran valores menores, por ejemplo en tilapia en recirculación (2950 L/kg) y en trucha cultivada en flujo continuo con agua de alta calidad (570 L/kg) (Stonerook, 2010). Sin embargo, para la tilapia es necesario considerar que la digestibilidad de los concentrados con base en harinas vegetales es mayor, debido a su sistema digestivo. Lo que sugiere la importancia del uso de concentrados más específicos para cada gremio trófico (herbívoros, carnívoros, ictiófagos) que en cada grupo taxonómico (peces). Para el caso de la cachama, por ser un animal omnívoro, se sugiere el uso de concentrados con menor nivel de proteína (David-Ruales & Vásquez-Torres, 2014), cuya fabricación incluya mayor cantidad de proteína de origen vegetal y en lo posible de fuentes regionales o, inclusive, subproductos agrícolas de alta digestibilidad. Con respecto a la trucha, es de vital importancia que el agua utilizada para su producción sea de alta calidad, manejándose altas tasas de recambio, lo que genera gastos económicos mayores y algunas veces la imposibilidad de su producción por la calidad de agua requerida (Liu et al., 2016).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Huella Hídrica en la producción de proteína de origen animal tiene los más altos valores; sin embargo, en la producción de carne de peces en la región para la cachama blanca (**3848,5 L**) se reportan valores de un 80 % menos que el reportado para carne de res (19500 L).

Considerando que el mayor impacto ambiental para la producción de cachama blanca no está representado en su producción sino en la Huella Hídrica gris indirecta causada por la composición nutricional de las materias primas y su digestibilidad en la elaboración del alimento balanceado

utilizado para su alimentación; se sugiere el uso de alimentos balanceados adecuadamente formulados para la especie cuya presentación (pellet) tenga un tamaño proporcional a la boca del ejemplar, lo que puede disminuir la carga contaminante (nitrógeno, fósforo), en el agua servida, reduciendo así la Huella Hídrica y disminuyendo el impacto causado a los recursos hídricos.

En los cultivos de peces la mayor Huella Hídrica se ve reflejada por la cantidad de agua necesaria para suplir las pérdidas por evaporación seguida por el agua necesaria para disolver el nitrógeno en su forma amoniacal. Por eso se destaca la importancia de diseñar estanques de tal manera que tengan una menor superficie expuesta a la evaporación y considerando para ello la procedencia de los vientos, así como disminuir los recambios de agua manejando, por ejemplo, sistemas de aireación que permitan optimizar área efectiva de los estanques para tener la mayor capacidad de carga en él o sistemas cerrados con recirculación y/o tecnologías de aguas verdes para, de esta forma, obtener un producto con menor Huella Hídrica dándole así un valor agregado al mismo.

Estaciones piscícolas ubicadas en zonas con mayor precipitación y menor insolación diaria requieren una menor cantidad de agua para la producción piscícola y, consecuentemente, tendrán una Huella Hídrica menor y mayor sostenibilidad en la producción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de los Llanos y al IIOC (Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana) por el apoyo financiero en la Convocatoria: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN – TRABAJOS DE GRADO – Versión 2011. A las granjas piscícolas Langostinos del Llano (vereda El Caney), La Floresta (vereda Los Medios) y Munuanü (vereda San Jorge) del municipio de Restrepo-Meta, Granja Aquaprimavera y a ASOPIR (Asociación de piscicultores de Restrepo- Meta).

CONFLICTO DE INTERESES

Declaramos que no existe conflicto de intereses en la realización de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldaya, M.M., Allan, J.A. & Hoekstra, A.Y. (2010). Strategic importance of green water in international crop trade. *Ecological Economics*, 69, 887-94.
- Bello, R.A. y Gil, R.W. (1992). *Evaluación y aprovechamiento de la cachama (Colossoma macropomum) cultivada, como fuente de alimento*. Ciudad de Mexico , México: FAO.

