



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“Desempeño ambiental de la producción de arroz pilado en la  
Provincia del Guayas”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL**

**Presentada por:**

**Sthefania Elizabeth Piedra Rivas  
Cristhian Lenin Quimí Martínez**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi director de proyecto, el Dr. Ángel Ramírez M. Ph.D., a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, y especialmente a mi familia por darme la oportunidad de poder continuar mis estudios.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo realizado con  
esfuerzo por varios meses  
está dedicado a mis padres,  
familiares y amigos.

## **TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

---

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

---

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

---

**Emérita Delgado P., Ph.D.**  
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”

---

Sthefania Elizabeth Piedra Rivas

---

Cristhian Lenin Quimí Martínez

## RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad determinar el desempeño ambiental de la producción de arroz en la provincia del Guayas, considerando las etapas agrícolas y el proceso industrial, para lo cual se ha tomado una muestra de 4 productores agrícolas y una planta de industrialización de arroz del sector.

Para esta evaluación se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida tanto a la etapa agrícola como a la industrial, donde se determina que en la primera etapa se concentra más del 95% de emisiones, debido al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, pesticidas, mal manejo de los residuos orgánicos e inorgánicos que afectan directamente al impacto de cambio climático, uno de los indicadores evaluados e importantes en la actualidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la fertilización es una de las etapas del cultivo de arroz muy necesaria para que la cosecha sea rentable. Sin embargo, es ahí donde existe el uso de fertilizantes con un alto porcentaje de nitrógeno; como es el caso de la Urea. Este fertilizante es uno de los principales en el aporte de CO<sub>2</sub> al ambiente, uno de los gases de efectos invernadero más peligrosos para la naturaleza.

La quema de los residuos orgánicos es una de las actividades finales que se lleva a cabo para iniciar un nuevo ciclo, pues la quema de la paja de arroz al final de la cosecha se la realiza de manera indiscriminada por varios productores, generando un impacto negativo para el medio ambiente.

En términos generales, la primera fase de estudio corresponde a la parte agrícola, siendo esta la más contaminante. La segunda, al ser un proceso industrializado, controlado y tecnificado en varias etapas, es donde se emiten emisiones en menor cantidad en relación con primera etapa; se aprovecha el tamo como combustible para el proceso de secado del arroz en reemplazo de Diesel, incluso.

Por lo consiguiente, con base en los resultados obtenidos se debería establecer estrategias de agricultura de precisión para la disminución de uso de agroquímicos utilizados en el cultivo, realizar un correcto manejo de residuos orgánicos, y con los entes adecuados ejecutar un plan capacitación para disminuir las malas prácticas medioambientales en los procesos en general, sobre todo en la etapa agrícola.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1 GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>5</b>
<b>2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1 El cultivo de arroz en el Ecuador .....	5
2.2 Aspectos ambientales de la producción de arroz.....	6
2.2.1 Uso de fertilizantes.....	6
2.2.2 Uso de herbicidas .....	8
2.2.3 Emisiones generadas por el cultivo de arroz .....	9
2.3 Análisis de ciclo de vida .....	10
2.4 Análisis de ciclo de vida del arroz.....	11
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>15</b>
<b>3 MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>15</b>
3.1 Alcance.....	15
3.1.1 Descripción de sistema estudiado.....	15
3.1.2 Límites del sistema .....	26
3.2 Paquete informático .....	30
3.3 Análisis de inventario del ciclo de vida del arroz .....	31
3.3.1 Procedimiento de colección de datos primarios y métodos de cálculo .....	31

3.3.2	Procesos utilizados de información secundaria .....	36
3.4	Evaluación de impacto .....	41
<b>CAPÍTULO 4</b>	.....	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>43</b>
4.1	Análisis de inventario .....	43
4.1.1	Etapa agrícola .....	43
4.1.2	Etapa agroindustrial .....	67
4.2	Evaluación de impacto .....	71
4.2.1	Resultados de caracterización de impactos .....	71
4.2.2	Análisis de contribución de resultados a nivel de producción de arroz para indicador cambio climático .....	77
4.2.3	Análisis de contribución de resultados a nivel de producto final (para indicador cambio climático y agotamiento de combustibles fósiles) .....	80
4.2.4	Comparación con estudios previos .....	84
<b>CAPÍTULO 5</b>	.....	<b>87</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>87</b>
5.1	Conclusiones .....	87
5.2	Recomendaciones.....	87

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**



## ABREVIATURAS

ACV	Análisis de ciclo de vida
CFCs	Compuestos cloro fluoro carbonos
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
FDP	Agotamiento de fósiles
FEP	Eutrofización de agua dulce
g	gramos
GWP 100	Cambio Climático
Ha	Hectáreas
kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
Lb	Libras
m <sup>3</sup>	metros cúbicos
MEP	Eco toxicidad marina
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
ODP inf	Agotamiento de la capa de ozono
PMFP	Formación de partículas
POFP	Formación de oxidantes fotoquímicos
TAP 100	Acidificación terrestre
Ton	Toneladas

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Uso de maquinaria para el cultivo de arroz. _____	1
<b>Figura 1.2:</b> Uso de maquinaria para la cosecha y transporte de arroz en cáscara. ____	2
<b>Figura 2.3:</b> Producción nacional del arroz en Ecuador. _____	5
<b>Figura 2.4:</b> Actividad con mayor generación de Emisores de CO <sub>2</sub> eq. _____	9
<b>Figura 3.5:</b> Entrevista a productores Provincia Guayas. _____	15
<b>Figura 3.6:</b> Maquinaria usada para la preparación del suelo. _____	17
<b>Figura 3.7:</b> Semilleros, Trasplante y Voleo. _____	18
<b>Figura 3.8:</b> Aplicación de herbicidas. _____	19
<b>Figura 3.9:</b> Envases vacíos descartados en el campo _____	20
<b>Figura 3.10:</b> Sistema de bombeo de agua de la Junta de Riego-Daule _____	21
<b>Figura 3.11:</b> Etapa de cosecha _____	22
<b>Figura 3.12:</b> Recepción y pesado de arroz en cáscara. _____	23
<b>Figura 3.13:</b> Caldero de cascarilla de arroz _____	26
<b>Figura 3.14:</b> Diagrama de flujo del cultivo del arroz _____	27
<b>Figura 3.15:</b> Diagrama de flujo de la cadena de producción del arroz pilado blanco _	28
<b>Figura 3.16:</b> Diagrama de flujo de la cadena de producción del arroz pilado envejecido. _____	29
<b>Figura 3.17:</b> Ubicación de planta procesadora de arroz pilado. _____	30
<b>Figura 4.18:</b> Comparación de resultados entre los cuatro productores. _____	73
<b>Figura 4.19:</b> Comparación de resultados de indicadores de impacto entre arroz blanco y arroz envejecido _____	76
<b>Figura 4.20:</b> Contribución de subsistemas para el cambio climático – productor Víctor Román. _____	77
<b>Figura 4.21:</b> Contribución de subsistemas para el cambio climático – proveedor Jaime Moreira. _____	78
<b>Figura 4.22:</b> Contribución de subsistemas para el cambio climático – proveedor Bellavigna. _____	79
<b>Figura 4.23:</b> Contribución de subsistemas para el cambio climático – proveedor Yolly Bell. _____	80
<b>Figura 4.24:</b> Comparación de contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de cambio climático – Jaime Moreira. _____	81
<b>Figura 4.25:</b> Contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de cambio climático – Víctor Román. _____	82
<b>Figura 4.26:</b> Contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de agotamiento de combustibles fósiles – Jaime Moreira. _____	83
<b>Figura 4.27:</b> Contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de agotamiento de combustibles fósiles – Víctor Román. _____	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio en relación al nivel de nutriente del suelo	8
<b>Tabla 2:</b> Comparación de casos de estudios relacionados con el cultivo del arroz	12
<b>Tabla 3:</b> Datos generales de los productores de arroz	16
<b>Tabla 4:</b> Descripción de subproductos generados en el pilado del arroz	25
<b>Tabla 5:</b> Fuente de datos primarios para el cultivo de arroz	31
<b>Tabla 6:</b> Fuente de datos primarios para el proceso industrial del arroz pilado blanco y envejecido.	32
<b>Tabla 7:</b> Métodos de estimación para emisiones directas al campo	34
<b>Tabla 8:</b> Factores de emisión por cada kg de tamo quemado.	36
<b>Tabla 9:</b> Resumen de procesos agrícola – entradas.	37
<b>Tabla 10:</b> Resumen de procesos agrícola – salidas.	38
<b>Tabla 11:</b> Resumen de proceso Industrial.	40
<b>Tabla 12:</b> Categorías de impacto del método Recipe.	41
<b>Tabla 13:</b> Categorías de impacto seleccionadas para el estudio.	42
<b>Tabla 14:</b> Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo – entradas. Estación de invierno.	43
<b>Tabla 15:</b> Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo – salidas Estación de invierno.	49
<b>Tabla 16:</b> Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo – entradas Estación verano.	55
<b>Tabla 17:</b> Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo -salidas Estación verano.	61
<b>Tabla 18:</b> Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz pilado empacado.	68
<b>Tabla 19:</b> Resultados de indicadores de impacto para 1Tn de arroz en cáscara producido.	72
<b>Tabla 20:</b> Resultados de indicadores de impacto para 1Tn de arroz pilado envasado.	75
<b>Tabla 21:</b> Resultados de indicadores de impacto de Cambio Climático de la producción agroindustrial del arroz de otros estudios realizados.	84

## CAPÍTULO 1

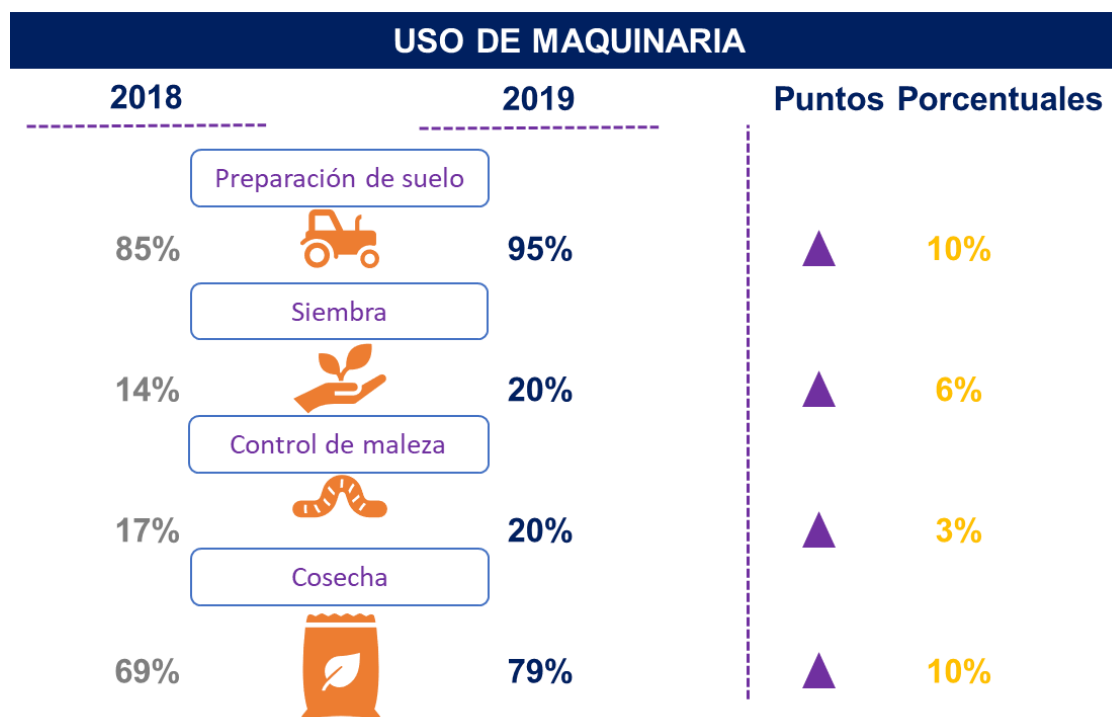
### 1 GENERALIDADES

#### 1.1 Planteamiento del problema

El arroz, es uno de los productos de mayor consumo en los hogares ecuatorianos, considerado principal en la canasta familiar básica y vital. Solo en las provincias de El Oro, Guayas, Manabí, Los Ríos y Loja se emplean 77,136 Ha de superficie para la producción este cereal (Magap, 2019b).

