



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Análisis de ciclo de vida del camarón cultivado de la especie
Litopenaeus vannamei en la provincia del Guayas”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Presentada por:

Moreira Zambrano Gianella Gissel

Bastidas Sánchez Carlos Jamil

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la sabiduría y la salud, a nuestro director del proyecto, el Ph.D. Ángel Ramírez, a las personas que nos colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo y especialmente a nuestros seres queridos y amigos que nos brindaron su apoyo para continuar con nuestros estudios.

DEDICATORIA

Este trabajo que hemos realizado con mucho esfuerzo y dedicación por varios meses, está dedicado a Dios por permitimos avanzar con nuestras metas, nuestros padres, hermanos, esposo, novia y demás familiares por brindarnos confianza y apoyo sincero e incondicional.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Ángel Ramírez M., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE**

**Ángel Ramírez M., Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO**

**Danny Tagle F., MSc.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Ing. Gianella Moreira Zambrano

Ing. Carlos Bastidas Sánchez

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio consiste en cuantificar el desempeño ambiental del camarón *Litopenaus Vannamei*, definiéndose los límites de la “Cuna hasta la puerta”, como unidad funcional se estableció 1 kg de camarón congelado empacado, mediante la aplicación de la metodología Análisis de Ciclo de Vida, la cual permite identificar los aspectos ambientales más relevantes del sistema de producción en la provincia del Guayas.

El análisis del inventario se realizó a través de la cuantificación de las entradas y salidas en las etapas de procesamiento del camarón, cuyos datos fueron procesados utilizando el software Open LCA. Dentro de las categorías de impactos a estudiar está Climate Change (Cambio Climático), freshwater eutrophication (Eutrofización) y terrestrial acidification (acidificación).

Los resultados indican que las principales etapas responsables del impacto son el cultivo de camarón con un aporte del 58.26%, mientras que la producción del balanceado para la alimentación del camarón en la granja representa el 80.01% de las emisiones de CO₂, las cuales se encuentran asociadas mayormente al consumo de balanceado y de combustible fósiles.

Entre las alternativas de mejora para mitigar el impacto ambiental durante la producción de camarón, se encuentra la reformulación de la composición del balanceado, optimización del consumo de balanceado mediante alimentadores automáticos e implementar sistemas de energía renovable para el bombeo de agua.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	6
CAPÍTULO 1.....	13
1 INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Formulación del problema	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo General.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Justificación del estudio.....	16
CAPÍTULO 2.....	17
2 MARCO TEÓRICO	17
2.1 Acuicultura del camarón en Ecuador	17
2.1.1 La industria de cultivo de camarón en Ecuador.....	17
2.2 Impacto ambiental de la acuicultura del camarón.....	18
2.3 Análisis del ciclo de vida	21
2.3.1 Análisis de ciclo de vida de camarón de acuicultura	22
CAPÍTULO 3.....	25
3 MARCO METODOLÓGICO	25
3.1 Definición de Objetivo y Alcance.....	25
3.2 Análisis de inventario.....	25
3.3 Análisis impactos.....	26
3.4 Interpretación.....	26
CAPÍTULO 4.....	27
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Objetivo	27
4.2 Alcance.....	27
4.2.1 Unidad Funcional.....	27
4.2.2 Límites del Sistema	27

4.2.3	Límite Temporal.....	27
4.2.4	Límites Geográficos.....	27
4.3	Análisis del inventario	29
4.3.1	Calidad de datos.....	29
4.3.2	Fuente de datos.....	29
4.4	Inventario de entradas y salidas	31
4.4.1	Hoja de inventario de las entradas y salidas	31
4.5	Evaluación de impacto de ciclo de vida	35
4.5.1	Análisis de contribución	36
4.6	Comparación con otros estudios.....	48
CAPÍTULO 5.....		50
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.1	Conclusiones.....	50
5.2	Recomendaciones.....	51
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ABREVIATURAS

ACV	Análisis de ciclo de vida
AP	Potencial de acidificación
CO ₂	Dióxido de carbono
CH ₄	Metano
CNA	Cámara Nacional de Acuacultura
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
EICV	Evaluación de impacto de ciclo de vida
EP	Potencial de Eutrofización
GWP	Cambio climático
ICV	Inventario de ciclo de vida
NH ₃	Nitrógeno amoniacal
NO ₃	Nitratos
NO ₂	Nitritos
PIB	Producto interno bruto
POCP	Potencial de creación de ozono fotoquímico
ODP	Potencial de agotamiento del ozono
pH	Potencial de hidrógeno
SST	Sólidos suspendidos
ST	Sólidos totales
TSV	Síndrome de Taura
WSSV	Elementos de trabajo

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
CO	Colombia
EC	Ecuador
Hr	Horas
Kg	kilogramos
L	Litros
m ³	Metros cúbicos
Row	Resto del mundo
TON	Toneladas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Porcentaje de superficie de camaroneras por provincia en el Ecuador .	18
Figura 2.2. Exportaciones del camarón ecuatoriano % por mercado 2019	18
Figura 2.3. Etapas de un ACV según la norma ISO 14040.....	21
Figura 4.1 Ciclo de vida del camarón	28
Figura 4.1 Contribución Clima Change por 1 kg de camarón vivo salido de la granja	37
Figura 4.2 Contribución freshwater eutrophication por 1 kg de camarón vivo salido de la granja.....	38
Figura 4.3 Contribución terrestre acidification por 1 kg de camarón vivo salido de la granja	39
Figura 4.4 Contribución cambio climático por 1 kg de alimento balanceado	41
Figura 4.5 Contribución acidificación terrestre por 1 kg de alimento balanceado	42
Figura 4.6 Contribución eutrofización del agua salobre por 1 kg de alimento balanceado	43
Figura 4.7 Contribución Climate Change a nivel funcional.....	45
Figura 4.8 Contribución eutrofización de agua a nivel de unidad funcional.....	46
Figura 4.9 Contribución eutrofización de agua salobre a nivel de unidad funcional.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Impactos ambientales generados por diversas actividades en la producción del camarón	20
Tabla 2. Resumen de documentos científicos	24
Tabla 3. Resumen de procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent (Alimento balanceado)	29
Tabla 4. Resumen de procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent (Cultivo)	30
Tabla 5 Resumen de procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent (Empacadora)	30
Tabla 6 Inventario de entrada y salida del proceso de criadero de larvas.....	31
Tabla 7 Inventario de entrada y salida del proceso de balanceado	32
Tabla 8. Inventario de entrada y salida del proceso de hielo	32
Tabla 9 Inventario de entrada y salida del proceso de producción en cultivo (camaronera)	33
Tabla 10 Inventario de entrada y salida del proceso de producción de camarón empacado.....	34
Tabla 11. Categorías de impacto	35
Tabla 12. Análisis de Agua de Camaronera	61

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

“La acuicultura y en especial la camaronicultura han sido grandes fuentes de empleo y generadores de divisas para el país” (FAO, n.d.).

De acuerdo con Instituto Nacional de Pesca (n.d.) “en Ecuador la actividad acuícola se ha desarrollado en base al cultivo de camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*), siendo la región costa donde se concentra la mayor producción acuícola de camarón a nivel nacional”; esta especie se caracteriza por su alta tolerancia a las variaciones fisicoquímicas del agua en el medio de cultivo.

Dentro del ámbito de exportación, el camarón fue uno de los principales productos no petrolero de gran interés, exportándose principalmente a los mercados de Estados Unidos, Europa Central y Asia; representando altos ingresos a nivel económico (Chipantiza & Castillo, 2015). Según Reyes (2019), citado por Saltos (2020), el sector camaronero aportó el 1.14% del valor del PIB Nacional durante el periodo 2013-2017, en cuanto a la generación de empleo el 64% proviene de actividades de explotación de criaderos y laboratorios contribuyendo con el 1,3% a las plazas de empleo a nivel nacional.

Dado que el sector camaronero representa una de las actividades más intensivas, requiere de grandes extensiones de tierra llegando a transformar drásticamente el área donde se desarrolla el cultivo de camarón que serán tratadas y adecuadas, a fin de garantizar el medio óptimo para el crecimiento de las larvas (López & Torres, 2020).

Borunda (2012), indica que “el impacto ambiental de un producto inicia con la extracción de las materias primas y termina cuando la vida útil del producto finaliza, convirtiéndose en un residuo”.

El Análisis de Ciclo de Vida permite estudiar los aspectos ambientales y posibles impactos dentro del ciclo de vida del camarón, considerando el proceso que se efectúa desde el inicio, teniendo en cuenta la materia prima hasta la última etapa de disposición final, además es importante caracterizar el transporte, preparación, manufactura, transportación a los mercados y otros aspectos dentro de las fases que cumple el desarrollo del producto (Antón, 2004).

En el presente estudio se analizarán las etapas y actividades de la cadena de producción del camarón, adoptando un enfoque de ciclo de vida desde la “cuna hasta la puerta” identificando el impacto ambiental que generan estos procesos.

1.1 Formulación del problema

La industria de la acuicultura mediante la producción de alimentos, ha incrementado el impacto económico y social, no obstante, la acuicultura puede afectar las funciones de los ecosistemas y los servicios, si es mal administrada (Plaza, Álvarez, Marcillo, Rodríguez, & Menéndez, 2016).

A nivel global, la industria se encuentra en constante crecimiento, lo que implica que para satisfacer la demanda se expanden las áreas cultivadas, aumentando el cultivo en piscinas o estanques; es así como, mientras más extensiva sean los cultivos, las aportaciones derivadas del consumo de energía, alimento, químicos y agua también son más intensas, lo que produce mayores volúmenes de residuos (Tobey, Clay, & Vergen, 1998). En cuanto a la producción nacional de camarón, esta se distribuye en las provincias de El Oro, Guayas, Manabí y Esmeraldas, existiendo aproximadamente 240.000 ha sembradas para el 2019, lo que significó un aumento del 71,4% con respecto a 2017; además, la densidad de siembra fue de 2.000 y 2.500 libras (Sánchez, Vayas, Mayorga, & Freire, 2019).

El nivel de impacto ambiental que ocasiona la acuicultura está directamente relacionado con el sistema de producción implementado; a medida que se intensifica el sistema, mayor es la cantidad de insumos y materias primas utilizadas (Espinosa & Bermúdez, 2012).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Cuantificar el desempeño ambiental del camarón de acuicultura *Litopenaus Vannamei* mediante el marco metodológico de análisis de ciclo de vida para identificar los aspectos ambientales más relevantes de este sistema de producción en la provincia del Guayas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Describir el ciclo de vida del camarón de acuicultura en la provincia del Guayas.
- Cuantificar las entradas y salidas ambientales más relevantes del sistema de producto del camarón de acuicultura.
- Cuantificar indicadores de impacto ambiental del ciclo de vida para el camarón de acuicultura.
- Determinar los puntos críticos del ciclo de vida del camarón de acuicultura.
- Proponer alternativas de mejora en el sistema estudiado.

1.3 Justificación del estudio

A nivel global, la acuicultura contribuye a los medios de subsistencia y la generación de ingresos en diversos países (FAO, 2011).

En Ecuador el sector de la acuicultura y pesca de camarón ha tenido un crecimiento dinámico a través de los años, situándose con respecto a las actividades económicas en el puesto 26 de 46; representando una contribución de \$801,45 millones de dólares en 2020 (0,7% del PIB) y registrando una tasa promedio de variación interanual de 11,6% entre 2009 y 2019 (Sánchez et al., 2019).

Actualmente en Ecuador, la información existente para cuantificar y caracterizar el desempeño ambiental del cultivo de camarón es escasa, debido a que los productores del sector se enfocan principalmente en lograr una mejor productividad y no en promover estrategias efectivas para el control del impacto ambiental generado al entorno biótico, físico, cultural, social y económico (Cardno, 2015).

El "*Litopenaus Vannamei*" es la especie de camarón considerada mayormente para su cultivo en Ecuador, cuya cadena de producción genera diversos impactos ambientales en las diferentes etapas del proceso desde la extracción y fabricación de materias primas, cultivos de camarón, procesamiento, distribución, consumo y la disposición (Hernández & García, 2015), por ende, el análisis de la cadena productiva es de vital importancia para conocer el desempeño de la actividad y comportamiento ambiental en cada etapa del ciclo.