- Boyd, C. E. & Tuckerm C.S. (1992). **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Auburn University, Agricultural Experiment Station. Alabama, USA
- Chapagain, A.K. & Hoekstra, A.Y. (2004). Water footprints of nations. 2: Appendices. Ed UNESCO-IHE. 240 p. Delft, The Netherlands
- Chaves, P.B., Graeff, V.G., Lion, M.B., Oliveira, L.R. & Eizirik, E. (2012). DNA barcoding meets molecular scatology: short mtDNA sequences for standardized species assignment of carnivore noninvasive samples. **Molecular Ecology Resources**, 12, 18-35.
- David-Ruales, C. A. & Vasquez-Torres, W. (2014). Dietary protein and body mass effect ammonium excretion in White cachama (*Piaractus brachipomus*). **Rev. Colombia Ciencias pecuarias**, 27, 121-132.
- Falkenmark, M. (2003). Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, 358, 2037-49.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2014). **Informe del 28° período de sesiones del comité de pesca**. Roma, 9 – 13 junio <http://www.fao.org/3/a-mk029s.pdf>
- Fry, J.P., Love, D.C., MacDonald, G.K., West, P.C., Engstrom, P.M., Nachman, K.E. & Lawrence R.S. (2016). Environmental health impacts of feeding crops to farmed fish. **Environ Int**, 91, 201-14.
- Garrido, C.A. y Willaarts, B.A. (2011). Dimensión política y de gestión de la Huella Hídrica. **Ríos Ibéricos +10. Mirando al futuro tras 10 años de DMA**. Conferencia llevada a cabo VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua, Talaera de la Reina, España.
- Gobernación Departamento del Meta. (2014). **Guía ambiental sector piscícola**. Villavicencio, Meta: Gobernación Departamento del Meta.
- Henao, T.E. (1995). **Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas**. Bogotá, Colombia: Ediciones USTA.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. y Mekonnen, M.M. (2010). Manual de Evaluación de la Huella Hídrica. Definiendo una norma global. Recuperado de: [http://waterfootprint.org/media/downloads/The waterFootprintAssessmentManual 2,p df](http://waterfootprint.org/media/downloads/The%20waterFootprintAssessmentManual%202,p%20df).
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M. (2011). "The water footprint assessment manual: setting the global standard, Earthscan". Washington, DC. <http://doi.org/978-1-84971-279-8>
- Hoekstra, A.Y. & Hung, P.Q. (2002). Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. **Value of water research report series**, 166.

- Leach, A.M., Emery, K.A., Gephart, J., Davis, K.F., Erisman, J.W., Leip, A., Pace M.L., & Galloway, J. N. (2016) Environmental impact food labels combining carbon, nitrogen, and water footprints. *Food Policy*, 61, 213-23.
- Liu C., Kroeze C., Hoekstra A.Y. & Gerbens-Leenes, W. (2012). Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. *Ecological Indicators*, 18, 42-9.
- Liu J., Liu, Q. & Yang, H. (2016). Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators*, 60, 434-41.
- MAVDT. 2010. Política Nacional para la Gestión de Recurso Hídrico. Bogotá DC: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Retrieved front [Link](#).
- Mekonnen, M. & Hoekstra, A. (2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. Delft, Netherlands: *Value of Water Research Report* UNESCO-IHE.
- Mekonnen, M. & Hoekstra, A.Y. (2015). Global Gray Water Footprint and Water Pollution Levels Related to Anthropogenic Nitrogen Loads to Fresh Water. *Environ Sci Technol*, 49, 12860-8.
- Montealegre, B.J.E. (1990). *Técnicas estadísticas aplicadas en el manejo de datos hidrológicos y meteorológicos*. Bogotá, Colombia : HIMAT.
- Moraes, G., Honorato, C., De Almeida, I. y Rodrigo C. (2007). Aspectos adaptativos metabólicos da nutrição de peixes neotropicais de água doce. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 54, 101-7.
- Murray, J. & Burt, J.R. (2001). The Composition of Fish. In: *FAO in partnership with Support unit for International Fisheries and Aquatic Research, SIFAR*. Torry Research Station, United Nations.
- Pahlow. M., Van Oel, P.R., Mekonnen, M.M. & Hoekstra A.Y. (2015). Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *Sci Total Environ*, 536, 847-57.
- Peñuela-Hernández, Z., Hernández-Arevalo, G., Cruz-Casallas, P.E. y Matus J.R.C. (2007). Consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de desarrollo corporal. *Orinoquia*, 11, 49-55.
- Pérez-Rincón, M. A., (2007). “Dinámica económica, comercio internacional y uso del agua en la agricultura Colombiana: Balance nacional y local para los últimos 45 años” *Revista Economía, Gestión y Desarrollo* ISSN 1909-4477. Ed: Pontificia Universidad Javeriana Cali, 5(141-157).