En el caso de la producción de arroz en cáscara. Este proceso se lleva a cabo en sectores rurales de las diferentes provincias de Ecuador, una las principales; Guayas. Con aproximadamente 50,000 Ha de superficies ocupadas para la actividad de siembra y cosecha (Magap, 2019b).

**Figura 1.1:** Uso de maquinaria para el cultivo de arroz.



**Fuente:** (Magap, 2019b).

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En el año 2019, el uso de la maquinaria agrícola para las diferentes etapas del cultivo de arroz ha incrementado respecto al año 2018; según como se observa en la figura 1. Lo cual va ligado al uso de combustibles fósiles como el Diesel y aceites lubricantes para el

funcionamiento de estos equipos. Como efecto de este conjunto de actividades se tendría la generación de Gases de Efecto Invernadero; causantes del cambio climático.

En la figura 2, se evidencia el uso de equipos a combustión para cumplir la actividad de cosecha y transporte del arroz en cáscara en una zona arrocera.

**Figura 1.2:** Uso de maquinaria para la cosecha y transporte de arroz en cáscara.



**Fuente:** Plan américa - Asociación de Productores de Arroz del Guayas.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

De tal forma, y en vista de que en la actualidad no existe una cuantificación de las emisiones y sus impactos ambientales en todas las etapas de la cadena productiva agroindustrial del arroz en el Ecuador, no es posible definir el desempeño ambiental; los controles necesarios para la mitigación de los impactos negativos para el ambiente y alternativas de aprovechamiento de los residuos generados tanto en la etapa agrícola como en la industrial.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Cuantificar el desempeño ambiental del arroz producido en la provincia del Guayas usando la metodología de análisis de ciclo de vida identificando alternativas de mejora.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar las entradas y salidas ambientalmente relevantes de la producción de arroz a lo largo de su ciclo de vida para la identificación de los impactos ambientales más relevantes.
- Cuantificar indicadores de impacto ambiental de ciclo de vida para las etapas del proceso productivo del arroz.
- Identificar los puntos críticos desde una perspectiva ambiental de la cadena de producción del arroz a través del análisis de contribución respectivo.
- Proponer oportunidades de mejoras para la mitigación de los impactos ambientales generados y las alternativas de aprovechamiento de su residuo

### **Justificación del estudio**

El cambio climático se considera como la mayor amenaza medioambiental a nivel mundial. Por tanto, la humanidad debe actuar de manera inmediata ante las actividades que provocan que este se agrave, tal es el caso de los procesos productivos agrícola e industriales.(Magrin & Rica, 2008).

El cultivo del arroz es uno de los procesos agrícolas que genera más contaminantes al medio ambiente (agua, suelo, aire) por el tipo de manejo que se realiza comúnmente en las zonas arroceras del mundo (Osipovich, 2005). Existen diferentes estudios científicos de evaluación de impacto ambiental en los principales países productores como China, Irán (Habibi et al., 2019), Japón(Hokazono & Hayashi, 2012), Italia (Blengini & Busto, 2009) y Colombia (Andrade et al., 2015) utilizando la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida para encontrar diferentes acciones en la reducción de los impactos ambientales tanto en la parte agrícola como industrial. Sin embargo, en Ecuador, un país arrocerero de Latinoamérica, no se han realizado estudios de análisis de ciclo de vida de este producto en toda su cadena productiva desde el cultivo del arroz, la industrialización y su almacenamiento como arroz pilado.

El cultivo de arroz se lleva a cabo en sectores rurales de varias provincias del Ecuador; hasta tres veces al año, incluso. En el año 2019, se sembraron 261.770 Ha a nivel nacional, lo cual representa el 1% de la superficie del País. Las principales provincias que disponen cultivos del cereal son: Guayas, Los Ríos, El Oro y Loja, en estas se destinan 259.309 Ha para la actividad de siembra. Guayas es una de las principales provincias que sitúa 176.381 Ha, representando el 71.81% de la producción nacional (INEC- ESPAC, 2019).

En términos generales, los gases que contribuyen al cambio climático son: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y los CFC<sub>s</sub> (Compuestos Cloro-Fluoro-carbonos). Considerando este grupo, el  $\text{CO}_2$  es aquel de mayor atribución en el cambio climático (Luis Osipovich Gamarra, 2005).

Por otro lado, respecto a las actividades agrícolas, las principales emisiones generadas son: óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El óxido nitroso generado de los suelos agrícolas y manejo de estiércol, y el metano parte de la fermentación entérica, cultivo de arroz y las malas prácticas agrícolas (Magrin & Rica, 2008).

Por todo lo expuesto, el presente proyecto de titulación tiene como justificación la necesidad de determinar el desempeño ambiental del cultivo del arroz en el Ecuador, en la actualidad. A fin de determinar las mejores prácticas productivas y de gestión medioambientales que aporten de manera positiva al cambio climático y contaminación ambiental, mejorando las condiciones laborales para los agricultores, incluso.

## CAPÍTULO 2

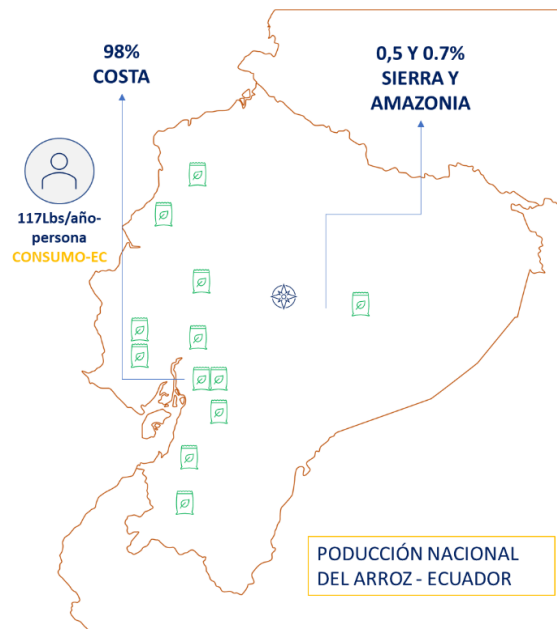
### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 El cultivo de arroz en el Ecuador

El arroz es uno de los alimentos de mayor consumo en el mundo, específicamente para el caso de Ecuador este producto es fundamental en la canasta básica familiar. Por lo tanto, es considerado como un producto de consumo de primera necesidad. La producción industrial del arroz en el país ha incrementado considerablemente en los últimos años para el mercado interno, cuya industrialización se concentra en un 70 % en la provincia del Guayas. Al ser un cultivo altamente comercial, es evidente que el productor agrícola en la mano con el sector industrial buscan obtener un mayor rendimiento del producto por consiguiente no estiman los impactos ambientales generados durante todo el proceso productivo del grano (etapas de cosecha y postcosecha) ((CFN), 2017)

En la figura 3, se puede observar la participación porcentual de la producción de arroz en la región costa, sierra y amazonia.

**Figura 2.3:** Producción nacional del arroz en Ecuador.



**Fuente:** (Quijije et al., 2019).

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.



Ecuador es un país considerado como productor y consumidor de arroz, con un consumo per cápita de aproximadamente 117 Lbs/ año. La región costa representa el 98.8% de la superficie sembrada del país y por otro lado, la sierra y parte de la amazonia solo siembra el 0,5 y 0,7% del total a nivel nacional, respectivamente (Quijije et al., 2019).

Desde el punto de vista económico y ambiental, según los datos obtenidos de la plataforma del Ministerio de Agricultura y Ganadería presentado para el año 2020, Ecuador posee un cupo 90,000 toneladas para exportar a Colombia y 5,000 toneladas a la Unión Europea. Sin embargo, entre los requisitos técnicos solicitado por la Unión Europea para la exportación del grano es añadir un valor agregado al producto, como es la producción orgánica con certificaciones internacionales, tal como Global GAP. Este alcance es muy importante para los agricultores, al generarse plazas de trabajo, y a su vez se iniciaría una producción libre de productos químicos, siendo beneficioso para el Medio Ambiente (MAGAP, 2020).

Según la Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, el arroz proporciona el 20% de la fuente de energía alimentaria a nivel mundial, Aportando al consumidor fuente de tiamina, riboflavina, hierro, fibra y niacina; suplementos esenciales para mantener una vida saludable (Claro et al., 2020).

## **2.2 Aspectos ambientales de la producción de arroz**

De acuerdo con la información recopilada para el presente estudio, el cultivo de arroz es una de las actividades agrícolas más importantes para muchas familias ecuatorianas. En ciertos casos, esta actividad es la única fuente de ingreso y sustento para las personas que se dedican a esta rama de la agricultura. Sin embargo, con el objetivo de mantener un cultivo rentable, libre de malezas y enfermedades, los productores utilizan productos químicos tales como; fertilizantes nitrogenados y pesticidas, ambos para cumplir un fin específico, fertilización y control de maleza, respectivamente.

### **2.2.1 Uso de fertilizantes**

El proceso de fertilización consiste en la aplicación de nutrientes al cultivo, entre los métodos de aplicación se encuentran;

Primer método: Aplicación directa en el suelo con la finalidad que la planta los absorba por medio de sus raíces el fertilizante; esta aplicación es conocida como edáfica.

Segundo método; la fertilización foliar, consiste en la dilución del fertilizante con agua para luego ser aplicada por medio de bomba adaptada con un motor de combustión interna, bombas manuales o drones. Este proceso permite que el follaje de la planta absorba los elementos aplicados. Sin embargo, la planta no siempre absorbe el cien por ciento del fertilizante, generándose problemas posterior tales como ; al solubilizarse el fertilizante en aguas lluvias o de riego son arrastradas a largas distancias del punto de aplicación, en otro caso las moléculas pueden ser absorbidas por el suelo y contaminar las aguas subterráneas ,o la mezcla puede soportar transformaciones químicas o

biológicas y como resultado se obtienen gases nitrogenados (NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, y N<sub>2</sub>O) (Espa et al., 2006).

Según los datos estadísticos del INIAP-2019, para el correcto desempeño del cultivo de arroz es muy importante la presencia primordial del nitrógeno, fósforo y potasio (Magap, 2019b).