Cao et al. (2011), manifiesta que en los últimos años ha incrementado la demanda de información acerca del desempeño ambiental de los sistemas de cultivo de camarón, debido a la creciente conciencia ambiental.

El presente estudio abarca la caracterización del ciclo de vida del camarón de acuicultura "*Litopenaeus vannamei*" dentro de la provincia del Guayas, mediante la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se cuantifican las entradas y salidas durante el proceso de producción y posteriormente la evaluación de los impactos, permitiendo el reconocimiento de los puntos críticos e impactos asociados a los procesos; de tal forma que se establezcan oportunidades de mejora en la producción y procesamiento del camarón.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Acuicultura del camarón en Ecuador

2.1.1 La industria de cultivo de camarón en Ecuador

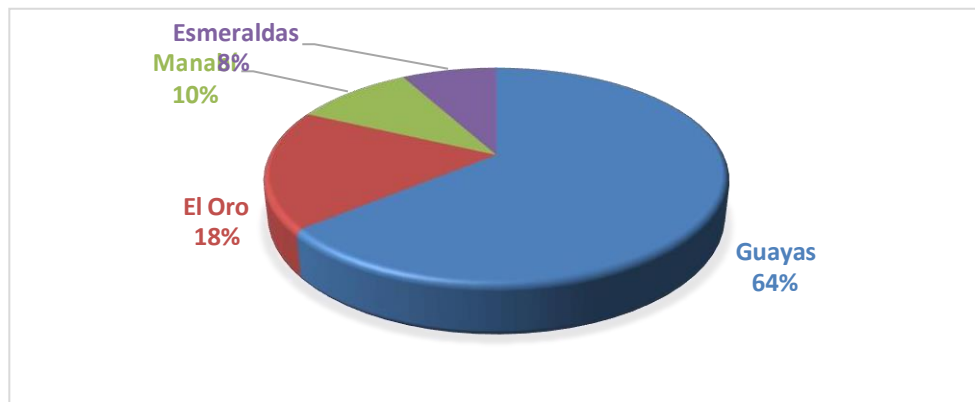
La industria de la acuicultura se compone de la cría o cultivo de especies acuáticas, aplicando técnicas con el fin de incrementar la producción por encima de la capacidad natural del entorno ha aumentado (Plaza et al., 2016).

A nivel global la industria de la acuicultura en Ecuador se situó como el segundo mayor exportador después de la India, para el 2019 alcanzó un valor de \$22.329,4 millones de dólares, de los cuales 3,890,5 millones de dólares corresponde a la exportación, lo que equivale a 645.000 toneladas métricas; en ese mismo año el sector creció con respecto al 2018 un 25%, dentro de las exportaciones tradicionales el camarón contribuyó con 46,7%, con una tasa promedio interanual de crecimiento del 18,4% entre el 2010 al 2019; la explotación de criaderos y larvas de camarón correspondiente a las ventas locales represento el 93,9% acuicultura marina y 75,6% de la acuicultura y pesca en general (Sánchez et al., 2019).

En Ecuador, el cultivo del camarón inicio hace 50 años, centrándose en la parte sur del país usando métodos de cultivo semi-intensivo. Actualmente existen 220.000 hectáreas de piscinas destinadas a la producción de este, el desarrollo de las granjas destinadas este tipo de cultivo ha permitido a las industrias fomentar fuentes de trabajos y generen ingresos de este producto desde el mercado internacional (Piedrahita, 2018).

Como se muestra en la figura 2.1 el camarón en Ecuador, la principal zona de cultivo se encuentra en la provincia del Guayas con un 64% (138,283 Ha), El Oro 18% (40.386 Ha), Manabí 10% (18,595 Ha), y Esmeraldas 8% (14,72 Ha) (Peña, 2017).

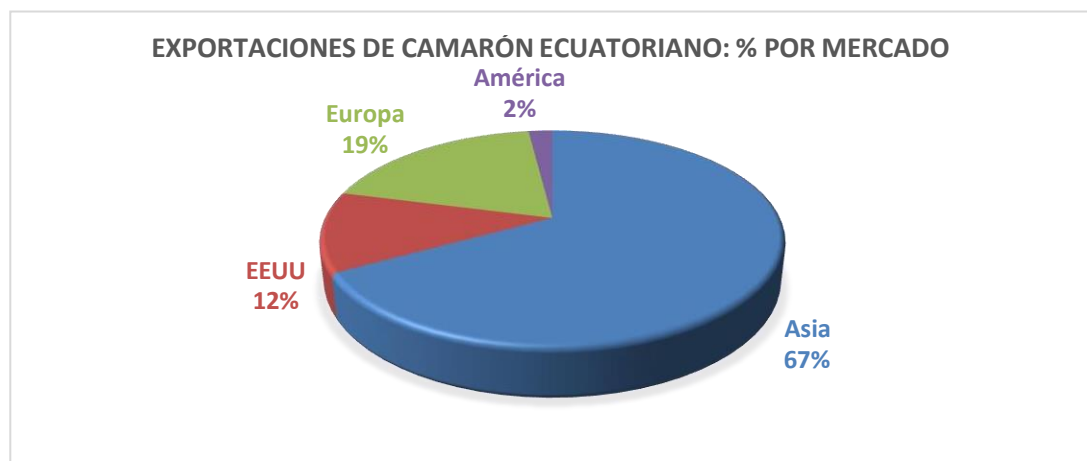
Figura 2.1. Porcentaje de superficie de camaroneras por provincia en el Ecuador



Fuente: (Peña, 2016)

Los principales mercados de exportación del camarón (figura 2.2), según estadísticas de la Cámara Nacional de Acuicultura en el 2019, las exportaciones se encuentran distribuidas en Asia con 67% (932.194.161 Libras); Europa 19% (258.834.525 Libras) \$708,2; Estados Unidos 12% (172.825.726) y América 2% (27.166.234 libras) (CNA, 2019); registrando valores de \$2.407,2 Asia; \$708,2 Europa y \$446,9 Estados Unidos (Sánchez et al., 2019).

Figura 2.2. Exportaciones del camarón ecuatoriano % por mercado 2019



Fuente: Estadísticas Cámara nacional de acuicultura (CNA, 2019)

2.2 Impacto ambiental de la acuicultura del camarón

El impacto ambiental es un motivo de preocupación, debido a la modificación del entorno por el desarrollo de las diferentes actividades, lo que conlleva a la degradación del medio ambiente (Fonseca, 2010).

En la acuicultura los impactos al ambiente se originan desde la ubicación de las piscinas, diseño, construcción y extensión de la camaronera, a medida que son más extensas, mayores son los cambios en el hábitat; a esto se suma las etapas de producción de camarón (Tobey et al., 1998).

Tobey et al. (1998), señala que los impactos ambientales al momento de la construcción y operación de las camaroneras pueden ser los siguientes

- Salinización de suelos e intrusión de agua salada en las fuentes de agua dulce;
- Asentamiento de terrenos debido a la extracción de las fuentes de agua subterráneas;
- Desviación de flujos por taponamientos de las piscinas camaroneras;
- La descarga de efluentes con desechos;
- La introducción de nuevas especies y enfermedades en el ecosistema (Tobey et al., 1998).

El ciclo de cultivo del camarón origina efectos negativos al medio ambiente, esto se debe a la liberación de desechos químicos y orgánicos; se considera otro factor cuando se escapan del medio de cultivo y sirven de reservorio de microorganismos afectando a las especies con las que interaccionen y produce además la atracción de depredadores (Buschmann, 2001). De la misma manera, se estima que los procesos y/o actividades del ciclo de vida de un producto producen impactos ambientales, consumiendo no solo los recursos, sino también generando emisiones de sustancia al ambiente (Estévez, 2013).

En la tabla 1 se describen los potenciales impactos ambientales asociados a la construcción y operación de las camaroneras.

Tabla 1: Impactos ambientales generados por diversas actividades en la producción del camarón

Actividad	Impacto Ambiental	Resultados Potenciales
<ul style="list-style-type: none"> Formación de canales, piscinas y vías de ingreso. Dragado y eliminación de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> Devastación de hábitats costeros (pantanos, manglares etc.). Perturbación de flujos estuarinos locales. 	<ul style="list-style-type: none"> Destrucción del hábitat y disminución de su capacidad productiva y elástica. Disminución de la cantidad de camarones (silvestres), aves y especies independientes provenientes del hábitat. <ul style="list-style-type: none"> Perdida de fertilidad del área. Sedimentación y erosión del suelo. Aumento de probabilidades de inundaciones.
<ul style="list-style-type: none"> Obtención de agua para el llenado de piscinas (Subterránea). Descarga de efluentes (Piscinas). 	<ul style="list-style-type: none"> Invasión de agua salina y salinización de las fuentes de agua. Eutrofización de aguas por materia orgánica y fertilizantes inorgánicos provenientes de las piscinas. <ul style="list-style-type: none"> Contaminación química de las aguas costeras por uso de químicos para control de pestes, y cuidados para la producción del camarón. 	<ul style="list-style-type: none"> Degradación del agua para agricultura y consumo. Hundimiento de tierra. Aumento de enfermedades y tasa de mortalidad para la vida silvestre en los ecosistemas acuáticos. Alteraciones en la diversidad de especies y biótica bentónica. <ul style="list-style-type: none"> Reducción en la producción de las camaroneas cercanas, debido a la contaminación del agua. Daños a la salud humana. Aumento en la reproducción de patógenos antibiótico-resistentes.
<ul style="list-style-type: none"> Sobreexplotación de postlarvas y hembras ovadas del camarón 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la cantidad de camarón silvestre que habita a lo largo de la costa. 	<ul style="list-style-type: none"> Bajos niveles de pesca para los pobladores y usuarios costeros.

Fuente: Tobey et al. (1998), Impactos Económicos, Ambientales y Sociales del Cultivo de Camarón en Latinoamérica.

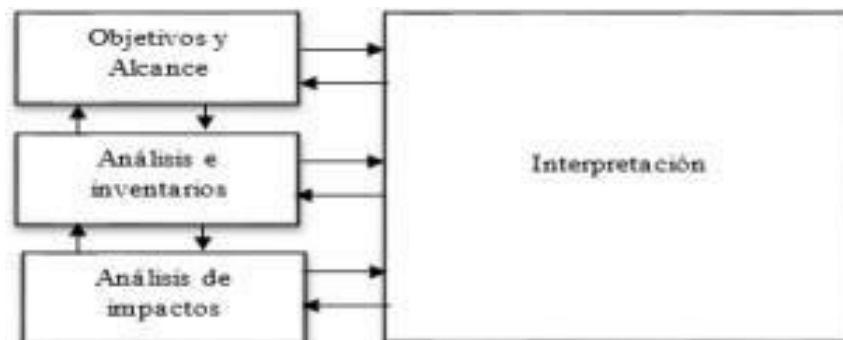
2.3 Análisis del ciclo de vida

El “ACV” o “Análisis de Ciclo de Vida” permite determinar los aspectos ambientales y los posibles impactos dentro de todo el ciclo de vida de una actividad o producto, teniendo en cuenta lo que se conoce como la “historia” del mismo, empezando por su origen como materia prima, hasta su etapa final como residuo, tomando a consideración también las etapas intermedias como lo son el transporte, preparación, manufactura, distribución, etc. (Antón, 2004). De la misma forma permite la evaluación objetiva de las cargas energéticas y ambientales involucradas en el proceso o actividad que se obtiene con la identificación de los materiales, la utilización de la energía y los elementos que se liberan a nivel ambiental durante todo el proceso (Borunda, 2012).

Esta metodología les permite a las industrias y países desarrollados actuar de manera responsable y consciente del impacto que surgen de los productos y de las etapas productivas que parten desde la adquisición de la materia prima a partir de los recursos naturales (Meneses, Domínguez, & Guerra, 2016).

En la figura 2.3. se observa las 4 etapas para un ACV según la norma ISO 14040.

Figura 2.3. Etapas de un ACV según la norma ISO 14040



Fuente: (Antón, 2004).

2.3.1 Análisis de ciclo de vida de camarón de acuicultura

Medeiros et al. (2017), en su estudio estableciendo como unidad funcional 1 kg de biomasa animal, cuyos límites del sistema utilizados fueron de " de la cuna a la puerta de la granja " analiza la comparación del desempeño ambiental de producir 1 kg de pescado y camarones en sistemas de policultivo (PF y PH) y de monocultivo (MM y MA). los resultados indican que, para las siete categorías de impacto seleccionadas, el sistema MA tuvo los impactos más altos en la categoría de eutrofización asociados de la ocupación de tierra y dependencia del agua.