- Pérez-Rincón, M. A., Hurtado, I. C., Restrepo, S., Bonilla, S. P., Calderón, H., & Ramírez, A. (2017). Water footprint measure method for tilapia, cachama and trout production: study cases to Valle del Cauca (Colombia). *Ingeniería y competitividad*, 19(2), 115-126.
- Roth, E., Rosenthal, H. & Burbridge, P. (2001). A discussion of the use of the sustainability index: 'ecological footprint' for aquaculture production. *Aquatic Living Resources*, 13, 461-9.
- Stonerook, E. (2010). The environmental impacts of aquaculture A life cycle assessment comparison of four common aquaculture systems to beef, pork, and chicken production. Florida: University of Florida.
- Tacon, A.G.J. (1988). *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. –A training manual. 3. Feeding methods*. Brasilia, Brasil: FAO.
- Tacon, A.G.J. (1989). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación*. Brasilia, Brasil: Programa cooperativo gubernamental FAO.

¹ Bióloga M.Sc. Gestión Ambiental Sostenible, Docente FCBI. Universidad de los Llanos, Villavicencio (Meta) - Colombia. Grupo de investigación Biorinoquia. Correo: glovicar@unillanos.edu.co

² Ingeniero Químico, Director División Sostenibilidad, Gaia Servicios Ambientales, Medellín (Antioquia) – Colombia.

³ Biólogo M. Sc. ©Ph D Docente FCBI. Universidad de los Llanos, Villavicencio (Meta) – Colombia. Grupo de investigación GRITOX

⁴ Es necesario destacar que el municipio de Restrepo no tiene los objetivos de calidad del agua definidos, no obstante el Plan Integral de Desarrollo Municipal (2012-2015) de Restrepo-Meta establece como metas de producto desarrollar una política de uso eficiente del agua.

ANEXOS

Anexo 1. Resumen climático sector medio de Restrepo en el área de los estanques

Parámetros	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temp. Media	26,7	27,1	26,7	25,7	25,2	24,6	24,3	25,0	25,4	25,5	25,6	26,0	25,7
Temp. Máxima	34,3	35,3	34,8	33,5	32,4	31,6	31,6	32,3	32,6	32,8	32,9	33,0	33,1
Temp. Mínima	18,9	19,5	20,0	19,9	19,7	19,2	18,8	19,0	19,2	19,1	19,3	19,5	19,3
Tensión Vapor	24,1	23,9	25,4	26,5	26,7	26,2	25,5	25,6	25,7	26,2	26,5	25,7	25,7
Humedad Relativa	70	68	74	81	84	85	84	83	80	82	81	77	79
Precipitación Total	53,6	109,7	201,4	468,1	572,3	483,5	418,4	349,2	369,7	419,6	362,6	144,2	3952,3
Número de Días	7	9	15	22	26	26	25	23	20	22	20	12	227
Máximas 24 Horas	24,7	42,9	64,1	87,8	97,5	82,2	66,9	70,8	82,0	82,5	80,2	65,8	70,6
Brillo Solar	168,7	137,0	110,4	106,2	112,2	106,2	109,8	130,8	148,2	154,8	145,3	164,6	1594,2
Velocidad Viento	1,33	1,36	1,28	1,17	1,12	1,10	1,12	1,14	1,18	1,20	1,22	1,30	1,2
Recorrido Viento	1736	1653	1503	1262	1226	1157	1210	1235	1348	1446	1390	1665	16831
Evaporación	134,2	131,5	118,1	100,9	97,9	93,6	94,6	103,1	114,0	120,5	114,2	119,6	1342,2

Anexo 2. Valores mensuales y anuales de caudales medios en las microcuencas hidrográficas (m3/s)

Microcuencas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Río Upín	1,48 9	1,37 1	1,492	2,92 2	3,710	4,50 8	4,35 9	4,12 3	4,02 1	4,13 5	3,89 1	2,57 4	3,88 7
Caño Ignacio	0,09 1	0,07 6	0,092	0,14 6	0,189	0,23 2	0,22 0	0,21 4	0,20 4	0,21 4	0,20 7	0,13 3	0,18 8
Caño Cangrejos	0,10 5	0,08 8	0,106	0,16 8	0,218	0,26 8	0,25 4	0,24 7	0,23 5	0,24 7	0,23 9	0,15 3	0,21 7

Anexo 3. Volumen de agua necesario para diluir el contaminante nitrógeno (N) en las piscícolas en estudio (L/s)

	Piscícola Munuanü	Piscícola Langostinos	Piscícola Floresta
Amonio	0,068	0,057	0,275
Nitrato	0,052	0,029	0,048
Nitrito	0,018	0,003	0,020

Anexo 4. Condiciones de ceba para la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en cada estación piscícola