El nitrógeno es uno de los nutrientes necesarios para la etapa de crecimiento de la planta, siendo parte fundamental de la estructura molecular de las proteínas. La aplicación deberá ser acorde al requerimiento según las condiciones climáticas y del suelo (Rodríguez, 1999). La Urea es uno de los fertilizantes comúnmente utilizados en esta parte, debido a su alto contenido de nitrógeno. Sin embargo, este al ser aplicado al suelo, se descompone emitiendo NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, y N<sub>2</sub>O, sobre todo CO<sub>2</sub>. Este último, considerado como uno de los gases de efecto invernadero más contaminante (Espa et al., 2006).

Por otro lado, el fósforo es el elemento que permite el crecimiento, floración y desarrollo del grano. Tal es el caso que la presencia de este nutriente es muy importante para la absorción del nitrógeno y potasio (Rodríguez, 1999).

Finalmente, la función principal del potasio en el cultivo del arroz es la regulación hídrica, así como también la protección contra plagas y enfermedades como la piricularia (Rodríguez, 1999).

En términos generales, todas las plantas absorben nutrientes del aire y de la tierra, cuando dichos nutrientes están disponibles en el suelo, es muy probable que el rendimiento sea favorable para el agricultor. Sin embargo, si el suelo carece de nutrientes, el resultado final será lo contrario (Mundial, 1993).

El proceso de fertilización ~~es~~ utilizando productos químicos se establece cuando el suelo carece de nutrientes para el cultivo, para lo cual es muy importante realizar un análisis fisicoquímico del suelo con el objetivo de determinar las cantidades y tipo de nutrientes que el cultivo necesitará, así como también se estiman las condiciones climáticas y variedad de arroz seleccionado. La fertilización se la ejecuta en tres etapas: Inicial; desarrollo y final (Cercado, 2016).

Los tipos de fertilizantes se dividen en químicos y orgánicos, de tal forma estos son incorporados al proceso agrícola según el objetivo del agricultor; o sea, de ser un producto orgánico no utilizaría productos químicos, sino productos alternativos debido a las normas y requisitos técnicos exigidos por el cliente. Sin embargo, cuando no es un producto orgánico, puede hacer uso de ambos (Mundial, 1993).

Es muy importante que la aplicación de los fertilizantes se realice de manera equilibrada y responsable, que no exista un déficit ni tampoco un excedente de nutrientes (Mundial, 1993).

A partir del informe de rendimiento objetivos de arroz en cascara realizado por el MAGAP en cuatro provincias del Ecuador; establece las cantidades necesaria de nutrientes que requiere un cultivo de arroz. En la tabla 1; se presentan dichas cantidades de nitrógeno , fosforo y potasio , expresadas en Kg/Ha (Magap, 2019a).

**Tabla 1:** Dosis de nitrógeno, fosforo y potasio en relación al nivel de nutriente del suelo

Requerimientos técnicos (Kg/ha)			
NIVELES DE NUTRIENTE DEL SUELO	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO
Bajo	140	60	60
Medio	100	30	30
Alto	60	0	0

**Fuente:** (Magap, 2019b)

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

### 2.2.2 Uso de herbicidas

Los pesticidas son sustancias químicas o ingredientes activos destinados a combatir contra los agentes adversos en el proceso productivo de vegetales y similares (Bartual & Berenguer, 1983).

En el proceso productivo agrícola del arroz, existen etapas que son necesaria la aplicación de uno o más productos químicos para el control de maleza; favoreciendo al cultivo y en pocas veces la rentabilidad del agricultor. Sin embargo, estos no son amigables con el Medio Ambiente, según su composición, método y concentración de aplicación.

De acuerdo con la información recabada en el presente estudio, las etapas para un correcto control de maleza se deben dar de la siguiente manera:

- Tratamiento de pre – siembra, consiste en la aplicación del herbicida posterior a la adecuación del terreno, antes del proceso de siembra.
- Tratamiento Pre emergente o preventivo, consiste en la aplicación del herbicida posterior a la siembra, antes de que se visualicen las malezas y empieza el crecimiento de la planta de arroz.
- Tratamiento post emergente, es aquella etapa donde la aplicación se realiza una vez que aparecen las malezas y la planta de arroz.

### 2.2.3 Emisiones generadas por el cultivo de arroz

El efecto invernadero, es uno de los procesos naturales más complejos a nivel mundial desde la perspectiva medioambiental. Los rayos solares que logran atravesar la atmósfera calientan la superficie de la tierra y posteriormente emiten ondas tipo radiación térmica, las cuales son atrapadas por los GEI's; Gases de efecto Invernadero. Este proceso ha permitido el desarrollo de la vida en el planeta. Sin embargo, a partir de la revolución industrial, los GEI's han ido aumentando, permitiendo que estas ondas térmicas queden atrapadas en la atmósfera, por lo que la temperatura global en la tierra va en aumento (Luis Osipovich Gamarra, 2005).

El cultivo de arroz es uno de los procesos agrícolas con mayor importancia a escala mundial, debido al aporte alimenticio, económico y generador de gases de efecto invernadero, sobre todo; metano (Andrade et al., 2015).

El metano ( $\text{CH}_4$ ); dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), son los gases de efecto invernadero de mayor perduración en la atmósfera, podrían estar presente durante años, décadas y siglos, incluso (Trabajo et al., 2018).

En la figura 4, se determinan las actividades de mayor contribución de  $\text{CO}_2\text{eq.}$ , generadas durante el periodo 2001 hasta el 2010.

**Figura 2.4:** Actividad con mayor generación de Emisores de  $\text{CO}_2\text{eq.}$



**Fuente:**(FAO, 2014)

Durante el cultivo de arroz, existe el proceso de descomposición anaerobia de la materia orgánica, generando gas metano (gas de efecto invernadero) con el tiempo (FAO-IPCC Manual Estimación GEI, 2014). Sin embargo, no siempre suele darse la descomposición al 100%, en este caso quedan colchones de materia orgánica que dificultan un nuevo ciclo productivo, y los agricultores por ahorro de tiempo realizan la quema de los residuos, por consiguiente se producen emisiones de  $\text{CH}_4$ ;  $\text{N}_2\text{O}$ ;  $\text{NO}_x$  y  $\text{CO}$  que son emitidas a atmosfera (Luis Osipovich Gamarra, 2005).

### 2.3 Análisis de ciclo de vida

El Análisis de Ciclo de vida (ACV) es una herramienta muy útil para evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo desde la extracción de sus materias primas, producción, distribución y uso final, permitiendo analizar y evaluar los efectos y cargas ambientales causadas por el proceso (H. Scott Matthews, Chris T. Hendrickson, 2012).

El ACV consta de 4 etapas dependiendo del alcance del proyecto que se detallan a continuación.

**DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE.** - En esta etapa se define que se pretende y por qué se debe hacer el estudio y para quien va dirigido. El alcance del mismo debe ser descrito sin ambigüedades. En el caso particular si se realizara la comparación entre dos productos, sería adecuado enfocarlo en un solo producto o en una etapa específica.

En esta etapa sobresale la definición de la unidad funcional, esta nos permitirá evaluar los resultados en base a esta unidad. Ejemplo: 1TON de arroz.

**ANÁLISIS DE INVENTARIO.** - En esta etapa se lleva a cabo la preparación y recolección de la información relevante medioambiental necesaria en el ACV, así como también la asignación de cargas.

La información que se necesita para el desarrollo del ACV de un producto se obtiene a partir de las entradas y salidas de la cadena productiva, lo cual dependerá del alcance del estudio. A continuación, se menciona diferentes canales:

- Datos de proceso interno de la empresa
- Memorias técnicas de proceso
- Entrevistas a proveedores de acuerdo con los insumos y servicios utilizados
- Estudios científicos relacionados al tema de investigación
- Visitas de campo
- Fuentes bibliográficas

En lo que concierne a la asignación de cargas ambientales, se encuentra asociado a un vector donde se involucra todos los tipos de contaminantes emitidos en una etapa o actividad del proceso dentro del estudio.

**EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.** – La etapa inicia una vez realizado el análisis de inventario del proceso productivo en las etapas de cosecha y post cosecha de arroz asociando los datos obtenidos con la evaluación de impactos ambientales de manera cuantitativa, es decir, se valorizan todos los recursos consumidos, emisiones generadas y los impactos. De esta manera se analiza como interactúa el producto o servicio con el medioambiente (FAO-IPCC Manual Estimación GEI, 2014).

Dentro de esta etapa existe la categoría de impacto, en donde se define al momento de ejecución del proyecto, podría ser calentamiento global, eutrofización entre otras. Para luego poder definir un índice medioambiental.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.** - Considerada como la etapa final, se imparten las conclusiones sobre el impacto causado por el producto o servicio en estudio.

Es muy importante definir las etapas con mayor impacto y las categorías de impacto más relevantes. Por tanto, se realizan una combinación del análisis de inventario con la evaluación de impacto.

#### **2.4 Análisis de ciclo de vida del arroz**

Dentro de toda la cadena productiva del arroz, la parte agrícola es la que más ha sido estudiada a través de la herramienta del Análisis de ciclo de vida en los grandes países productores a nivel global como China (He et al., 2018), Japón (Hokazono & Hayashi, 2012), Irán (Habibi et al., 2019) e Italia (Blengini & Busto, 2009). En cambio, en América del Sur se han realizado estudios en Colombia (Andrade et al., 2015) y Perú (Quispe et al., 2019) evaluando los impactos ambientales generados tanto de la parte agrícola como industrial proponiendo actividades para reducir o eliminar los impactos ambientales más significativos. En la tabla 2 se detalla los estudios realizados más relevantes.

La mayoría de los estudios coinciden (Hokazono & Hayashi, 2012) en que el cultivo del arroz produce una mayor contribución de impactos ambientales por el uso de productos químicos. Por consiguiente se ha procedido a investigar los diferentes procesos que permita un mejor manejo del cultivo desde la siembra, fertilización, control de malezas y plagas, riego, incluso. Así como el uso de los residuos generados en la cosecha de una manera más eficiente como materia prima de otros procesos (Shie et al., 2011).

Algo relevante de mencionar, son los resultados de los estudios enfocados al aprovechamiento de los residuos en la etapas de cosecha se utiliza la paja de arroz como fuente principal producción de energía eléctrica (*Energy Procedia Rice Husk in Malaysia*, 2012) (Suramaythangkoor & Ñ, 2008). En la etapa de post cosecha directamente para el proceso industrial, el residuo más importante generado es la cascarilla de arroz, que ha sido estudiada para su uso en producción de energía ( hornos de biomasa ) (Quispe et al., 2019).