En el estudio de Hernández & García (2015), denominado "Desempeño ambiental de la camaronicultura en la región Caribe de Colombia desde una perspectiva de Análisis del Ciclo de Vida" establece 1 kg de camarón entero congelado y cocido, más el empaque; cuyos límites del sistema se encuentran desde el cultivo y engorde en las piscinas, transporte y procesamiento "desde la cuna hasta el puerto de destino o hasta la ciudad de destino"; se evaluaron las categorías de cambio climático, acidificación, eutrofización, demanda acumulada de energía, toxicidad acuática, deterioro de la capa de ozono.

Los resultados señalan la etapa de cultivo en piscinas es el que ocasiona impactos entre el 83% y 88%, seguido del transporte al puerto o ciudad de origen con el 7 o 12%, tercer lugar se encuentra el procesamiento aportando entre el 4,4 y 4,7% según el destino final del producto y por último la larvicultura contribuyendo con el 0,13 y 0,14% según el transporte que se use (Hernández & García, 2015).

En el estudio realizado por Ziegler et al. (2011), cuantificaron los aspectos biológicos relevantes de estas pesquerías en relación con la unidad funcional elegida. de 1 kg de camarón y el material de empaquetado; cuyos límites del sistema se establecen desde la producción de combustible y refrigerante usados en las pesquerías, camarón obtenido a través de la pesca, comercialización y procesamiento; la evaluación de los impactos se realizó bajo las categorías de calentamiento global, eutrofización, potencial de acidificación, potencial de agotamiento del ozono, potencial de creación de ozono fotoquímico, uso de energía y toxicidad (humanos, terrestres, acuáticos marinos y sedimentos marinos).

Los resultados indican que la pesca artesanal tiene los impactos más bajos en relación con la pesca industrial por arrastre, para producto derivado de la pesca artesanal la mayor aportación se origina del uso de fueloil pesado y refrigerantes con alto potencial de cambio climático y agotamiento de la capa de ozono (Ziegler et al., 2011).

Por otra parte en el artículo de Cao et al. (2011), cuyo objetivo consiste evaluar los impactos significativos, identificar las etapas claves y los puntos críticos; comparar desempeño ambiental de los sistemas intensivo (para la exportación) y semi-intensivo (para la venta nacional); se establece como unidad funcional 1 ton métrica de peso vivo de camarón y 1 ton métrica de producto congelado de camarón con cáscara sin cabeza; cuyos límites se encuentran definidos para el sistema intensivo de la cuna a la granja y para semi-intensivo de la cuna al destino; para la evaluación de los impactos ambientales.

Para la evaluación de impactos se estableció las categorías de acidificación, cambio climático, uso acumulativo de energía, eutrofización y uso de recursos bióticos. Los resultados demuestran que el cultivo intensivo tuvo impactos ambientales significativamente mayores por unidad de producción originados de la etapa de crecimiento, uso de electricidad, efluentes y producción de piensos; en comparación con el cultivo semi-intensivo con menor impacto en todas las categorías de impacto (Cao et al., 2011).

En el estudio realizado por Ramírez & Duque (2008), denominado “análisis ambiental del producto de acuicultura de camarón ecuatoriana desde una perspectiva de ciclo de vida”, estableciendo como unidad funcional 2 kg de camarones congelados, los resultados obtenidos indican que el mayor impacto se genera en la etapa de cultivo de camarones en piscinas, principalmente debido al uso de combustibles fósiles para el bombeo de agua y producción de alimento balanceado; seguido del uso de suelo para la producción de alimento balanceado también asociado a la etapa de cultivo. Para la etapa de reproducción y larvicultura,

En el trabajo de Mungkung et al. (2006), denominado “Potenciales y limitaciones de la evaluación del ciclo de vida en el entorno Criterios de eco etiquetado: estudio de caso de un producto de la acuicultura de camarón tailandés”, definiendo como unidad funcional un paquete con un peso total de 3 kg, correspondientes a 1,8 kg de camarones congelados y 1,2 kg de hielo, además de la producción de 3 kg de camarón adulto en la granja, los límites técnicos del sistema se encuentra de la cuna a la tumba de la acuicultura intensiva convencional, en cuanto a las categorías de impacto ambiental se definieron Agotamiento abiótico, eutrofización, carga orgánica y de nutrientes.

Los resultados de las contribuciones a los impactos asociados con la producción de un bloque de camarón congelado se asocian mayormente a la etapa de agricultura aportando en varias categorías; mientras que, los impactos generados en el ciclo de vida del camarón producido en granjas convencionales y utilizando postlarvas, provienen del uso de electricidad, alimento para camarones, el uso de cal quemada para neutralizar el suelo ácido, agua de los estanques y las aguas residuales descargadas del estanque de camarones (Mungkung et al., 2006).

Tabla 2. Resumen de documentos científicos

Referencia	Sistema	Descripción y límites técnicos	Unidad Funcional	Categorías de impacto
(Medeiros et al., 2017)	Sistemas de cría de especies de <i>M. amazonicum</i> y <i>C. macropomum</i> , policultivos y monocultivos	Aplicación de la evaluación del ciclo de vida (LCA) para evaluar y comparar los impactos ambientales de sistemas de monocultivo y policultivo en estanques de agua dulce en la que dos especies brasileñas nativas omnívoras fueron utilizadas: el pescado tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) y el langostino del río Amazonas (<i>Macrobrachium amazonicum</i>)	1 kg de biomasa animal (peso vivo) Los límites del sistema utilizados en este estudio fueron de " de la cuna a la puerta de la granja "	cambio climático, eutrofización, acumulativo, demanda de energía, ocupación de la tierra, acidificación, uso neto de la producción primaria y dependencia del agua
(Cao L. , Diana, Keoleian, & Lai, 2011)	Evaluación del ciclo de vida de los sistemas de cultivo de camarón chinos dirigido a exportaciones y ventas nacionales	Estudio de ciclo de vida de la cuna a la granja de 6 criaderos y 18 granjas en las que con ayuda de una evaluación (LCA) se evaluó el desempeño ambiental intensivo (para los mercados de exportación en Chicago) y semi-intensivo (para los mercados nacionales en Shanghái) de sistemas de cultivo de camarón en la Provincia de Hainan, China.	1 tonelada métrica (t) camarón vivo para uso desde la cuna hasta la granja y 1 tonelada (t) de camarón con cáscara congelado sin cabeza sobre producto final.	Calentamiento global, acidificación, eutrofización, uso acumulativo de energía y uso de recursos bióticos.
(Mungkung, Udo, & Clift, 2006)	Potenciales y limitaciones de la evaluación del ciclo de vida en el entorno Criterios de ecoetiquetado: estudio de caso de un producto de la acuicultura de camarón tailandés	Explorar los potenciales y limitaciones del uso de LCA como base para establecer criterios de ecolabelling en los países en desarrollo.	1,8 kg de camarones congelados producido por acuicultura intensiva convencional en Tailandia	Agotamiento abiótico, eutrofización, carga orgánica y de nutrientes.
(Ramirez & Duque, 2008)	Análisis ambiental del producto de acuicultura de camarón ecuatoriano desde una perspectiva de ciclo de vida.	Conocer los impactos ambientales más importantes del camarón de acuicultura en el Ecuador y analizar oportunidades de mejora.	2 kg de camarones congelados	Uso de recursos, uso de suelo, calentamiento global, agotamiento de ozono, toxicidad, formación de oxidantes fotoquímicos, acidificación, eutrofización.
(Ziegler, et al., 2005)	Ciclo de vida extendido Evaluación de Southern Pink. Productos de camarón originarios en Senegal Artesanal y Pesca industrial de exportación a Europa.	Aplicación atribucional de una evaluación del ciclo de vida (ACV) para comparar el entorno de impacto de las dos cadenas de suministro e identificar opciones de mejora.	1 kg de camarones y su material de embalaje para su importación a Europa.	Producción de diésel, combustible de aceite, electricidad, agentes refrescantes, agua.
(Hernández & García, 2015)	Desempeño ambiental de la camaronicultura en la región Caribe de Colombia desde una perspectiva de Análisis del Ciclo de Vida	Límites técnicos se encuentran definidos desde la fabricación de materias primas hasta las distribuciones, desde la cuna hasta el puerto de destino	1 kg de camarón entero congelado y cocido, más empaque	Calentamiento global, acidificación, eutrofización demanda acumulada de energía, toxicidad acuática, deterioro de la capa de ozono.

Elaborado por: Bastidas & Moreira, 2021

CAPÍTULO 3

3 MARCO METODOLÓGICO

La metodología para la evaluación del ciclo de vida se considera como un método significativo y cuantitativo que mide el impacto ambiental, siendo eficiente su uso en la gestión ambiental ante los problemas que se presentan en el medio ambiente (Meneses et al., 2016).

3.1 Definición de Objetivo y Alcance

En esta fase se establece la unidad funcional que describe la función principal del sistema analizado, además proporciona una referencia respecto de las entradas y salidas del proceso que pueden ser normalizadas; debido a la magnitud se debe establecer límites que permitan determinar que procesos unitarios deben incluirse (Antón, 2004), durante el proceso del ciclo de cultivo del camarón.

3.2 Análisis de inventario

El análisis de inventario de ciclo de vida (ICV) comprende todas las etapas de recolección y gestión de datos, estos son una conjunción de entradas y salidas relacionadas con la función o producto generado por el proceso, basándose de forma general en realizar un balance de flujos tanto de los productos como de la energía que entra y sale de un respectivo sistema, durante su vida útil (Bernal & Rugeles, 2015).

El objetivo del análisis de inventario es de recolectar toda la información de los procesos unitarios del sistema de los productos y los relaciona con la unidad funcional del estudio. Para aquello Bernal & Rugeles (2015), indican que se deben realizar los siguientes pasos:

1. Recolectar todos los datos, lo que incluye a todas las entradas y salidas de los procesos del sistema de producción (como flujos de productos, de procesos y naturales);
2. Definir cuál será la unidad funcional por lo que todos los datos recolectados estén cuantitativamente relacionados a la salida cuantitativa del producto en estudio, normalmente es 1 kg de producto;
3. Luego asignar, o distribuir las emisiones y las extracciones de recursos de un proceso dado sobre las funciones que tal proceso pueda realizar;
4. Y por último la evaluación de los datos de forma cuantitativa.

3.3 Análisis impactos

Según Antón (2004), esta fase se permite establecer los elementos obligatorios y opcionales, considerando los siguientes criterios:

1. Seleccionar las categorías de impacto, indicadores para categoría y modelos;
2. Clasificación: En esta etapa se designan los datos que se obtienen del inventario y se aplican en las categorías según los efectos ambientales producidos durante el proceso de producción;
3. Caracterización: caracteriza los datos que se obtuvieron en las categorías de acuerdo con el tipo de impacto como la emisión de ácido y acidificación que permite la aplicación de intervenciones ambientales con precisión y validez;
4. Normalización: Este paso es considerado como opcional dentro del EICV. que implica una evaluación de la significación para el perfil ambiental que se generó mediante un “a dimensionamiento” de las categorías, comparando valores de lo mencionado para un conjunto de actividades mundiales, país, o región donde se realizó el estudio (Antón, 2004).

3.4 Interpretación

Consiste en la integración de los resultados obtenidos del análisis de inventario con las evaluaciones que determinan los impactos, estos resultados se expresan como conclusiones y recomendaciones con el propósito de realizar acciones y considerar en que proceso del ciclo de vida del camarón se producen las emisiones ambientales y de acuerdo a los datos establecer que fase del procedimiento evaluado las oportunidades de mejora (Rieznik & Hernández, 2005).

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Objetivo

El siguiente estudio tiene como fin determinar los puntos críticos generados a partir del cultivo, y producción del camarón de la especie *Litopenaeus Vannamei* en la provincia del Guayas mediante el ACV.

4.2 Alcance

4.2.1 Unidad Funcional

Se consideró como unidad funcional un “1 Kg. de camarón congelado empacado en la salida de la puerta de la empacadora ubicada en la provincia del Guayas”.

4.2.2 Límites del Sistema

El presente estudio establece los límites “de la cuna a la puerta” el cual comprende desde el cultivo del camarón hasta su salida de la empacadora, cuyos procesos se describen en la figura 4.1, en el cual, se puede visualizar todas las etapas por las que atraviesa el camarón hasta su salida de la fábrica de procesamiento.