	Piscícola MUNUANU	Piscícola LANGOSTINOS	Piscícola FLORESTA
Espejo de agua (m ²)	15000	45000	45000
No. de estanques en ceba	5	23	17
Densidad de siembra (animales/m ²)	1,25	2,25	2
Kilogramos producidos	9375	50625	45000
No. de alevinos sembrados	20000	110000	100000
Kilogramos de concentrado consumido	14100	76000	68000

Anexo 5. Parámetros analizados en las estaciones piscícolas estudiados

PARAMETRO	Munuanü	Langostinos	Floresta
Acidez (unidades)	11.640	8.077	17.446
Alcalinidad (unidades)	16.540	14.325	50.438
Amonio (mg/L)	0.160	0.117	0.155
Bicarbonatos (mg/L)	0.560	0.410	1.2688
Carbonatos (mg/L)	0	0	0
Cloruros (mg/L)	3.375	3.171	50.963
Conductividad (µS/cm)	50.638	27.913	402.340
Dureza Cálcica (mg/L(CaCO ₃))	10.888	7.717	111.440
Dureza Total (mg/L(CaCO ₃))	20.425	10.529	164.150
Fosfatos (mg/L)	1.550	2.687	2.517
Hierro (µg/L)	0.2288	0.108	0.045
Nitratos (mg/L)	0	0	0
Nitrógenos (mg/L)	0	0.007	0.017
Oxígeno (mg/L)	7.260	7.660	8.010
pH (unidades)	6.725	6.962	7.075
Potasio (mg/L)	1.075	0.585	1.1925
Salinidad (ppt)	0	0	0.250
Sodio (mg/L)	1.983	1.757	28.763
Sólidos Totales (mg/L)	30.125	31.500	48.750
Temperatura (°C)	25.325	27.200	22.788
Turbidez (NTU)	2.750	18.750	4.875

Anexo 6. Valor de la Huella Hídrica Indirecta calculado para cada uno de los ingredientes presentes en los alimentos balanceados (dieta seca peletizada) suministrados en las estaciones piscícolas para los peces bajo cultivo

Ingredientes en las dietas de producción	Tipo de Huella hídrica	(%) del producto en la dieta	Datos del WFN (L/kg)	H H indirecta*
Harina de carne y hueso	H H verde		1910	
	H H azul	30	68	597.9
	H H gris		15	
Harina de trigo o yuca	H H verde		1768	
	H H azul	5	-	88.4
	H H gris		-	
Harina de soya, extraída por solventes	H H verde		1874	
	H H azul	20	-	388.6
	H H gris		69	
Harina de algodón	H H verde		2297	
	H H azul	5	11	125.6
	H H gris		205	
Salvado de trigo	H H verde		1883	
	H H azul	17	-	320.2
	H H gris		-	
Maíz amarillo, molido	H H verde		2116	
	H H azul	16	-	366.8
	H H gris		177	
Melaza de caña	H H verde		314	
	H H azul	2	-	6.4
	H H gris		2	
Aceites de soya	H H verde		1554	
	H H azul	3	-	48.33
	H H gris		57	
Premezcla vitamínica 1/	H H verde		-	
	H H azul	1	-	-
	H H gris		-	
Premezcla de minerales 2/	H H verde		-	
	H H azul	1	-	-
	H H gris		-	
Contenido de nutrientes, % de materia seca	H H verde		-	
	H H azul	-	-	-
	H H gris		-	
Proteína cruda	H H verde		-	
	H H azul	30.9	-	-
	H H gris		-	
Lípidos	H H verde		-	
	H H azul	6.4	-	-
	H H gris		-	
Fibra cruda	H H verde		-	
	H H azul	5.9	-	-
	H H gris		-	
Cenizas	H H verde		-	
	H H azul	12.1	-	-
	H H gris		-	
Σ	-	-	-	1942.23

Anexo 7. Evaporación mensual en las estaciones piscícolas (mm) en la época de muestreo

Meses	Evaporación	Piscícola Munuanü	Piscícola Langostinos	Piscícola La Floresta
Mayo	97.9	1468500	4405500	4405500
Junio	93.6	1404000	4212000	4212000
Julio	94,6	1419000	4257000	4257000
Agosto	103.1	1546500	4639500	4639500
Septiembre	114.0	1710000	5130000	5130000
Octubre	120.5	1807500	5422500	5422500
Noviembre	114.2	1713000	5139000	5139000
Σ	737.9	11068500	33205500	33205500

Para citar este artículo: Castro, G., Naranjo, C. y Rodríguez, J. (2019). Huella Hídrica de productos regionales: el caso de la cachama blanca (*Piractus brachypomus*). *Revista Luna Azul*, 48, 01-22. DOI: 10.17151/luaz.2019.48.1

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