**Tabla 2:** Comparación de casos de estudios relacionados con el cultivo del arroz

Referencia	Sistema	Descripción y límites técnicos	Unidad Funcional	Categorías de impacto
(Andrade et al., 2015)	Producción de arroz desde el establecimiento hasta la cosecha	Análisis de huella de carbono. Los límites del sistema incluyen desde el establecimiento hasta la cosecha y su generación de GEI en el municipio de Huila, Colombia.	1 Ha de arroz cosechado o por ciclo	Cambio climático
(He et al., 2018)	Producción de arroz orgánico	Comparación de los análisis de ciclo de vida ambiental del cultivo de arroz convencional versus el cultivo del arroz orgánico en China.	1 tonelada métrica de arroz cascara seco.	Agotamiento de energía no renovable, Agotamiento del agua, Ocupación de la tierra, Potencial de calentamiento global, Potencial de acidificación, Potencial de eutrotificación, Potencial de toxicidad acuática, Potencial de toxicidad humana y Potencial de toxicidad del suelo
(Habibi et al., 2019)	Producción de arroz convencional a diferentes niveles y métodos de cultivo.	Comparativo de análisis de ciclo de vida. Los límites del sistema incluyen diferentes tamaños de cultivos en Irán.	1 tonelada del arroz cascara cultivado.	Cambio climático, Acidificación terrestre, Eutrotificación de agua, Eutrotificación marina, Ocupación de la tierra, Ocupación de la tierra social, Agotamiento del agua, metal Agotamiento de metal, Agotamiento de fósiles.
(Blengini & Busto, 2009)	Cadena de producción alternativa agroindustrial del arroz.	Análisis de ciclo de vida. El límite del sistema incluye desde la producción agrícola del arroz cascara hasta el	1 kg de arroz pulido	Requerimiento de energía en bruto, Requerimiento de energía no renovable.

		procesamiento industrial del arroz pulido en Vercelli, Italia.	despachado.	
(Suramaythan gkooor & Ā, 2008)	Producción de energía eléctrica con paja de arroz	Análisis de ciclo de vida de la electricidad. Los límites del sistema incluyen desde la generación de la paja de arroz de la cosecha de arroz cascara hasta la generación de energía eléctrica para Tailandia.	1 MWh de electricidad generada	Cambio climático (Gases de efecto invernadero)
( <i>Energy Procedia Rice Husk in Malaysia</i> , 2012)	Producción de energía eléctrica con cascarilla de arroz	Análisis de ciclo de vida de la electricidad. Los límites del sistema incluyen desde la generación de la cascarilla de arroz en el pilado hasta la generación de energía eléctrica en Malaysia.	1.5 MWh de electricidad generada	Gases de efecto invernadero, Eutrotificación, Acidificación y Ecotoxicidad.
(Shie et al., 2011)	Producción de bio-combustible con paja de arroz a través de tecnologías de gasificación.	Análisis de ciclo de vida de la electricidad. Los límites del sistema incluyen desde la recolección de la paja de arroz hasta la distribución del bio combustible en Taiwán.	1 MJ de bioenergía	Cambio climático.
(Taylor et al., n.d.)	Producción de energía con arroz cáscara (extracción de materia prima, transporte, producción de agroquímicos, cultivo en el campo)	Análisis de ciclo de vida. El límite del sistema incluye 3 subsistemas desde la extracción de la materia prima hasta el tratamiento de la tierra para el cultivo del arroz en Taihu región, China.	1 tonelada de arroz cáscara	Eutrotificación acuática, Agotamiento del agua, Calentamiento global, Acidificación, Agotamiento de energía,



(Kunimitsu & Ueda, 2013)	Producción de bioetanol con paja de arroz	Evaluación económica y medioambiental de la producción de bioetanol con la paja de arroz. El límite del sistema incluye la fase de construcción, producción en Vietnam.	1 litro de bioetanol	Emisión de gases de efecto invernadero
(Hokazono & Hayashi, 2012)	Producción de cultivos de arroz	Comparativo de análisis de ciclo de vida. Los límites del sistema incluyen 3 sistemas de producción de arroz convencional, orgánico y amigable con el ambiente de la cuna a la puerta la hacienda en Japón.	1 kg de arroz integral descascarado.	Calentamiento global, Acidificación, Eutrotificación y Energía no renovable.
(Quispe et al., 2019)	Producción de energía a través de la cascarilla de arroz	Comparación de análisis de ciclo de vida. Los límites del sistema incluyen desde la extracción y procesamiento de la materia prima para la producción de energía para la cascarilla de arroz y para el carbón en Perú	1MJ de energía de la cascarilla de arroz	Calentamiento global, Acidificación, Eutrotificación, Agotamiento del agua.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

## CAPÍTULO 3

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Alcance

##### 3.1.1 Descripción de sistema estudiado

En el presente proyecto de estudio se definieron dos unidades funcionales para los dos subsistemas establecidos:

- Cultivo de arroz: 1 Ton de arroz en cáscara cosechado.
- Proceso Agroindustrial: 1 Ton de arroz pilado empacado en sacos de 45.36 Kg.

##### 3.1.1.1 Descripción de los productores de arroz

El estudio inicia con la etapa de entrevista a 4 productores de arroz localizados en las zonas circundantes de la planta procesadora de arroz en cáscara. Se hace necesario indicar que el estudio se realizó en los cantones; Salitre, Daule, Naranjal, Alfredo Baquerizo Moreno, perteneciente a la provincia del Guayas. En la figura 5 se presenta imágenes de la entrevista realizada a los productores que participaron en la misma.

**Figura 3.5:** Entrevista a productores Provincia Guayas.



**Fuente:** Tomada por los autores

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

La entrevista es un instrumento de medición que permitirá la recopilación de los datos relacionados al proceso de cultivo del arroz en todas sus etapas de producción desde la siembra hasta la cosecha (**Ver Anexo A**). Permite dicha información realizar el análisis comparativo en cada etapa del ciclo de vida.

En la tabla 3 se presenta información relevante a la ubicación, tamaño de cultivo y rendimiento por cosecha, de las muestras seleccionadas:

**Tabla 3:** Datos generales de los productores de arroz

NOMBRE PRODUCTOR	UBICACIÓN	TAMAÑO DE CULTIVO (HA)	RENDIMIENTO POR COSECHA (TON/HA-COSECHA)
Yolly Bell	Vía Alfredo Baquerizo Moreno (Juján)	4 Ha	4.5 Ton
Víctor Román	Vía Salitre. Dos Lomas	48 Ha	3.9 Ton
Jaime Moreira	Plan América - Daule	50 Ha	5.8 Ton (Verano) 3.4 Ton (Invierno)
Bellavigna	Zona de Taura. Vía a Naranjal	50 Ha	5.4 Ton (Verano) 4.5 Ton (Invierno)

**Fuente:** Entrevistas a productores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En base a las entrevistas realizadas se estableció un proceso en común de las etapas para el manejo del cultivo del arroz que se detalla a continuación:

**Preparación de suelo:** En esta etapa, se realiza las actividades de arado y romplow para abrir la tierra y removerla luego que ha terminado la cosecha anterior. Además, se realiza la nivelación y limpieza de los residuos de la quema de la paja de arroz. Para estas actividades se utiliza un tractor con partes adaptadas, permitiendo culminar eficazmente cada etapa del proceso (Figura 6). Adicionalmente se realiza aplicaciones de herbicidas e insecticidas para eliminar las malezas que quedaron e insectos que pudieran haber quedado de la cosecha anterior.

**Figura 3.6:** Maquinaria usada para la preparación del suelo.



**Fuente:** Preparación del terreno para cultivo  
**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Fertilización del suelo:** En esta etapa se añade los nutrientes necesarios al suelo previo a la siembra en base a las características de la tierra de la zona. Siendo importante realizar previamente un análisis de la composición del suelo con la finalidad que un técnico recomiende la dosificación de los fertilizantes a aplicar.

Durante la visita se pudo constatar que los 4 productores, utilizan guías técnicas o se basan simplemente en las recomendaciones de la casa comercial donde compran sus productos, también juega un valor importante la experiencia en el campo. Los fertilizantes utilizados son aplicados directamente al suelo sin dilución con agua para que la tierra pueda absorber todos los nutrientes necesarios y la planta pueda desarrollarse de manera adecuada.

**Siembra:** Se ha identificado que se utiliza dos métodos de siembra. Dos de los productores realizan siembra por voleo, que consiste en lanzar las semillas pregerminadas de manera manual en todo el cultivo. Por otro lado, los otros 2 productores realizan siembra por trasplante de semillas que han sido desarrolladas previamente en un semillero. En la figura 7 se puede apreciar un semillero y los métodos de siembra. Es importante indicar que las semillas son curadas utilizando producto químico para evitar que les caiga algún tipo de plaga al sembrarse afectando posteriormente el rendimiento del cultivo.

**Figura 3.7:** Semilleros, Trasplante y Voleo.



**Fuente:** Visita a los cultivos de arroz

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

El cultivo del arroz se realiza 2 siembras en el año, en la estación de invierno durante el mes de enero y en la estación de verano entre los meses de junio a julio (Ecuaquímica, 2009).

Continuando en este mismo sentido, existen variedades de semillas, siendo las más utilizadas por los productores; F011 y F09. Entre las características principales están:

- F011: Grano largo y delgado, buen rendimiento en cosecha, buen rendimiento en el pilado. En la cocción, se obtiene un grano suelto y seco.

- F09: Grano pequeño y ancho, rendimiento promedio en la cosecha y costos de producción bajo, rendimiento promedio en el pilado y presencia de grano partido. en la cocción, se obtiene un grano esponjoso.

**Fertilización 2:** En esta etapa se realiza la fertilización al cultivo en diferentes etapas a partir del crecimiento de la planta. Se parte de la preparación del producto químico con agua para realizar la aplicación del fertilizante en el cultivo. Se identificó que los productores usan agua de río para la preparación de la mezcla.

Es importante señalar que cada productor entrevistado utiliza diferentes fertilizantes de casas comerciales, pero en su composición coinciden algunos en los nutrientes básicos para el cultivo como el nitrógeno, fósforo y potasio.

**Control de maleza:** En esta etapa, el productor aplica herbicidas para evitar el crecimiento de la maleza dañando el cultivo en sus diferentes etapas de crecimiento. En la figura 8 se observa la aplicación de los productos agroquímicos utilizando una bomba tipo mochila.

**Figura 3.8:** Aplicación de herbicidas.



**Fuente:** Visita a los cultivos.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Labores Fitosanitarias:** En esta etapa, se aplican insecticidas específicos para el cultivo del arroz, así como fungicidas para controlar las enfermedades que pudieran atacar al cultivo en su desarrollo. Para la aplicación de los pesticidas en general algunos productores usan reguladores de pH del agua para que el producto pueda actuar de manera más efectiva luego de su aplicación. Durante la visita de campo a los cultivos (figura 9), se observó que no hay un manejo adecuado de los envases vacíos de los productos agroquímicos y en algunos casos son quemados. De los agricultores encuestados, solo uno de ellos entrega los envases vacíos al proveedor para su gestión de eliminación como desecho peligroso.

**Figura 3.9:** Envases vacíos descartados en el campo



**Fuente:** Visita a los cultivos.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Riego:** Los 4 productores entrevistados utilizan el sistema de riego en niveles o láminas desde el día 20 aproximadamente y a intervalo. El cultivo permanece inundado hasta el desfogue de agua, específicamente 15 días antes de la cosecha. En el cantón Daule, existe una asociación denominada “Junta de riego” que bombea agua del río Daule a los productores que estén afiliados, los mismos que deben pagar por el servicio mensualmente (figura 10). Es necesario indicar que el centro de bombeo utiliza energía eléctrica de la red para su funcionamiento. El bombeo es regulado según lo indicado por el Municipio de Daule y dependiendo de la época de siembra (invierno o verano). Para el estudio se consideró este sistema de riego.