4.2.3 Límite Temporal

El periodo de recopilación de datos y desarrollo del presente estudio corresponde desde la cría de camarón en las piscinas, estableciéndose la recolección de datos en un periodo de 3 meses.

4.2.4 Límites Geográficos

En el presente análisis de ciclo de vida se han analizado los datos obtenidos a partir de investigación en una camaronera y una empacadora ubicada en la provincia del Guayas.

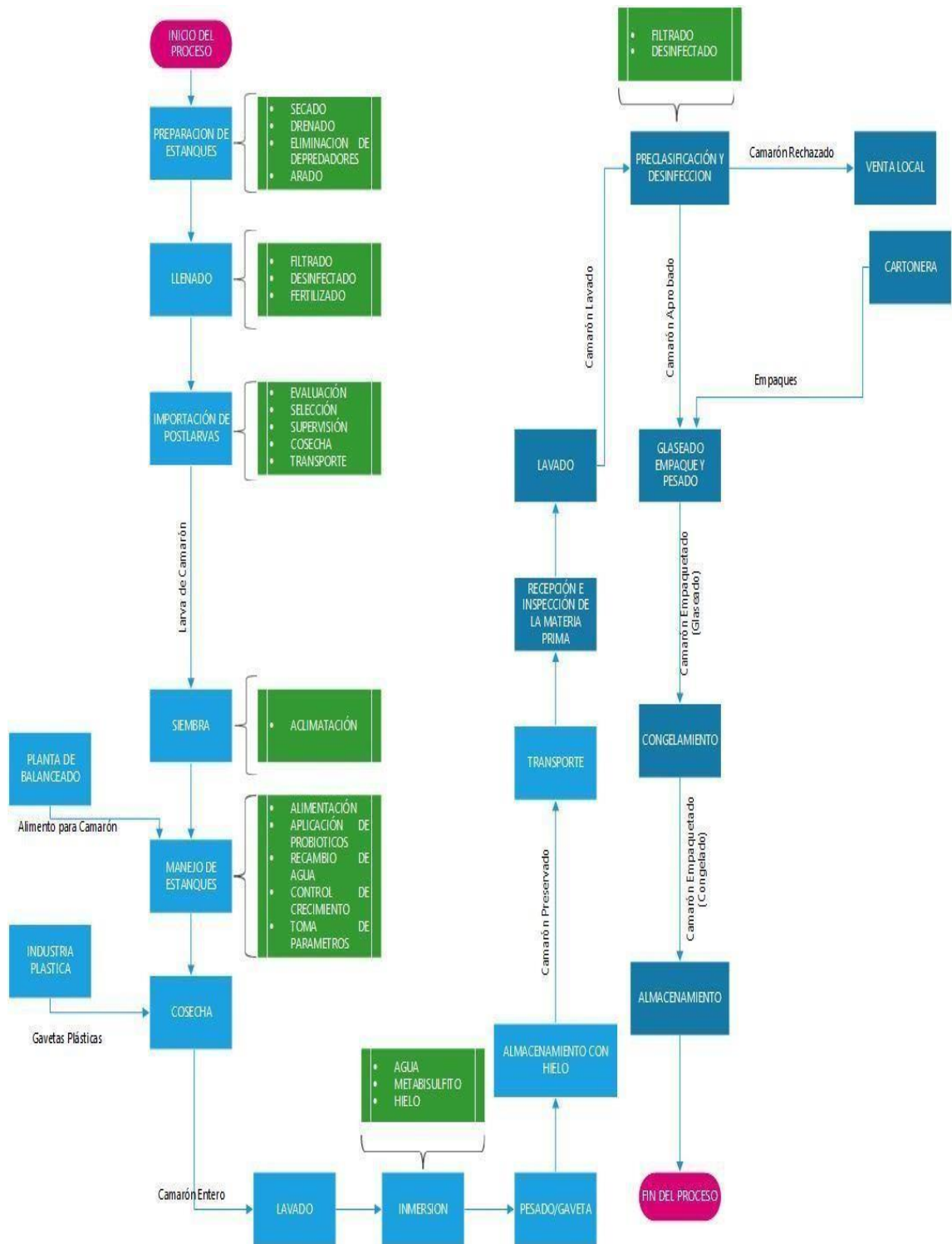


Figura 4.1 Ciclo de vida del camarón

Fuente: Bastidas & Moreira, 2021

4.3 Análisis del inventario

4.3.1 Calidad de datos

Datos primarios

La recolección de datos se realizó de fuentes directas de información entrevistas y muestreos de agua; el muestreo consistió en recolección de datos del análisis de agua a la salida de 1 piscina dentro de la camaronera y en la salida del proceso en la empacadora; en cuanto a las entrevista realizada en la camaronera, se obtuvo información de importancia sobre la alimentación y cuidado del camarón (Tabla 0.1 de Anexos); mientras que en la como en la empacadora la información del almacenamiento y procesamiento del camarón desde la llegada a la industria hasta el despacho final como producto congelado.

El análisis de los datos procedentes del inventario son procesados por el programa OPEN LCA, para ello es necesario contar con una base de datos completa, que permita categorizar cada uno de los impactos cuantificándolos y clasificándolos de acuerdo con su porcentaje de aportación para cada uno de los procesos.

4.3.2 Fuente de datos

En las tablas 3, 4 y 5 se muestran las fuentes de datos utilizadas dentro del estudio por medio de Ecoinvent 3.7.1

Fuente de datos para el alimento balanceado

Tabla 3. Resumen de procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent (Alimento balanceado)

Input/output inventory item	Ecoinvent database
Energía eléctrica	market for electricity, low voltage electricity, low voltage APOS, U – EC
Aceite de pescado	fishmeal and fish oil production, 63-65% protein, from fresh anchovy fish oil, from anchovy APOS, U – PE
Aceite de pescado	fishmeal and fish oil production, 65-67% protein fishmeal, 65-67% protein APOS, U – PE
Maíz en grano	maize grain, feed production maize grain, feed APOS, U – RoW
GLP	market for propane, burned in building machine propane, burned in building machine APOS, U – GLO
Harina de soja	market for soybean meal soybean meal APOS, U – RoW
Harina de trigo	market for wheat flour wheat flour APOS, U – RoW

Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Fuente de datos cultivo (camaronera)

Tabla 4. Resumen de procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent (Cultivo)

Input/output inventory item	Ecoinvent database
Ácidos orgánicos	market for citric acid citric acid APOS, U – GLO
Energía eléctrica	market for electricity, low voltage electricity, low voltage APOS, U – EC
Fertilizantes	ammonium nitrate phosphate production nitrogen 30ertilizer, as N APOS, U – RoW
Diésel	market for diesel, burned in building machine diesel, burned in building machine APOS, U – GLO

Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Fuente de datos de empaedora

Tabla 5 Resumen de procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent (Empaedora)

Input/output inventory item	Ecoinvent database
Energía eléctrica	market for electricity, low voltage electricity, low voltage APOS, U – EC
Hielo	Ice process
Guantes	market for latex latex APOS, U – RoW
Fundas plásticas	market for packaging film, low density polyethylene packaging film, low density polyethylene APOS, U – GLO
Mascarillas	polypropylene production, granulate polypropylene, granulate APOS, U – RoW
Etiquetas	offset printing, per kg printed paper printed paper, offset APOS, U – RoW
Botas	synthetic rubber production synthetic rubber APOS, U – RoW
Cajas de cartón para empaque	market for carton board box production, with gravure printing carton board box production, with gravure printing APOS, U – GLO
Agua Potable	market for tap water tap water APOS, U – CO
Cabezas de camarón	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste APOS, U – RoW

Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

4.4 Inventario de entradas y salidas

Dentro del propósito del análisis del ciclo de vida (ACV) es analizar los resultados a través de inventarios referidos por las entradas y salidas de cada una de las etapas que se lleva a cabo durante la producción del camarón ecuatoriano, con el fin de conocer el impacto ambiental generado en dicha producción (Antón, 2004).

En el inventario del ciclo de vida del presente estudio, presenta las entradas y salidas de los materiales y de los flujos energéticos de los procesos, obteniendo una evaluación y el reconocimiento de los impactos ambientales significativos del ciclo de vida del producto (camarón).

La obtención de cada uno de los datos se logró mediante visitas y entrevistas con el personal responsable de laboratorios acreditados.

4.4.1 Hoja de inventario de las entradas y salidas

En la tabla 6 se presenta el inventario de las entradas y salidas de los insumos y productos para la obtención de post-larvas necesarios para llevar a cabo la producción de la unidad funcional (1 kg).

Tabla 6 Inventario de entrada y salida del proceso de criadero de larvas

Entradas		
Flujo	Unidad	Cantidad
Nauplio	Kg	1
Energía eléctrica	Kw*h	431,53
Diésel	Kg	0,82
Vitamina c	Kg	0,75
Magnesio	Kg	0,75
Potasio	Kg	0,43
Melaza	Kg	0,33
Alimentación	Kg	14,25
Agua dulce	Kg	148,35
Salidas		
Flujo	Unidad	Cantidad
Post larvas	Kg	1

Elaborado por: Bastidas & Moreira, 2021

En la tabla 7 se presenta el inventario de las entradas y salidas de cada uno de los insumos y productos necesarios para la producción de un kilo de alimento balanceado, cabe mencionar que el alimento cuenta con un 35% de proteína siendo uno de los porcentajes con mayor demanda en cuestión de uso durante la etapa de cultivo (camaronera), debido al beneficio que la asimilación del alimento sea mucho mejor. Por otra parte, el gas utilizado para el funcionamiento de las calderas durante el proceso de obtención del alimento balanceado es Glp.

Tabla 7 Inventario de entrada y salida del proceso de balanceado

Entradas		
Flujo	Unidad	Cantidad
Energía eléctrica	Kw*h	0,064
Glp	Kg	0,01
Harina de pescado	Kg	0,46
Harina de trigo	Kg	0,26
Harina de soya	Kg	0,13
Maíz	Kg	0,22
Aceite de pescado	Kg	0,030
Salidas		
Flujo	Unidad	Cantidad
Balanceado para camarón	Kg	1

Elaborado por: Bastidas & Moreira, 2021

La tabla 8 presenta el inventario de las entradas y salidas de los productos necesarios para la obtención de un kilo de hielo utilizado dentro del proceso de empacadora para mantener la cadena de frío del producto ya empacado.

Tabla 8. Inventario de entrada y salida del proceso de hielo

Entradas		
Flujo	Unidad	Cantidad
Energía eléctrica	Kw*h	0,14
Agua	Kg	2,33
Salidas		
Flujo	Unidad	Cantidad
Hielo	Kg	1

Elaborado por: Bastidas & Moreira, 2021

La tabla 9 presenta el inventario de las entradas y salidas de los insumos necesarios para llevar a cabo la producción de un kilo de camarón vivo a la salida de la granja. Estos datos fueron obtenidos a través de visitas a las camaroneras en conversaciones con los biólogos o jefes de campo, también se llevó a cabo recogidas de muestras para la realización de análisis de calidad de agua en un laboratorio acreditado. Cabe recalcar que los insumos podrían variar dependiendo de los protocolos establecidos por cada jefe de campo.

Tabla 9 Inventario de entrada y salida del proceso de producción en cultivo (camaronera)

Entradas			
Flujo	Unidad	Cantidad	
Post Larva	kg	2,315E-07	
Balanceado	kg	1,5000003	
Energía Eléctrica	kw*h	0,0077162	
Diésel	kg	0,1322774	
Ácidos Orgánicos	kg	0,0011023	
Fertilizantes	kg	0,0165347	
Bacterias	kg	0,0826734	
Agua Dulce	m3	5,511558	
Salidas			
Flujo	Unidad	Cantidad	
Camarón Entero	kg	1	
Emisiones al agua			
Cromo Hexavalente	kg	6,945E-14	
Demanda Química De Oxígeno	kg	2,237E-09	
Demanda Bioquímica De Oxígeno	kg	1,119E-09	
Fosforo Total	kg	5,598E-13	
Nitrato	kg	1,451E-12	
Nitrito	kg	2,772E-13	
Nitrógeno Amoniacal	kg	9,33E-13	
Nitrógeno Total	kg	5,909E-12	
Solidos Suspendidos Totales	kg	2,115E-11	
Sulfatos	kg	1,354E-10	
Solidos Totales	kg	4,413E-08	
Emisiones al aire			
Emisiones De Co ₂	kg co ₂	0,3465486	
Emisiones De Ch ₄	kg ch ₄	0,3821793	

Elaborado por: Bastidas & Moreira, 2021

La tabla 10 presenta el inventario de las entradas y salidas durante el proceso de empacadora obteniendo un kilo de camarón cola empacado con su respectivo congelamiento. Los datos han sido obtenidos a través del proceso de un lote completo, procesándose 1814.37 kilos de camarón entero.