**Figura 3.10:** Sistema de bombeo de agua de la Junta de Riego-Daule



**Fuente:** Visita a Junta de Riego en Daule.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

Cosecha: Una vez que la planta de arroz se haya desarrollado con una humedad adecuada (aproximadamente 23 a 24 %), los productores proceden a la cosecha del arroz en cáscara. Para esta actividad utilizan maquinaria combinada completa. De los 4 productores, 3 alquilan el servicio de cosecha y solo uno cuenta con sus cosechadoras propias. En la figura 11 se aprecia la maquinaria usada y el grano de arroz en cáscara que se obtiene al final de la siembra. De esta actividad se generan residuos orgánicos como la paja de arroz y semillas que no germinaron, las cuales en ciertos casos las



reciclan y las vuelven a utilizar ahorrando costos de producción y tiempo, pero la calidad de la semilla va disminuyendo. Cada zona tiene su rendimiento de cosecha que dependerá de muchos factores como calidad del suelo, uso de fertilizantes, variedad de semilla, tipo de riego o manejo fitosanitario.

**Figura 3.11:** Etapa de cosecha



**Fuente:** Visita a cultivos.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

La paja de arroz es un subproducto representativo de la cosecha del arroz en el campo cuya producción es aproximadamente de 0.7 a 1.4 kg por cada kg de arroz cosechado (Rice & Bank, 2020).

Los productores entrevistados, queman este subproducto para optimizar el tiempo de preparación del suelo para la próxima siembra por falta de infraestructura y maquinaria sin conocimiento que esta actividad genera emisiones contaminantes al medio ambiente. (Rice & Bank, 2020).

Es importante mencionar que en la zona de Daule existe un proyecto con una empresa privada de Quito para la recolección de la paja de los cultivos de arroz para la producción de paredes de este material aportando de esta manera a la arquitectura sostenible.

### 3.1.1.2 Descripción de proceso agroindustrial

Para analizar la agroindustria del arroz pilado, se seleccionó una de las planta procesadora de arroz aledañas a las zonas arroceras localizadas en la provincia del Guayas, con una capacidad de procesamiento de 1300 Ton al mes. Durante la visita se procedió al levantamiento de información del proceso de producción del arroz pilado desde la recepción hasta el almacenamiento del producto terminado.

Se analizaron dos tipos de arroz que producen en la planta industrial como es el arroz pilado blanco y el arroz pilado envejecido.

A continuación se presenta las etapas del procesamiento de arroz-pilado:

**Recepción:** El arroz en cáscara húmedo (aproximadamente 24 % de humedad y un 5 % de impurezas) llega a la planta en los camiones de los proveedores seleccionados. Posteriormente el producto es pesado en la báscula como se muestra en la figura 12, para luego ser muestreado para verificar si cumple los parámetros de calidad para continuar el proceso.

**Figura 3.12:** Recepción y pesado de arroz en cáscara.



**Fuente:** Planta procesadora de arroz.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Limpieza:** Una vez recibido el arroz húmedo, se descarga y por medio de elevadores es llevado a la zaranda de limpieza para retener todas las impurezas que vienen del campo como paja de arroz, palos, polvo, granos semilleno, etc. La materia prima queda con 1 % de impurezas para ser almacenados en los silos de proceso para continuar la siguiente etapa. Las impurezas son llevadas al relleno sanitario municipal de Daule.

**Pre-secado y secado:** El arroz pasa a las secadoras verticales para realizar en 2 etapas el secado con el fin que el grano no se estrese y afecte su calidad. En el pre-secado se reduce la humedad del 24 al 17 %. En el siguiente secado se termina de reducir la humedad hasta llegar al 10.8 %, que es la humedad óptima para ser almacenado en los silos hasta que sea pilado. La temperatura promedio de secado es de 50° C, siendo controlada con termocuplas internas por el operador. Las secadoras verticales utilizan como combustible el tamo (cascarilla de arroz) que se genera de la etapa de pilado. Solo se utiliza una cantidad mínima de diésel para comenzar la combustión y GLP para elevar la temperatura según como esté la humedad relativa del ambiente. La ceniza que se genera en los hornos de combustión es llevada hasta el relleno sanitario municipal del cantón Daule. Cabe mencionar que la empresa cambio su sistema de secado con tamo obteniendo un ahorro considerable en consumo de diésel y en el rendimiento del secado. Según estudio realizado las secadoras que utilizan biomasa de combustible son más eficiente y reducen los costos de producción del proceso de secado (Delgado-plaza et al., 2020), debido a esto, en la actualidad las plantas que procesan arroz en cascara se han cambiado a este sistema , reduciendo sus costos de producción y reduciendo las emisiones al medio ambiente por el uso de combustibles fósiles.

**Almacenamiento:** El arroz en cáscara seco y limpio es almacenado en los silos o túneles hasta esperar la decisión de procesarlo como arroz blanco o arroz envejecido.

**Arroz blanco:** Para el caso del arroz blanco, la materia prima es transportada con montacarga de los silos o túneles a la piladora.

**Arroz envejecido:** Para el caso del arroz envejecido, la materia prima es transportada con montacarga al proceso especial para producir el arroz envejecido con vapor generado de un caldero.

**Pilado:** El proceso de pilado consiste en varias subetapas de donde se genera la mayor cantidad de subproductos del proceso del arroz pilado. Dentro de las subetapas están limpieza, descascarado, clasificación, pulido, clasificación por color y clasificación por tamaño. En la tabla 4 se detalla los subproductos que se generan en cada etapa:

**Tabla 4:** Descripción de subproductos generados en el pilado del arroz

SUBETAPA	SUBPRODUCTO	DESTINO
Limpieza	Impurezas	Relleno sanitario municipal Daule
Descascarado	Tamo (cascarilla de arroz)	Combustible para Secadoras (80%) y Caldero (20%)
Pulido	Polvillo de cono	Venta para balanceado
Clasificación por tamaño	Arrocillo	Venta a productores
Clasificación por color	Rechazo	Venta a productores

**Fuente:** Información de la empresa.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021

**Envasado:** El arroz pilado blanco o envejecido es envasado en presentación de 100 lbs (45,45 kg) en sacos de polipropileno. Los sacos que se dañan durante el proceso son desalojados al relleno sanitario municipal.

**Almacenamiento:** El arroz envasado como producto final es transportado con montacarga a la bodega de producto terminado para ser almacenado sobre pallets hasta su despacho al cliente final.

**Proceso especial (Envejecido):** Para producir el arroz envejecido, el arroz en cáscara es enviado al área respectiva para su transformación donde se inyecta vapor de agua para acelerar el envejecimiento interno del grano ganando nuevamente humedad del 10.8 al 17 %.

**Secado 2:** El arroz una vez envejecido es transportado por elevadores a la secadora vertical para recibir un nuevo secado para que el producto regrese a la humedad de 10.8 %. Una vez que alcance la humedad deseada, se envía a almacenar, y en espera del turno de pilarse.

**Producción de vapor:** Para producir el vapor para el proceso de envejecido, la empresa cuenta con un caldero de biomasa que utiliza el tamo (cascarilla de arroz) como combustible y una cantidad pequeña de diésel solo para iniciar la combustión en los hornos del caldero (figura 5). Se utiliza agua potable que es ablandada para el caldero. Las cenizas que se generan en el proceso de combustión del tamo son recolectadas en carretillas para ser desalojadas al relleno sanitario municipal del sector. El caldero cuenta con un sistema de almacenamiento de tamo para una alimentación continua y un sistema de ciclones para el filtrado de las cenizas que se van al medio ambiente y el resto es recolectado.

**Figura 3.13:** Caldero de cascarilla de arroz



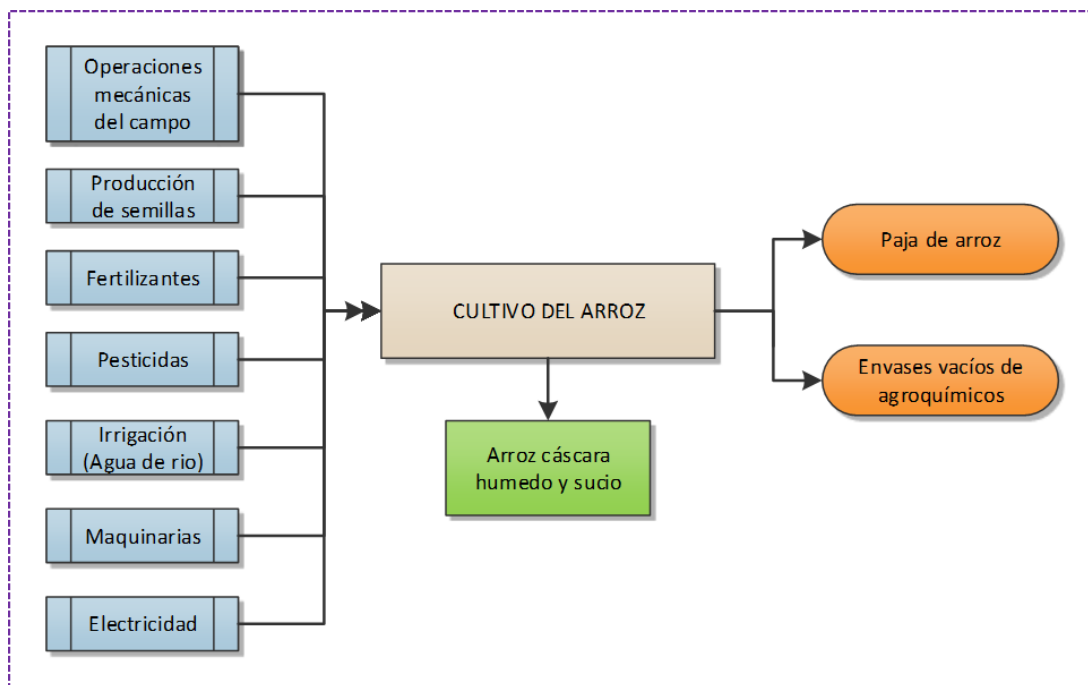
**Fuente:** Planta procesadora de arroz.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

### **3.1.2 Límites del sistema**

#### **3.1.2.1 Límites del sistema con respecto al sistema natural**

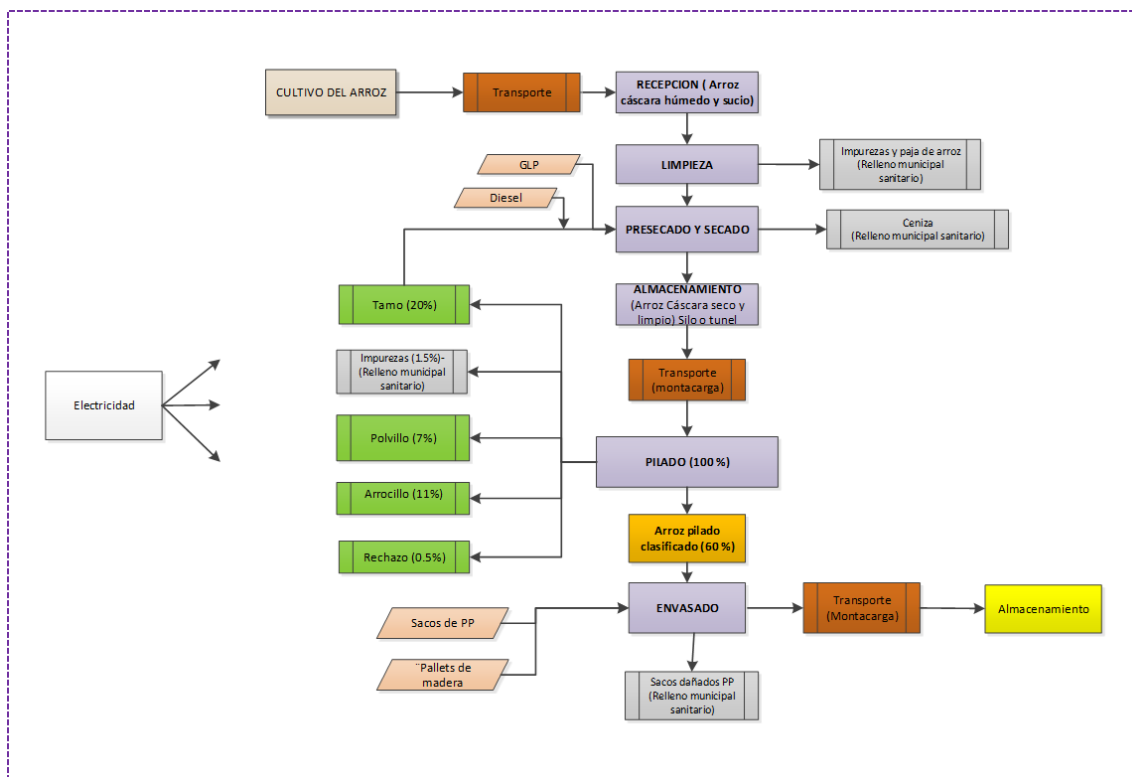
Para el estudio del Análisis de ciclo de vida del producto se ha considerado el esquema de la cuna a la puerta respecto al sistema natural a dos niveles en toda la cadena de producción para el arroz pilado blanco y envejecido. El primer nivel es para el cultivo del arroz como se muestra en la figura 13 y el segundo nivel para el proceso industrial para producir arroz pilado blanco y envejecido como se muestra en la figura 14 y 15.

**Figura 3.14:** Diagrama de flujo del cultivo del arroz

**Fuente:** Autores

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

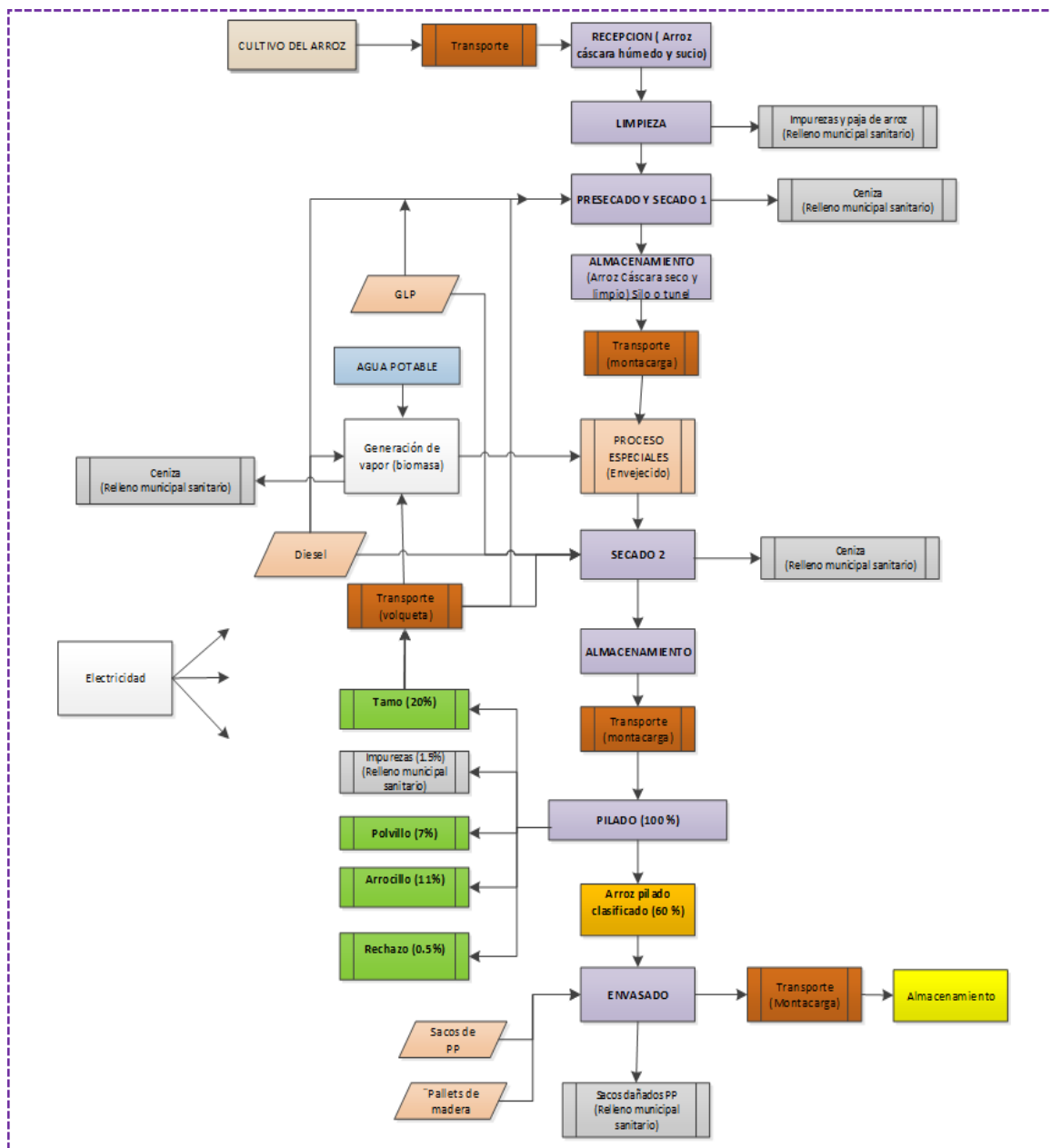
**Figura 3.15:** Diagrama de flujo de la cadena de producción del arroz pilado blanco



**Fuente:** Autores

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Figura 3.16:** Diagrama de flujo de la cadena de producción del arroz pilado envejecido.



**Fuente:** Autores

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.



### 3.1.2.2 Límites geográficos

Respecto a los límites geográficos, el presente estudio se lo realizó en la zona arrocera de Daule de la provincia del Guayas. Los productores entrevistados eran proveedores de la provincia del Guayas y la planta industrial está ubicada en el Km 29 Vía a Daule como se muestra en la figura 16.

**Figura 3.17:** Ubicación de planta procesadora de arroz pilado.



**Fuente:** Planta procesadora de arroz.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

### 3.1.2.3 Límites temporales

Para el análisis de datos del proceso industrial se toma el periodo del año 2019 proporcionado por la empresa colaboradora. Respecto a los datos del cultivo de arroz fueron tomados de la entrevista realizada a los 4 productores en tiempo real.

## 3.2 Paquete informático

El OpenLCA, parte del año 2006 es un software gratuito para el desarrollo de análisis de ciclo de vida y acceso a bases de datos. Este paquete informático provee de una interfase en la que se puede ingresar los datos entradas y salidas de hojas de proceso en una forma tabular. La construcción del análisis de inventario completo se hace a través de la unión de procesos unitarios por medio de flujos de producto y residuos. El paquete informático realiza los cálculos de flujos naturales para todo el sistema y permite

enlazarlos con factores de caracterización de diferentes métodos para obtener resultados de indicadores de evaluación de impacto (Acero et al., 2016)

### 3.3 Análisis de inventario del ciclo de vida del arroz

#### 3.3.1 Procedimiento de colección de datos primarios y métodos de cálculo

##### Colección de datos primarios

La colección de datos primarios se realizó a nivel del cultivo del arroz y a nivel del proceso industrial.

##### Cultivo de arroz

Por medio de entrevistas realizadas a 4 productores de las zonas arroceras de la provincia del Guayas permitió el levantamiento de información de los datos necesarios para cada etapa del proceso del cultivo de arroz como; insumos, recursos, maquinarias usadas, fertilizantes, pesticidas, manejo de residuos. En la tabla 5 se detalla la fuente de datos primarios que se recolectó.

**Tabla 5:** Fuente de datos primarios para el cultivo de arroz

SUBSISTEMA	UNIDAD	FUENTE DE DATOS PRIMARIA
Fertilizantes	Kg/Ha-cosecha	Entrevista a los productores y fichas técnicas de los productos
Pesticidas	Kg/Ha-cosecha	Entrevista a los productores y fichas técnicas de los productos
Operaciones mecanizadas del cultivo		
Arado	Unidad	Entrevista a los productores y empresas de alquiler de maquinaria
Romplow	Unidad	Entrevista a los productores y empresas de alquiler de maquinaria
Cosecha	Unidad	Entrevista a los productores y empresas de alquiler de maquinaria
Producción de semillas y siembra	Kg/Ha-cosecha	Entrevista a los productores y revisión de literatura
Uso de agua		

Preparación de productos químicos	m <sup>3</sup> /Ha-cosecha	Entrevista a los productores y fichas técnicas de los productos
Riego (agua de río)	m <sup>3</sup> /Ha-cosecha	Entrevista a operador de Junta de Riego de Daule y revisión de literatura (Sara, 2017).
Electricidad para bombeo de agua	KW-h/Ha-cosecha	Entrevista a operador de Junta de Riego de Daule
Transporte		
Productos químicos al campo	Km	Entrevista a los productores
Semillas al campo	Km	Entrevista a los productores
Residuos		
Paja de arroz	Ton/Ha-cosecha	Revisión literaria (Rice & Bank, 2020).
Envases vacíos de agroquímicos	gr/Ha-cosecha	Entrevista a los productores y fichas técnicas de los productos
Arroz en cascara cosechado húmedo y sucio	Ton/Ha-cosecha	Entrevista a los productores

**Fuente:** Entrevista a productores de arroz

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

### Proceso industrial para arroz pilado blanco y envejecido

Para la recolección de datos primarios de la producción de arroz pilado, la empresa colaboradora, facilitó los diferentes registros de los procesos, cuya fuente se detalla en la tabla 6.

**Tabla 6:** Fuente de datos primarios para el proceso industrial del arroz pilado blanco y envejecido.

SUBSISTEMA	UNIDAD	FUENTE DE DATOS PRIMARIA
Arroz en cascara cosechado húmedo y sucio	Ton/año	Registro de ingreso anual de MP
Sacos de polipropileno	Ton/año	Registro de compra de insumos a la planta y ficha técnica del material de empaque
Pallets de madera	Un/año	Registro de compra de insumos a la planta
<i>Energía</i>		
Energía eléctrica	KW-h/año	Registro de planillas de consumo

Tamo	Ton/año	Registro de control de despacho interno de tamo a secadoras y caldero y calculo según el 20 % generado del pilado del arroz. Entrevista a operadores de secado y caldero.
Diesel	Lt/año	Bitácora de consumo de Diesel de caldero y secado
GLP	kg/año	Bitácora de Consumo de GLP para secado
Arroz pilado	Ton/año	Reportes de producción
Agua potable para caldero	m3 / año	Cálculo del 70% en base a planilla de consumo
<i>Residuos</i>		
Cenizas de secadoras y caldero	Ton/año	Reporte de desalojo de cenizas y entrevista de operadores de secado y caldero.
Sacos dañados	Ton/año	Reporte de desalojo de desechos de envasado
Impurezas de limpieza en la recepción	Ton/año	Reporte de pesos de desalojo de basura
Impurezas de limpieza en piladora	Ton/año	Cálculo de 1 % del pilado del arroz y reporte de peso de desalojo de basura.
Polvillo	Ton/año	Cálculo de 7 % del pilado del arroz y reporte de venta de subproducto
Arrocillo	Ton/año	Cálculo de 11 % del pilado del arroz y reporte de venta de subproducto
Rechazo	Ton/año	Cálculo de 0,5 % del pilado del arroz y reporte de venta de subproducto
<i>Transporte</i>		
Camión para lleva el arroz en cáscara del campo a la planta	Km	Entrevista a productores
Camión para llevar el tamo a la secadora y caldero	Km	Medición de distancia en plano mecánico de la empresa
Montacarga para llevar el arroz cascara dentro de la planta	Km	Medición de distancia en plano mecánico de la empresa

**Fuente:** Entrevista a productores de arroz  
**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Crithian Quimí, año 2021

### Cálculo de emisiones directas e indirectas al campo

El presente estudio ha considerado las emisiones directas e indirectas al campo que se generan del uso de fertilizantes, pesticidas y riego para el cultivo del arroz, para lo cual se ha tomado de referencias las metodologías recomendadas en la revisión bibliográfica de otros estudios tabla 7.