Tabla 10 Inventario de entrada y salida del proceso de producción de camarón empacado

Entradas			
Flujo	Unidad	Cantidad	
Camarón entero	Kg	1,51	
Cajas para empacar camarón	Unidad	0,52	
Cajas para empacar camarón	Kg	0,063	
Fundas plásticas	Kg	0,0012	
Hielo	Kg	0,41	
Agua	Kg	18,18	
Energía eléctrica	Kw*h	2,42	
Etiquetas	Kg	0,0012	
Guantes	Kg	0,0062	
Botas	Kg	0,046	
Mascarillas	Kg	0,00018	
Salidas			
Flujo	Unidad	Cantidad	
Camarón cola empacado	Kg	1	
Cabezas de camarón	Kg	0,52	
Emisiones al agua			
Amonio	Kg	1,851E-05	
Nitrito	Kg	1,937E-06	
Fósforo	Kg	8,609E-05	
DQO	Kg	0,00026	
Grasas	Kg	0,0019	

Elaborado por: Bastidas & Moreira, 2021

4.5 Evaluación de impacto de ciclo de vida

En los análisis de ciclo de vida, un impacto es considerado como la anticipación de un efecto, en vista de que el propósito no es determinar la categoría a la que pertenece sino ligar los datos que se obtuvieron en el estudio de inventario con una categoría de impacto, cuantificando la contribución que esta brinda a cada uno de los mismos (Regueriro Rubio, 2012).

Para realizar el proceso de evaluación del impacto se han seleccionado tres categorías relevantes dentro del programa Open LCA, para establecer los posibles impactos obtenidos a través de los datos del inventario que se mencionan a continuación:

El método CML200, proporciona una lista con las categorías agrupadas en "obligatorias", "adicionales" y para aquellos indicadores que existen pero que no se los incluye frecuentemente dentro de los estudios de ACV (Feijoo, 2020).

En el momento que se seleccionan las categorías de impacto se debe tener en cuenta cuales son las más relevantes, que permitan cubrir los impactos producidos por los datos obtenidos durante el análisis de inventario (Regueiro, 2012).

Las categorías analizadas en el presente estudio se detallan a continuación:

Tabla 11. Categorías de impacto

Categorías	Descripción	Unidad
Climate Change GWP	Indicador de calentamiento global potencial debido a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera o cambio climático (Henry Benavides & Gloria León, 2007)	Kg CO2-Eq
Terrestrial acidification TAP	El proceso de acidificación, también denominado "lluvia ácida", se origina cuando el azufre, que se encuentran en estado elemental en los combustibles fósiles, y el nitrógeno, presente en el aire y en combustibles, son liberados a la atmósfera tras procesos de combustión, en forma de óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO2) ("La acidificación del medio ambiente - Generalitat Valenciana," 2015).	Kg SO2-Eq
Freshwater eutrophication FEP	La eutrofización del agua dulce se produce debido a la descarga de nutrientes en el suelo o en cuerpos de agua dulce y el consiguiente aumento de los niveles de nutrientes (es decir, de	Kg P-Eq

fósforo y nitrógeno) (“Eutrofización: Causas, consecuencias y soluciones | iAgua,” 2018).

Elaborado por: Bastidas & Moreira, 2021

4.5.1 Análisis de contribución

4.5.1.1 Contribución de 1 kg de camarón vivo

Los resultados de la contribución de los procesos a las categorías de impacto en la etapa de obtención de 1 kg de camarón vivo salido de la granja indican que, el principal proceso que incide significativamente en las categorías se origina en la producción de harinas (soja, trigo y pescado incluido el aceite de pescado) aportando con 57,36% a la categoría de acidificación terrestre, seguido del 58,26% de aporte al cambio climático y por último eutrofización de agua salobre 74,52%.

En segundo lugar, se encuentra el uso de motores a diésel durante el bombeo del agua en las piscinas, el cual contribuye mayormente a la categoría acidificación con 26,08%, seguido del cambio climático 25,84%, y en menor porcentaje a la categoría eutrofización de agua salobre con 3,38%.

En cuanto a producción de granos de maíz este aporta mayormente a la categoría de acidificación con 20,43%, seguido del 12,15% al cambio climático y el 2,29% a la eutrofización de agua dulce,

mientras que el nitrato de amonio y el ácido nítrico usados como compuestos en la composición de los fertilizantes manejados en granja este contribuye el 3,74% y 0,56% para la categoría de eutrofización de agua dulce; 1,38% y 0,33% al cambio climático; y el 1,16% y 0,28% en la acidificación terrestre

Mientras que el uso de gas para la producción de balanceado contribuye 3,09% al cambio climático, 0,56% eutrofización del agua salobre y 0,88% acidificación; y en relación con el uso de electricidad durante el cultivo, este representa 1,38% de aporte al cambio climático, 0,40% eutrofización, el 1,08% acidificación de la tierra. Por último, hay que destacar que en el proceso producción de larvas los impactos son poco significativos.

Cambio climático

La figura 4.1 representa la contribución de 1kg de camarón vivo salido de la granja al indicador Cambio Climático, el proceso con mayor puntaje es la producción de harinas con 58,26% (soja con 25,53%, trigo con 16,47%, pescado 16,26%), seguido del 25.84% del uso de motores a Diésel y en cuanto a la producción de larvas el impacto es poco significativo.



Figura 4.1 Contribución Clima Change por 1 kg de camarón vivo salido de la granja
Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Eutrofización

En la figura 4.2 se presenta la contribución al indicador eutrofización de agua dulce, cuyas contribuciones a este indicador derivan mayoritariamente de la producción de harinas, seguido de la producción de grano de maíz, por último, el uso motor a diésel.

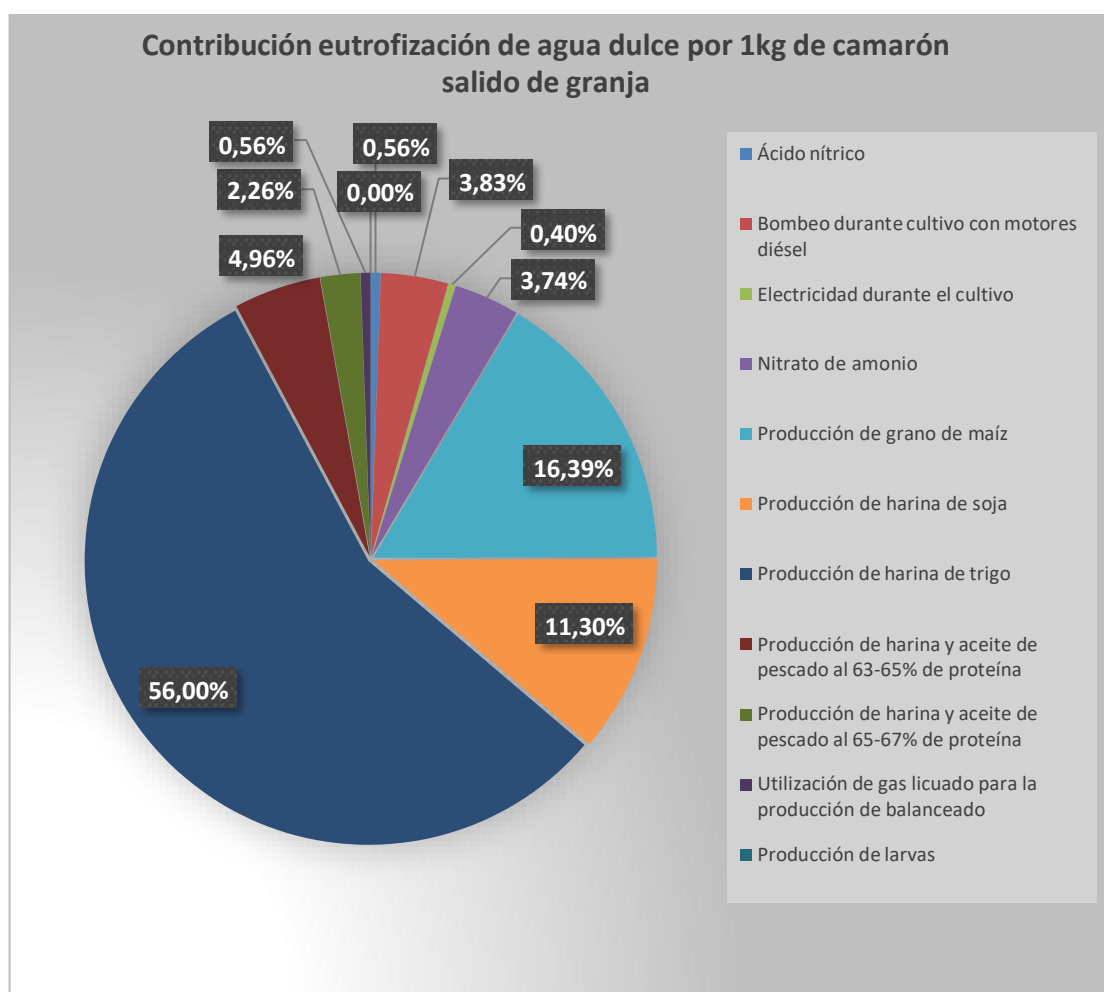


Figura 4.2 Contribución freshwater eutrophication por 1 kg de camarón vivo salido de la granja

Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Acidificación

Las contribuciones a la categoría de acidificación terrestres correspondientes a la figura 4.3 están representadas mayoritariamente por la producción total de harinas seguido del uso de motores a diésel en las piscinas con 26,08%, y por último producción de grano de maíz.

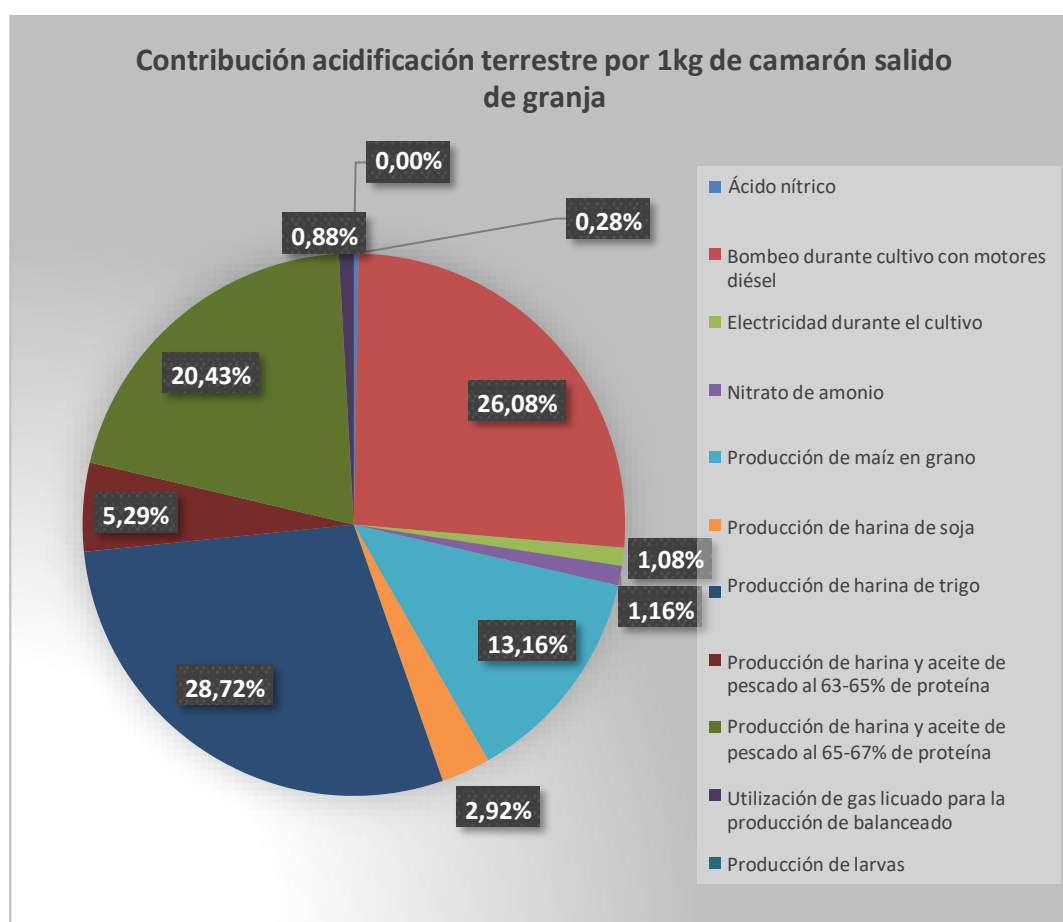


Figura 4.3 Contribución terrestre acidification por 1 kg de camarón vivo salido de la granja
Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

4.5.1.2 Contribución de 1 kg de alimento balanceado

Las contribuciones a las categorías de impacto, derivadas de la fase de alimentación del camarón muestran que:

La producción de harinas y aceites tiene un valor de contribución notablemente superior en el indicador de cambio climático con el 80.01%, seguido la categoría eutrofización de agua salobre con el 79,05% de contribución; mientras que el 50,49% contribuye a la acidificación terrestre.

El proceso de producción de granos de trigo y maíz contribuye mayormente en la categoría de eutrofización de agua con 79,18%, mientras que para categoría de acidificación contribuye el 57,35% esto se debe a el uso de fertilizantes en las etapas de desarrollo de los cultivos y finalmente para cambio climático del 13,40% en la producción de grano de maíz la cual se origina del uso de maquinaria agrícola.

En cuanto al uso de gas y electricidad durante el proceso de producción del balanceado este aporta con 5,84% de las emisiones de cambio climático; 2,51% al proceso de acidificación terrestre y 0,61% eutrofización de agua dulce; y durante la etapa de transporte del balanceado la contribución es baja con 0,75% de contribución al cambio climático, 0,50% acidificación y el 0,18% eutrofización de agua dulce.

Cambio climático.

Como se observa en la figura 4.4, durante el proceso de alimentación de camarón las contribuciones al indicador del cambio climático están asociadas principalmente a la producción de harinas y aceites representando el 80,01% de las emisiones de CO₂ principalmente asociadas a la producción de soja y aceites con 34,75%; harina de trigo con 22,68%; harina y aceite de pescado al 63-65% y 65%-67% de proteína con el 5,73% y 16,85%; la producción del grano de maíz representa el 13,40%, en cuanto al uso de gas y electricidad durante el proceso de producción del balanceado este aporta con 5,84%; mientras que durante la etapa de transporte del balanceado la contribución es baja con 0,75%.

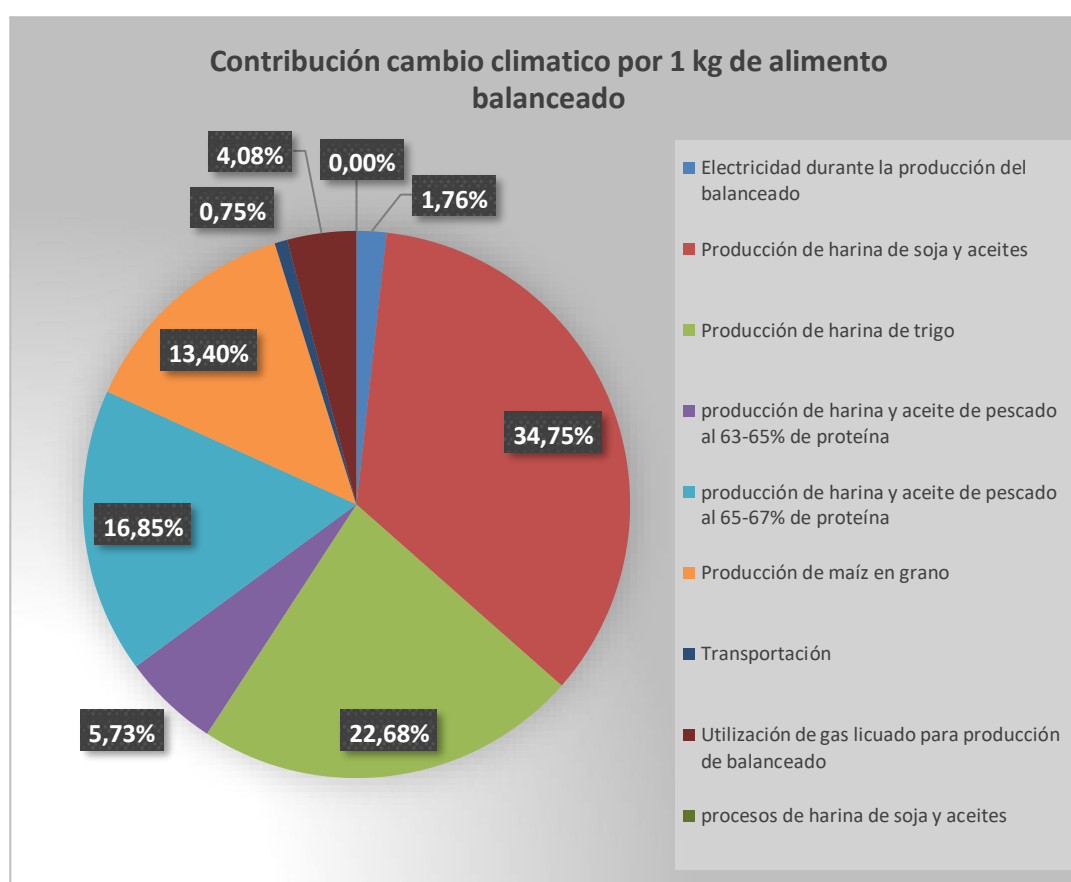


Figura 4. 4 Contribución cambio climático por 1 kg de alimento balanceado
Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Acidificación

En la figura 4.5 se representa la contribución de los procesos de alimentación de camarón, el indicador acidificación terrestre es el mayor aportante a la categoría se le atribuye a la producción de granos (maíz y trigo) con el 57,35%, seguido de la producción de harinas con 39,64%, el uso de electricidad y gas utilizado en la producción del balanceado representa 2,51%; el transporte aporta 0,50%.



Figura 4.5 Contribución acidificación terrestre por 1 kg de alimento balanceado

Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Eutrofización

La figura 4.6 se presenta que la contribución de producción de granos de trigo a la categoría eutrofización notablemente superior con 61,30%, mientras que el grano de maíz tiene un valor del 17,88%, en cuanto a la producción de harinas este aporta el 20,03% de las sustancias que ocasión la eutrofización en el agua.

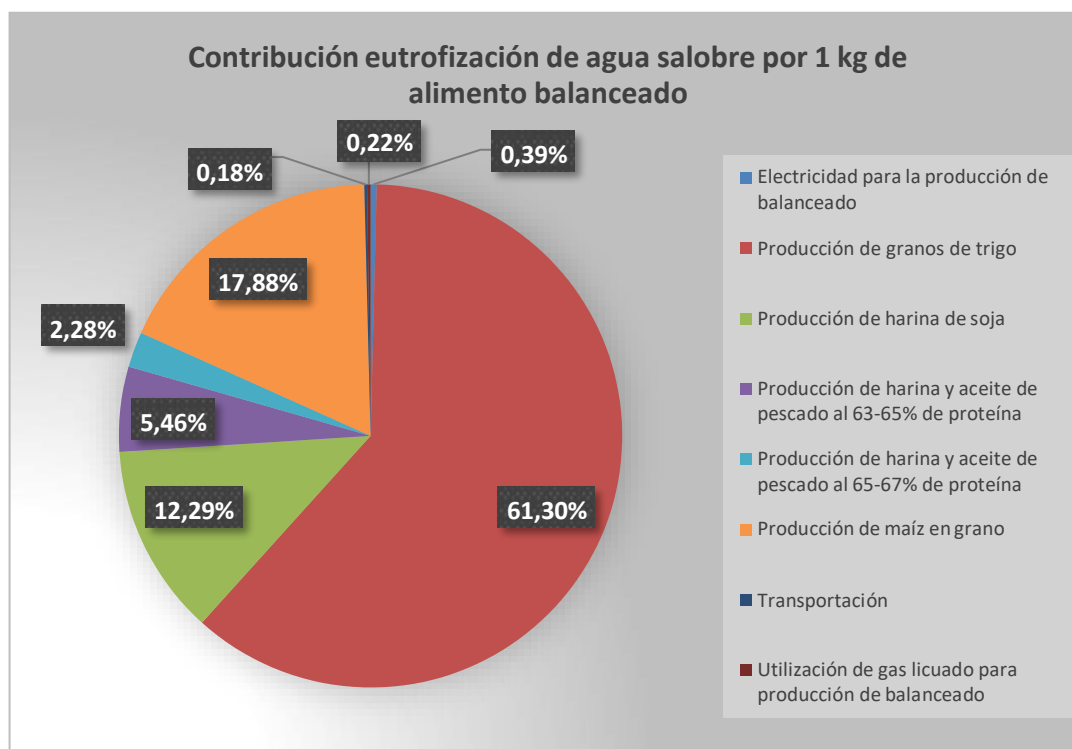


Figura 4.6 Contribución eutrofización del agua salobre por 1 kg de alimento balanceado
Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

4.5.1.3 Contribución a nivel de unidad funcional

De acuerdo con los resultados de contribución a las categorías de impacto se evidencia que a nivel de producto terminado en la etapa de cultivo o engorde del camarón, el alimento balanceado aporta significativamente a las categorías de cambio climático con el 52,64% de aporte; eutrofización del agua salobre 78,54% y acidificación de la tierra 59,57% y el uso de motores a diésel en el bombeo del agua en las piscinas representa un impacto del 21,36% en a la acidificación, con 21,36% seguido del 18,72% de aportación a la categoría cambio climático, y el 3,32% a la eutrofización.

La electricidad usada durante el cultivo y procesamiento contribuye 16,38% al cambio climático; aporta el 5,75% a la eutrofización del agua dulce y el 14,65% a la acidificación de la tierra. En cuanto al agua usada para el procesamiento, el mayor aporte se muestra en la categoría de eutrofización con 0,33%, seguido del 0,22% para cambio climático y el 0,15% en la acidificación de la tierra. Los desechos del procesamiento depositados a rellenos sanitarios aportan el 6,05%, a la categoría del cambio climático, mientras que el 1,13% contribuye a la eutrofización del agua y el 0,18% a la acidificación.

Los materiales como botas de caucho, guantes de látex, cartón, papel y empaques contribuye 7,23% a la eutrofización, y el 4,35% aporta al cambio climático mientras que el 2,59% aporta a la acidificación. Por otra parte, el hielo usado en el proceso de empaquetado – congelamiento representa el 0,37 de contribución al cambio climático; el 0,32% de aporte a la eutrofización del agua salobre y 0,06% de acidificación

El ácido nítrico y nitrato de amonio usados durante el proceso de camaronera como uno de los ingredientes de los fertilizantes presenta el mayor aporte con 0,47% y 3,16% a la eutrofización del agua salobre; para el cambio climático aporta 0,24% y 1,00%; en cuanto a la acidificación el ácido nítrico y nitrato de amonio aportan el 0,23% y 0,95%. Por otra parte, la producción de polipropileno granulado representa el 0,01% de aportación a los indicadores de cambio climático y eutrofización.

Cambio climático

En la figura 4.7 se representa la contribución a nivel de unidad funcional, para el indicador de cambio climático, el mayor aportante a la categoría se le atribuye al consumo de balanceado con el 52,64%, seguido se encuentra el consumo de combustible (diésel) durante el bombeo en la etapa de cultivo con 18,72%; otro punto importante es el uso de electricidad durante el cultivo representando el 16,30% y por último con un 6,05% le corresponde a los desechos generados durante el procesamiento depositados en rellenos sanitarios.