**Tabla 7:** Métodos de estimación para emisiones directas al campo

EMISIÓN	FUENTE	PARÁMETRO USADO PARA EL CALCULO	REFERENCIA
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) al ambiente	Emisiones de los fertilizantes y residuos agrícolas (nivel 1)	EF1 para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo (0.01 kg N <sub>2</sub> O-N (kg N)-1). EF1FR para arrozales inundados (0.003 kg N <sub>2</sub> O-N (kg N)-1)	(IPCC, 2006)
	Deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (nivel 1)	EF4 [volatilización y re-deposición de N], (0.01 kg N <sub>2</sub> O-N (kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N volatilizado)-1 19, Fragas [Volatilización de fertilizante sintético], (0.1 kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N) (kg N aplicado) -1	(IPCC, 2006)
	Emisión por lixiviado y escurrimiento de N	EF5 [lixiviación/escurrimiento], kg N <sub>2</sub> O-N (0.01 kg N lixiviación/escurrimiento) -1 20 Frac LIXIVIACIÓN-(H) [pérdidas de N por lixiviación/escurrimiento en regiones donde Σ (lluvia en la estación lluviosa) 0.3 kg N	(IPCC, 2006)
Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) al agua superficial	Volatilización	Volatilización del N del fertilizante aplicado. Tabla de factores de emisión por N aplicado como fertilizante aplicado por tipo de fertilizante, temperatura ambiente y pH del suelo	(EMEP/EAA, 2016)
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> como NO <sub>2</sub> ) al ambiente	Producto intermedio de la nitrificación y desnitrificación	Fertilizantes nitrogenados inorgánicos. NO de N aplicado en fertilizantes, estiércol y excrementos (0.04 kg/ kg N aplicado en fertilizante.	(EMEP/EAA, 2016)

Nitrato (NO <sub>3</sub> ) al suelo	Emisión por lixiviado	Balace de entradas y salidas de la fijación del N. Cálculo de frecuencia de cambio de agua de drenaje según el tipo de suelo, tasa de precipitación, tasa de evapotranspiración potencial.	(Meeusen & Weidema, 2000) (Ecuquímica, 2009)
Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) a las aguas subterráneas	Fosfato lixiviado por uso de fertilizante de fosforo	Pgw: Cantidad de fosfato lixiviado promedio en tierras arables en el fertilizante arables (0.07 kg) por cantidad de fosfato expresado en fosforo del fertilizante.	(Nemecek & Kägi, 2007)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) por Urea	Absorción de CO <sub>2</sub>	Factor de emisión (0.2 Ton C/Ton Urea)	(IPCC, 2006)
Metano (CH <sub>4</sub> ) al aire	Emisión de línea base	Factor de emisión que asume que no hay inundaciones durante menos de 180 días antes del cultivo de arroz y continuamente inundado durante el cultivo de arroz sin enmiendas orgánicas (1.27 kg CH <sub>4</sub> /ha/day)	(IPCC, 2019)
	Régimen hídrico	Factores de escala de emisiones para regímenes hídricos durante el período de cultivo en relación con campos continuamente inundados- Irrigación (1)	(IPCC, 2019)
	Régimen hídrico pre-cultivo	Pretemporada inundada (> 30 días) (2.41)	(IPCC, 2019)
Pesticidas			
Emisiones al aire	Interacción del ingrediente activo con el ambiente durante la aplicación del pesticida	En base al ingrediente activo de los pesticidas usados en el cultivo y otros factores se ingresa en el modelo PestLCI 2.0.	(Dijkman, 2014)
Emisiones al agua superficial			
Emisiones al agua subterránea			

**Fuente:** Revisión bibliográfica

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

Para el cálculo de las diferentes emisiones por el uso de productos químicos sea fertilizantes o pesticidas se requiere las cantidades de producto utilizado, obteniéndose la información de las entrevistas y de la revisión de las fichas técnicas para su composición.

Para el cálculo del metano por el agua acumulada se consideró el sistema de riego usado por los 4 productores y otros parámetros en base al IPCC.

Para el cálculo de las emisiones por uso de pesticidas se utiliza el modelo PestLCI 2.0., solicitando el ingreso de toda la información de cada pesticida como ingrediente activo, mes de aplicación, cantidad aplicada, características del suelo, lugar de aplicación.

### **Cálculo de emisiones por combustión de tamo en el proceso industrial (cascarilla de arroz)**

Para realizar el cálculo de las emisiones generadas por la combustión del tamo para el secado del arroz y en el caldero de biomasa de la planta industrial se utiliza la metodología y factores de emisión de un estudio de referencia (Irfan et al., 2014), tal como se muestra en la tabla 8. Dentro del estudio, calculan los factores de emisión de Monóxido de carbono (CO), Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Monóxido de nitrógeno (NO), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxido de Carbono biogénico (CO<sub>2</sub>) por cada kg de tamo quemado.

**Tabla 8:** Factores de emisión por cada kg de tamo quemado.

<b>Emisión</b>	<b>Valor (g/kg tamo)</b>
CO	14.04 +/- 0.18
CO <sub>2</sub>	880.48 +/- 8.99
NO	1.38 +/- 0.02
NO <sub>2</sub>	0.19 +/- 0.01
NO <sub>x</sub>	2.31 +/- 0.04
SO <sub>2</sub>	0.11 +/- 0.03

**Fuente:** (Irfan et al., 2014)

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

### **3.3.2 Procesos utilizados de información secundaria**

En la tabla 9 y 10 se muestran el resumen de los procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent 3.7.1; entradas y salidas, respectivamente de la parte agrícola.

**Tabla 9:** Resumen de procesos agrícola – entradas.

PROCESO AGRÍCOLA - ENTRADAS	PROCESO	FLUJO	PROVIDER
	PREPARACIÓN DE SUELO	Romplow	comercialización de labranza, desgarradora, con grada de discos descentrada (romplow)   APOS, U - GLO
		Arado	comercialización de labranza, arado   labranza  APOS, U - GLO
	FERTILIZACIÓN	Sulfato de amonio	comercialización de sulfato de amonio   sulfato de amonio   APOS, U - RoW
		Nitrato de calcio	comercialización de nitrato de calcio   nitrato de calcio   APOS, U - RoW
		fosfato diamonico	comercialización de fosfato diamonio   fosfato diamonio   APOS, U - RoW
		fertilizante nitrogenado inorgánico, como N	comercialización de fertilizante nitrogenado inorgánico, como N   fertilizante nitrogenado inorgánico, as N   APOS, U - EC
		fertilizante inorgánico de potasio, como K2O	comercialización fertilizante inorgánico de potasio, como K2O   fertilizante inorgánico de potasio, as K2O   APOS, U - EC
		sulfato de hierro	comercialización de sulfato de hierro   sulfato de hierro   APOS, U - RoW
		Fertilizante NPK (15-15-15)	comercialización de fertilizante NPK (15-15-15)   NPK (15-15-15) fertilizante   APOS, U - RoW
fertilizante orgánico de potasio, como K2O		comercialización fertilizante inorgánico de potasio, como K2O   APOS, U - GLO	
Sulfato de potasio		comercialización de sulfato de potasio   sulfato de potasio   APOS, U - RoW	
Cloruro de potasio		comercialización de cloruro de potasio   cloruro de potasio   APOS, U - RoW	
urea	comercialización de urea   urea   APOS, U - RoW		



		Sulfuro de zinc	producción de sulfuro de zinc   sulfuro zinc   APOS, U - RoW
	SIEMBRA	Semilla de arroz, para siembra	comercialización de semilla de arroz para siembra   APOS, U - GLO
	CONTROL DE MALEZA	Glifosato	comercialización de glifosato  glifosato   APOS, U - GLO
		Pesticida no específico	comercialización de pesticida, no específico   pesticida no específico   APOS, U - GLO
	TRANSPORTE	transporte, flete, camión 3,5-7,5 toneladas métricas, no regulado	mercado de transporte, carga, camión 3,5-7,5 toneladas métricas, no regulado     APOS, U - ZA
	RIEGO	Agua de río, EC	
		Electricidad, bajo voltaje	Electricidad, en suministro, 2018 Mix - EC
	COSECHA	Cosechadora combinada	comercialización de cosechadora combinada  cosecha combinada   APOS, U - GLO

**Fuente:** Open-LCA.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Tabla 10:** Resumen de procesos agrícola – salidas.

PROCESO AGRÍCOLA - SALIDAS	PROCESO	FLUJO	ETAPA
	EMISIONES	Amonio	FERTILIZANTES
		Dióxido de carbono fósil	
		Dinitrogeno monóxido	
		Nitratos	
		Fosfatos	
		Oxidos de nitrógeno NOx	
		2,4-D	PESTICIDAS
	Acefato		

Acetochlor	
Azoxystrobin	
Bensulfuron methyl ester	
Chlorpyrifos	
Clomazone	
Diflubenzuron	
Fipronil	
Glifosato	
Herbicida no específico	
Imidacloprid	
Insecticida no específico	
Iodosulfuron	
Lambda-cyhalothrin	
Metsulfuron-methyl	
Pesticida no específico	
Thiamethoxam	
Thiodicarb	
Metano	RIEGO
residuo promedio de incineración (envases vacíos de agroquímicos)	tratamiento de residuos de polietileno, combustión al aire libre   Residuos de polietileno   APOS, U - GLO
Residuos de polietileno	tratamiento de residuos de polietileno, combustión al aire libre   Residuos de polietileno   APOS, U - GLO
Residuo de madera no tratado (PAJA DE ARROZ)	tratamiento de residuos de madera sin tratar, quema al aire libre   madera de desecho, sin tratar   APOS, U - GLO

**Fuente:** Open-LCA.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la tabla 11 se muestra el resumen de los procesos tomados de la base de datos de Ecoinvent 3.7.1; entradas y salidas, respectivamente de la parte industrial.