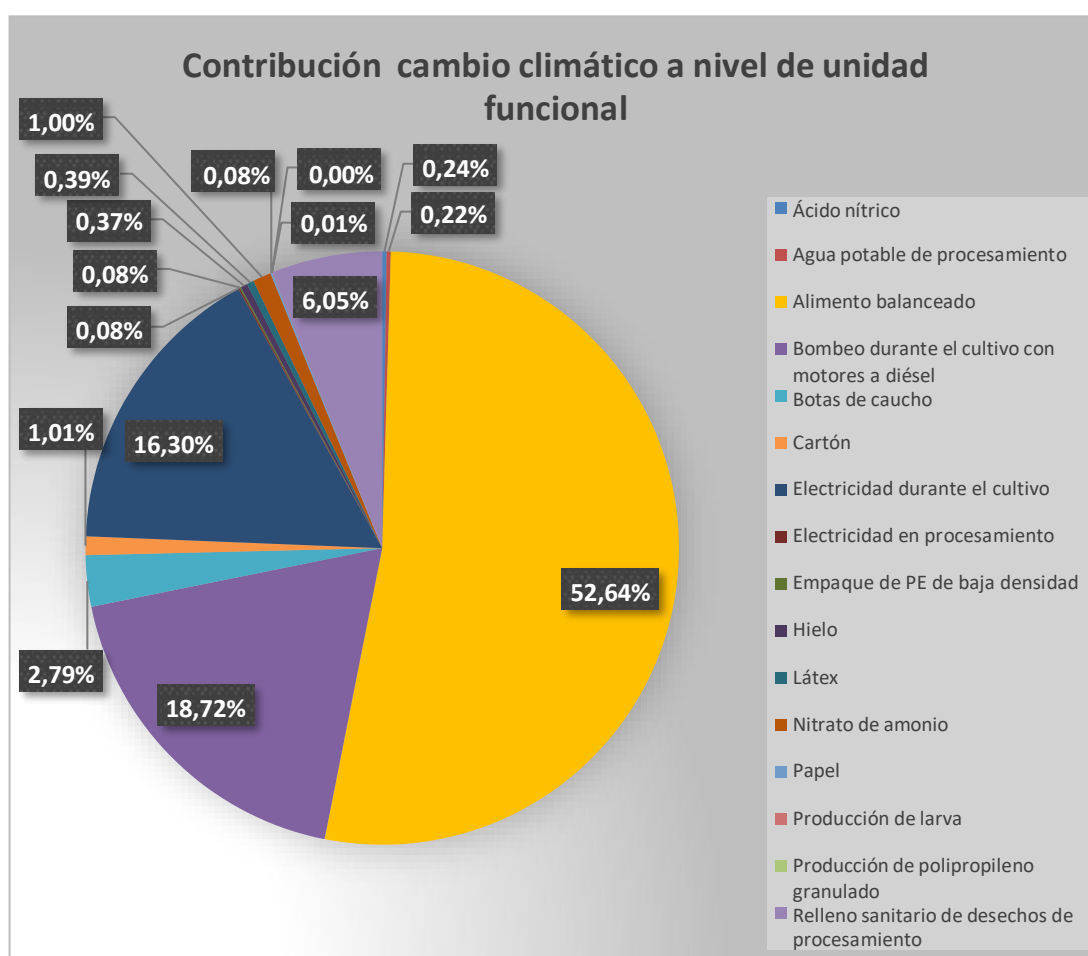


Figura 4.7 Contribución Climate Change a nivel funcional
Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Eutrofización

En la figura 4.8 se representa la contribución a nivel de unidad funcional, para el indicador de eutrofización, el mayor aportante a la categoría se le atribuye al consumo de balanceado con el 78,54%, seguido es el uso de electricidad representando el 5.72% durante el cultivo y el 0.03% durante el procesamiento, por otra parte el 4,36% le corresponde al material de las botas (caucho sintético) y por último con un 3,32% al consumo de combustible (diésel) durante el bombeo en la etapa de cultivo.

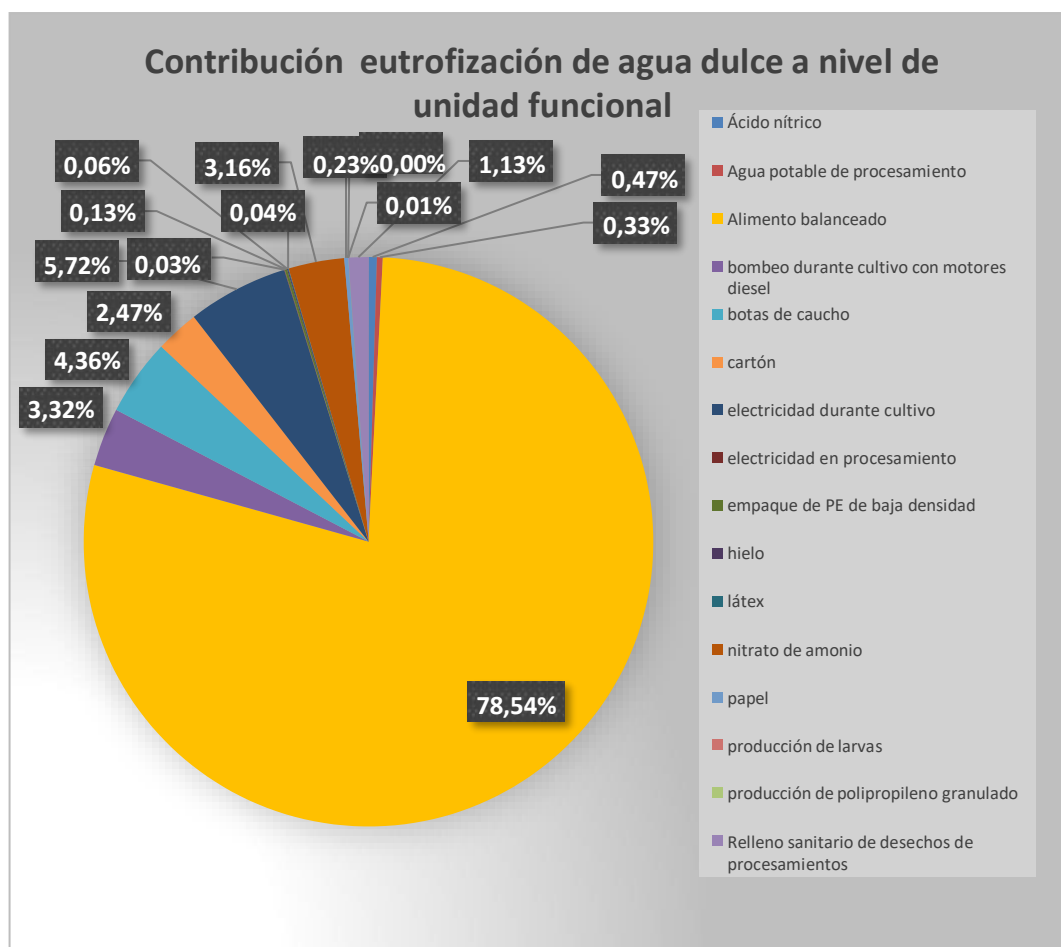


Figura 4.8 Contribución eutrofización de agua a nivel de unidad funcional
Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

Acidificación

En la figura 4.9 se representa la contribución a nivel de unidad funcional, para el indicador de acidificación, el mayor aportante a la categoría se le atribuye al consumo de balanceado con el 59,57%, seguido le corresponde al consumo de combustible (diésel) durante el bombeo en la etapa de cultivo con 21,36% y por último es el uso de electricidad representando el 14,58% durante el cultivo.

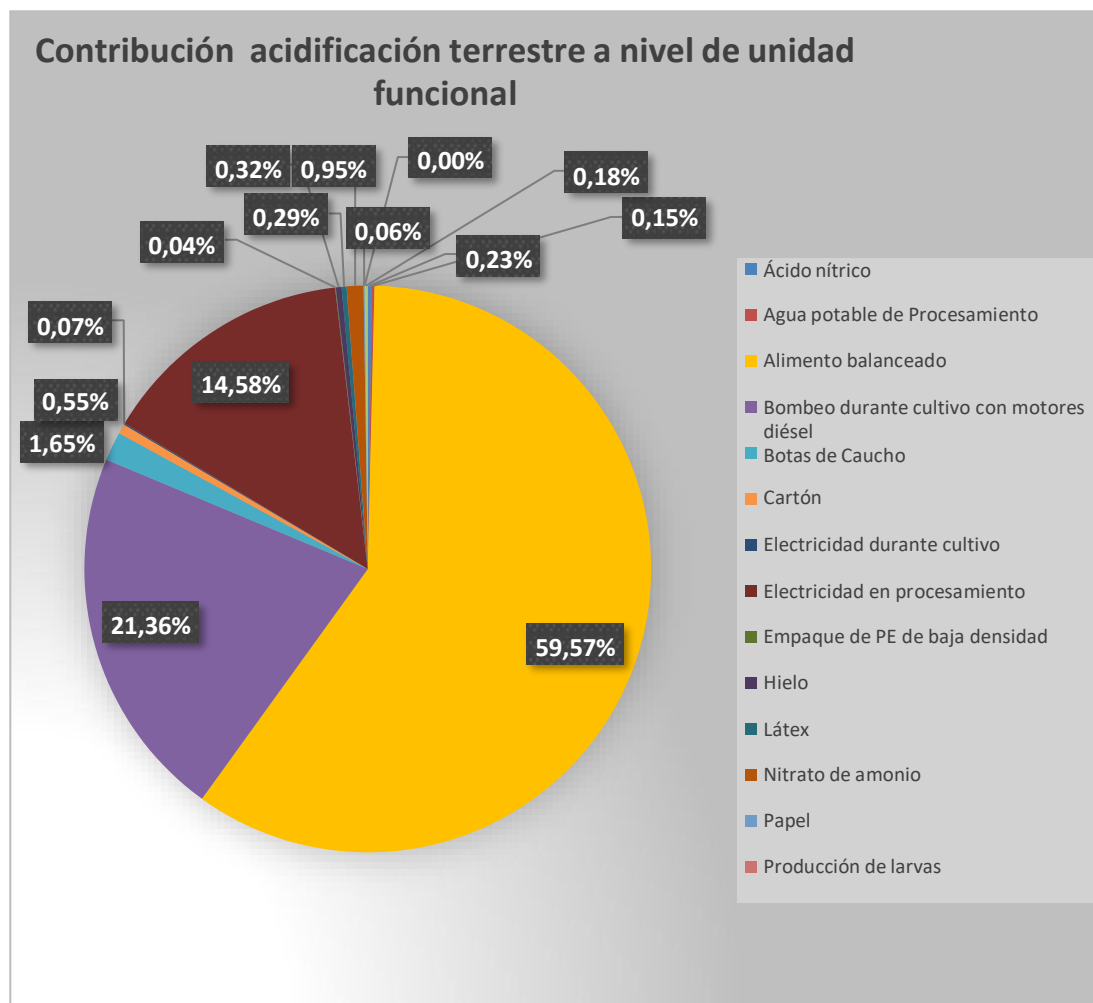


Figura 4.9 Contribución eutrofización de agua salobre a nivel de unidad funcional

Fuente: Compilado por los autores mediante la herramienta (OpenLCA, 2021)

4.6 Comparación con otros estudios

Según Hernández & García (2015), en su estudio de análisis de ciclo de vida de 1 kilo de camarón como unidad funcional, indica que la etapa que mayor impacto se genera del cultivo o engorde del camarón (83-88%) derivado del alimento balanceado este aportando un 50% sobre el total cuyos impactos se relacionan principalmente con los insumos agrícolas y manejo del cultivo; seguido del transporte con una participación entre el 7 y 12%, el procesamiento del camarón (4,4 y 4,7%), y por último la etapa de larvicultura, contribuyendo con un 0,13-0,14% del total, además indica que en base a estudios internacionales los cultivos de soya, maíz y trigo, son productos altamente impactantes.

De acuerdo con Cao et al. (2011), en la evaluación del LCA paramétrica de cultivo de camarón chino con alcance de la cuna al puerto de destino, se determinó que las contribuciones en la fase de engorde en los sistemas intensivos representó entre el 69,4 al 96,8% y en los semi-intensivos el 67,4 al 99,3% para cada categoría de impacto; a su vez en la etapa de procesamiento en sistemas intensivos represento entre 0,9% y 15,6% y de 0,6% a 26,8% en sistemas semi-intensivos, en cuanto a las contribuciones de la producción de larvas en los criaderos fueron insignificantes en ambas cadenas de suministro para todas las categorías de impacto.

Por su parte Ramírez & Duque (2008), para la unidad funcional de 2 kg de camarones congelados, indican que el mayor impacto se genera en la etapa de cultivo en piscinas, debido al uso de suelo para agricultura en el cultivo de cereales necesarios para la producción del alimento balanceado y a las emisiones derivadas del consumo de combustibles durante el uso de motores a diésel asociados al bombeo de agua y producción de alimento balanceado.

En cuanto al estudio de (Mungkung et al., 2006) cuya unidad funcional está definida por paquete de camarón de 3 kg, los resultados en la etapa de agricultura la obtención de granos y cereales es la más significativa, en cuanto a la etapa de cultivo en la granja los impactos se derivan del uso de electricidad y el alimento para los camarones.

A lo anterior expuesto, considerando que las unidades funcionales planteadas por los autores son distintas, el presente trabajo concuerda con los resultados de los estudios mencionados, indicando que la etapa de engorde del camarón es la que contribuye significativamente en las tres categorías de impacto. De acuerdo a los resultado la mayor aportación se origina del alimento balanceado el cual se asocia a la producción de granos y harinas aportando 52,64% cambio climático, 59,57% acidificación y 78,54% eutrofización, donde la producción de harina de soja es altamente impactante; en segundo lugar se encuentra consumo de diésel con 3,32% de contribución a eutrofización, 18,72% para cambio climático y acidificación

21,36%; en tercer lugar, se encuentra el uso de electricidad durante el cultivo y procesamiento aportando el 5,75% a la categoría eutrofización, cambio climático a 16,38% y acidificación 14,65%; por otra parte se evidencio que la producción de larvas es una de las fases menos impactante de todo el ciclo de vida.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En base a los resultados se concluye que,

1. Los puntos críticos que se presentan durante el del ciclo de vida de 1kg de camarón empacado se originan en la fase de cultivo de camarón, específicamente de la producción y consumo de balanceado, seguido del consumo de combustibles en el bombeo de agua.
2. La fase de cultivo de camarón es la etapa que mayor aporta a las tres categorías de impacto analizadas. Esto se debe principalmente al consumo y producción de balanceado en las piscinas, el cual contribuye con el 52,64% al cambio climático, el 78,54% a la eutrofización y un 59,57% para acidificación; en cuanto al consumo de combustible para la misma fase contribuye el 18,72% al cambio climático, eutrofización 3,32% y acidificación del 21,36%; mientras que, el impacto de la producción de larvas es poco significativo para todas las categorías.
3. En la producción del alimento balanceado ligado a la etapa de cultivo, el proceso que incide significativamente en las categorías de cambio climático, eutrofización y acidificación, se deben en primer lugar, a la producción de harinas, principalmente a la harina soja la cual contribuye en las categorías mencionadas con el 34,75%, 61,30% y 39,18%; seguido de la harina de trigo con 22,68%, 3,98% y 12,29%; mientras que en la producción de harinas de pescado y aceite contribuye con 22,58%, 35,66% y 7,74%. En segundo lugar, se encuentra la producción de granos de maíz con 13,40%, 18,17% y 17,88% de contribución; y la producción de granos trigo 39,18% eutrofización y acidificación 61,30%.
4. En el procesamiento los impactos se generan en las etapas de cultivo antes mencionadas, seguido del uso de electricidad, la cual contribuye 16,38% al cambio climático; aporta el 5,75% a la eutrofización del agua dulce y el 14,65% a la acidificación de la tierra, en cuanto los materiales usados durante el procesamiento estos contribuyen 7,23% a la eutrofización, y el 4,35% aporta al cambio climático mientras que el 2,59% aporta a la acidificación.

5. Con respecto a las categorías de impacto para el cambio climático se ve influenciada por las emisiones derivadas del uso de diésel, de manera similar para la categoría de acidificación está vinculado al consumo de diésel y al alimento balanceado, y para eutrofización está influenciada por el consumo de alimento balanceado asociados al manejo de cultivos agrícolas y debido a la acumulación de nitrógeno y fosforo en el agua provenientes de las piscinas.

5.2 Recomendaciones

1. Realizar estudios de análisis del ciclo de vida en cultivos de camarón orgánico y sus subproductos, que permitan comparar los sistemas y desempeño.
2. Optimizar el consumo, formulación y uso del alimento balanceado, mediante el uso de enzimas en su composición para lograr una mejor asimilación de nutrientes en el tracto digestivo del camarón, usar la mayor cantidad de ingredientes de bajo impacto por otra parte, la implantación de sistemas de alimentadores automáticos, los cuales se encargarán de mejorar el crecimiento y la conversión alimenticia de este crustáceo. Evitando el desperdicio del alimento y la acumulación del mismo en el fondo de las piscinas.
3. Implementar sistemas energía renovable para el funcionamiento bombas de agua. El cambio de combustibles fósiles por otras alternativas de obtención de energía como la renovable, paneles solares, energía eólica, entre otras mitigaran el impacto ambiental generado por el ciclo de producción del camarón.
4. Implementación de sistema de recirculación de agua en las piscinas para evitar las descargas de efluentes al suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Antón, M. A. (2004). Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 37. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10803/6827>
- Bernal, J., & Rugeles, Z. (2015). *Determinación de impactos ambientales significativos, durante el ciclo de vida del uniforme asistencial N 4 Policía Nacional, Complejo Dipon. Universidad distrital Francisco José de Caldas*. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Borunda, B. J. (2012). Análisis de ciclo de vida para el proceso de producción de nanopartículas de hidróxido de magnesio utilizada como retardante de flama, 1–48. Retrieved from <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/696/1/Tesis Brenda Janeth Borunda Valverde.pdf>
- Buschmann, A. (2001). *Impacto ambiental de la Acuicultura. Terram*. Retrieved from www.terram.cl,
- Cao, L., Diana, J. S., Keoleian, G. A., & Lai, Q. (2011). Life cycle assessment of Chinese shrimp farming systems targeted for export and domestic sales. *Environmental Science and Technology*, 45(15), 6531–6538. <https://doi.org/10.1021/es104058z>
- Cardo. (2015). *Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Depósito de Pesca Artesanal Petrocomercial San Mateo*. Retrieved from https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/EsIA_San_Mateo1.pdf
- Chipantiza, F., & Castillo, A. (2015). *Plan estratégico de exportación de camarón ecuatoriano para el mercado de Dubái , Emiratos Árabes Unidos*.
- CNA, C. N. de A. (2019). Camarón – Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Espinosa, A., & Bermúdez, M. (2012). La acuicultura y su impacto al medio ambiente. *Estudios Sociales*, (2), 221–232.
- Estévez, R. (2013). El análisis del ciclo de vida. Retrieved March 26, 2021, from <https://www.ecointeligencia.com/2013/02/analisis-ciclo-vida-acv/>
- Eutrofización: Causas, consecuencias y soluciones | iAguá. (2018). Retrieved March 28, 2021, from <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>
- FAO. (n.d.). FAO Fisheries & Aquaculture - Visión general del sector acuícola nacional - Ecuador. Retrieved March 26, 2021, from http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es

- Feijoo. (2020). *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono*. Retrieved from www.usc.gal/cretus
- Fonseca, E. (2010). Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática - Industry of Shrimp: its responsibility in the loss of the mangrove ecosystems and the aquatic pollution. *REDVET*, (5), 309–315. Retrieved from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012047637>
- Henry Benavides, & Gloria León. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*.
- Hernández, J., & García, C. (2015). Desempeño ambiental de la camaronicultura en la región Caribe de Colombia desde una perspectiva de Análisis del Ciclo de Vida. *Gestión y Ambiente*, 18(2), 29–49. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169443282002.pdf>
- Instituto Nacional de Pesca. (n.d.). Acuicultura – Instituto Nacional de Pesca. Retrieved March 26, 2021, from <http://www.institutopesca.gob.ec/acuicultura/>
- La acidificación del medio ambiente - Generalitat Valenciana. (2015). Retrieved March 28, 2021, from <http://agroambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/la-acidificacion-del-medio-ambiente>
- López, A., & Torres, L. (2020). *Plan Estratégico para la exportación de camarones pre-cocidos a la ciudad de Nueva York, EE. UU. Caso Camaronera Piquerosa*.
- Medeiros, M. V., Aubin, J., & Camargo, A. F. M. (2017). Life cycle assessment of fish and prawn production: Comparison of monoculture and polyculture freshwater systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 156, 528–537. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.059>
- Meneses, Y., Domínguez, E., & Guerra, B. (2016). Análisis de ciclo de vida y análisis de peligros y puntos de control críticos al producto pastas alimenticias. *Centro Azúcar, Vol 43 Issue 4*, 43(4), 16–26. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000400002
- Mungkung, R. T., Udo De Haes, H. A., & Clift, R. (2006). Potentials and limitations of life cycle assessment in setting ecolabelling criteria: A case study of Thai shrimp aquaculture product. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(1), 55–59. <https://doi.org/10.1065/lca2006.01.238>
- Peña, L. A. (2017). *El Sector Camaronero del Ecuador y las Políticas Sectoriales: 2007 - 2016*.
- Piedrahita, Y. (2018). La industria de cultivo de camarón en Ecuador, parte 1 « Global Aquaculture Advocate. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/>

- Plaza, M. A., Álvarez, M., Marcillo, F., Rodríguez, J., & Menéndez, S. (2016). Industria de Acuicola Estudios Industriales. Orientación estrategica para la toma de desiciones, 47. Retrieved from <http://www.espae.espol.edu.ec/publicaciones/>
- Ramírez, Á., & Duque, J. (2008). *Análisis ambiental del producto de acuicultura de camarón ecuatoriana desde una perspectiva de ciclo de vida*.
- Regueiro, L. (2012). *Perfil ambiental del sector cárnico vacuno Gallego : ¿ Ternera Gallega O Ternera Ecológica ?* Retrieved from <https://books.google.com/books?id=7FkGQdgMo8kC&pgis=1>
- Rieznik, N., & Hernández, A. (2005). Análisis del ciclo de vida. *Análisis Del Ciclo De Vida*, 1–14. Retrieved from <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>
- Saltos, J. (2020). *El sector camaronero y su incidencia en el crecimiento económico de la provincia del Guayas 2013-2018*. Guayaquil.
- Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). Acuicultura y Pesca de Camarón. *Observatorio Economico y Social de Tungurahua*, 1–4.
- Tobey, J., Clay, J., & Vergen, P. (1998). Impactos Económicos , Ambientales y Sociales del Cultivo de Camarón en Latinoamerica., 62. Retrieved from http://www.crc.uri.edu/download/MAN_0034.PDF
- Ziegler, F., Emanuelsson, A., Eichelsheim, J. L., Flysjö, A., Ndiaye, V., & Thrane, M. (2011). Extended Life Cycle Assessment of Southern Pink Shrimp Products Originating in Senegalese Artisanal and Industrial Fisheries for Export to Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 15(4), 527–538. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00344.x>

ANEXOS



Visita a la camaronera para proceder con la recolección de datos y recepción de muestras para los respectivos análisis



Vista de la piscina en donde se realizó el inventario con ayuda del biólogo encargado del campo



Ubicados en la compuerta de salida de agua, tomando la muestra para proceder con el análisis de calidad de agua



Vista de las salidas de agua de la piscina a un estero



Toma de muestra del agua del estero para analizar las condiciones de entrada del agua a las piscinas



Medición del caudal de la salida del agua (compuertas) con ayuda del biólogo en campo



Identificación Geográfica de Piscinas de Camarón en Cautiverio en el Perfil Costero Esmeraldas, Manabí, Sta. Elena, Guayas, El Oro (Área de producción en color azul)



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei



Camarón de la especie Litopenaeus Vannamei

Tabla 12. Análisis de Agua de Camaronera

PARÁMETROS	UNIDADES	PISCINA
Caudal	L/s	1,92
Cromo hexavalente	mg/L	0,067
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) - Dil.	mg/L	1079,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	2158,00
Fósforo Total	mg/L	0,54
Nitratos	mg/L N-NO ₃ -	1,40
Nitritos	mg/L NO ₂ -	0,2674
Nitrógeno Amoniacal (NH₃)	mg/L	0,90
Nitrógeno Total	mg/L N	5,70
Oxígeno Disuelto	mg/L	11,49
Potencial de Hidrógeno (pH)	Und pH	8,11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	20,40
Sólidos Totales (ST)	mg/L	42566,00
Sulfatos	mg/L	130,57
Temperatura	°C	30,50

Fuente: Bastidas & Moreira, 2021