**Tabla 11:** Resumen de proceso Industrial.

PROCESO INDUSTRIAL	PROCESO	FLUJO	PROVIDER
	ENTRADAS	Diesel, quemado en maquinaria agrícola	comercialización de Diesel, quemado en maquinaria agrícola   APOS, U - GLO
		Electricidad y coordinación del volante	Electricidad, en suministro, 2018 Mix - EC
		Pallet plano EUR	comercialización de pallet plano   APOS, U - RoW
		propano, quemado en la máquina de construcción	comercialización de propano, quemado en la máquina de construcción   APOS, U - RoW
		agua potable	comercialización de agua potable   agua potable   APOS, U - RoW
		textil, polipropileno no tejido	comercialización de textil, polipropileno no tejido   APOS, U - GLO
		transporte, flete, camión 3,5-7,5 toneladas métricas, no regulado (cultivo a la planta)	transporte, flete, camión 3,5-7,5 toneladas métricas, no regulado   APOS, U - ZA
		transporte, flete, camión 3,5-7,5 toneladas métricas, no regulado (transporte interno en la planta)	transporte, flete, camión 3,5-7,5 toneladas métricas, no regulado   APOS, U - ZA
	PROCESO	FLUJO	PROVIDER
SALIDAS	Arrocillo	Sub-producto	
	Residuos sólidos urbanos (tratamiento de cenizas y tamo)	tratamiento de residuos sólidos urbanos, vertedero abierto, clase de infiltración seca (100 mm)   residuos sólidos urbanos   APOS, U - GLO	
	Residuos sólidos urbanos (impurezas y paja de arroz)	tratamiento de residuos sólidos urbanos, vertedero sanitario   residuos sólidos urbanos   APOS, U - RoW	
	Óxido de nitrógeno	Emisiones de la combustión del tamo (casquilla de arroz)	

	dióxido de sulfuro	
	Dióxido de carbono, procedente del suelo o de la biomasa. (Biogénico)	
	Monóxido de carbono, procedente del suelo o de la biomasa	
	Polvillo	Sub-producto
	Rechazo	Sub-producto
	Desecho de polipropileno (sacos dañados)	tratamiento de residuos de polipropileno, vertedero sanitario   polipropileno de desecho   APOS, U - RoW

**Fuente:** Open-LCA.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

### 3.4 Evaluación de impacto

Uno de los principales objetivos del método de cálculo Recipe Midpoint (H) V1.13 es establecer un método que compagine con Eco-Indicator 99 y CML. En el presente estudio únicamente se utilizan los indicadores de punto medio. En la tabla 12 se muestran las categorías de impacto de punto medio de este método:

**Tabla 12:** Categorías de impacto del método Recipe.

GRUPO DE CATEGORIA DE IMPACTO	NOMBRE DE LA CATEGORIA DE IMPACTO EN EL MÉTODO
Acidificación	Acidificación terrestre
Cambio climático	Cambio climático
Agotamiento de los recursos abióticos	Agotamiento de metales
	Agotamiento de fósiles
Ecotoxicidad	Ecotoxicidad del agua dulce
	Ecotoxicidad marina
	Ecotoxicidad terrestre
Eutroficación	Agua dulce
Toxicidad humana	Toxicidad humana
Radiación ionizante	Radiación ionizante
Uso del suelo	Ocupación de tierras agrícolas
	Ocupación de suelo urbano

	Transformación de tierras naturales
Agotamiento de la capa de ozono	El agotamiento de la capa de ozono
Materia particular	Formación de partículas
Oxidación fotoquímica	Formación de oxidantes fotoquímicos

**Fuente:** (Acero et al., 2016)

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

Las categorías intermedias de parámetros están enfocadas en los tres campos de protección; Salud Humana, recursos y ecosistemas.

Para efecto del estudio se han considerado las siguientes categorías de impacto descritas en la tabla 13.

**Tabla 13:** Categorías de impacto seleccionadas para el estudio.

NOMBRE DE LA CATEGORIA DE IMPACTO EN EL MÉTODO	UNIDADES DE MEDIDA
Acidificación terrestre - TAP100	(kg SO <sub>2</sub> -Eq)
Cambio climático GWP100	(kg CO <sub>2</sub> -Eq)
Agotamiento de fósiles - FDP	(kg oil-Eq)
Ecotoxicidad marina - MEP	(kg N-Eq)
El agotamiento de la capa de ozono - ODPinf	(kg CFC-11-Eq)
Formación de partículas - PMFP	(kg PM <sub>10</sub> -Eq)
Formación de oxidantes fotoquímicos - POFP	(kg NMVOC-Eq)
Eutrotificación de agua dulce - FEP	(kg P-Eq)

**Fuente:** (Acero et al., 2016) - (Del, n.d.)

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

## CAPÍTULO 4

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis de inventario

##### 4.1.1 Etapa agrícola

En las tablas 14 y 15 se muestran los datos de las entradas y salidas de la etapa de preparación del suelo y cosecha del arroz, respectivamente de los flujos de productos y flujos naturales de los cuatro productores entrevistados, dicha análisis se realiza para la época actual de invierno, en base a la unidad funcional establecida. El detalle de los cálculos realizados presentado en el inventario se detalla en el **anexo B**.

**Tabla 14:** Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo – entradas. Estación de invierno.

	ETAPA	FLUJOS	ENTRADAS (Estación de INVIERNO)	YOLLY BELL ESPINO ZA	VICTO R ROMA N	JAIME MOREI RA	BELLAVI GNA	UNIDAD ES
<b>FLUJO DE PRODUC TOS</b>	PREPARACION DEL SUELO	Pesticidas	Butalclor	0,909	0,000	0,000	0,837	kg
			Bensulfuron methyl	0,022	0,000	0,000	0,000	kg
			Glifosato	0,000	0,256	0,000	0,000	kg
			Rinskor	0,000	0,000	0,274	0,000	kg
	CONTROL DE MALEZA		Propanil+Clomazone (Safiro)	0,960	0,000	0,000	0,000	kg

		Ethoxysulfuron (Latitude)	0,089	0,000	0,000	0,000	kg
		Rinskor	0,000	0,238	0,274	0,207	kg
		Cyhalofop butil éster - Agripac	0,000	0,000	0,000	0,313	kg
	LABORES FITOSANITARIOS	Imidacloprid+Acefato (Invicto)	0,111	0,000	0,000	0,000	kg
		Diflubenzuron + Lambda cyhalotrina (Metralla)	0,033	0,000	0,000	0,000	kg
		Acefato (Ortran)	0,167	0,000	0,000	0,000	kg
		Profenofos+Friponil (Buffago)	0,128	0,000	0,000	0,000	kg
		Spinetoram (Radiant)	0,023	0,000	0,000	0,000	kg
		Thiamethoxam (Act UP)	0,044	0,000	0,000	0,000	kg
		Azoxystrobin+Tridemorph (TOPGUN)	0,089	0,000	0,000	0,000	kg
		Curacrom 500SC	0,000	0,242	0,000	0,000	kg
		Amunil	0,000	0,000	0,053	0,040	kg
		ORTHENE	0,000	0,000	0,294	0,222	kg

	PREPARACION DEL SUELO	Tractor	Mecanizado (Romplow)	1,000	1,000	1,000	1,000	ha
			Mecanizado (Arado)	1,000	1,000	1,000	1,000	ha
	FERTILIZACION DEL SUELO	Fertilizantes	Yaravera Amidas (Nitrogeno y Azufre)	66,667	0,000	0,000	0,000	kg
			Sulfato de Potasio	33,333	0,000	44,118	0,000	kg
			DAP (Fosfato diamonico)	11,111	25,641	44,118	0,000	kg
			Kron Kali (Potasio, Magnesio, Azufre total)	22,222	0,000	0,000	0,000	kg
			Muriato de Potasio	0,000	12,821	14,706	11,111	kg
			Sulfato de amonio	0,000	25,641	0,000	11,111	kg
			Sulfato de zinc	0,000	0,000	44,118	0,000	kg
			Mix Pac 1	0,000	0,000	0,000	33,333	kg
			Silicamag	0,000	0,000	0,000	11,111	kg
			Nitropac	0,000	0,000	0,000	11,111	kg
		Semilla	Siembra directa (semillas)	33,333	0,000	0,000	33,333	kg



	SIEMBRA- TRANSPLAN TE		Para semillero trasplante	0,000	76,923	88,235	0,000	kg
		Insecticid as	Semeprid (Thiodicarb 300 g/L Imidacloprid 105 g/L)	134,16 7	0,000	0,000	0,000	kg
			Crusier arroz (Thiamethoxam + Fludioxonil + Difenoconazole)	0,000	0,000	0,000	71,733	kg
	FERTILIZACI ON 2	Fertilizant es	Terranova complex N-P-K; 10-12- 10+microelemtos+ algas marinas	0,253	0,000	0,000	0,000	kg
			Terranova Defender K -Fosfito de potasio + algas marinas	0,307	0,000	0,000	0,000	kg
			Siapton - Aminoacidos de cadena corta	0,267	0,000	0,000	0,000	kg
			Optiwater - Agente reguladores al 25 % LS	0,244	0,000	0,000	0,000	kg
			Úrea - Agripac	0,000	29,231	0,000	0,000	kg
			Cytokin- ecuaquimica	0,000	0,000	0,169	0,000	kg
			Fertall zinc	0,000	0,000	2,941	0,000	kg

			Newfol-Ca	0,000	0,000	0,406	0,000	kg
			Fertall Hierro - ecuaquimica	0,000	0,000	0,365	0,000	kg
			Evergreen-Agripac	0,000	0,000	0,000	0,293	kg
			Metalosate crop up - Agripac	0,000	0,000	0,000	0,212	kg
			Kelpak - Agripac	0,000	0,000	0,000	0,604	kg
	RIEGO	energía eléctrica	Para bombas de extracción de agua de rio	314,85 1	363,29 0	416,71 5	314,851	KWh
	COSECHA	Cosechad ora	Cosecha	1,000	1,000	1,000	1,000	ha
	PREPARACI ON DEL SUELO	Transport e	Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
	FERTILIZACI ON DEL SUELO		Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
	SIEMBRA- TRANSPLAN TE		Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
FERTILIZACI ON 2	Distancia		80,000	30,000	40,000	20,000	km	
CONTROL DE MALEZA	Distancia		80,000	30,000	40,000	20,000	km	

	LABORES FITOSANITARIOS		Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
FLUJOS NATURALES	PREPARACION DEL SUELO	Agua de río	Preparación de productos	0,089	0,051	0,088	0,044	m3
	SIEMBRA-TRANSPLANTE		Preparación de productos	0,0003	0,0000	0,0000	0,0003	m3
	FERTILIZACION 2		Preparación de productos	0,178	0,051	0,188	0,150	m3
	CONTROL DE MALEZA		Preparación de productos	0,133	0,077	0,088	0,111	m3
	LABORES FITOSANITARIOS		Preparación de productos	355,556	51,282	117,647	88,889	m3
	RIEGO		Riesgo de cultivo	3111,111	3589,744	4117,647	3111,111	m3

**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Tabla 15:** Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo – salidas Estación de invierno.

	ETAPA	FLUJOS	SALIDAS (Estación invierno)	YOLLY BELL ESPINO ZA	VICTOR ROMAN	JAIME MOREIR A	BELLAVIGN A	UNIDADE S
FLUJO DE PRODUCTOS	PREPARACION DEL SUELO	Residuos	Envases vacíos de agroquímico s (saco o tachos)	303,333	2,564	3,529	302,222	g
	FERTILIZACION DEL SUELO		Envases vacíos de agroquímico s (saco o tachos)	133,333	64,103	147,059	77,778	g
	SIEMBRA- TRANSPLANTE		Envases vacíos de agroquímico s (saco o tachos)	0,000	0,000	0,000	0,000	g
	FERTILIZACION 2		Envases vacíos de agroquímico s (saco o tachos)	10,667	25,641	25,294	26,667	g
	CONTROL DE MALEZA		Envases vacíos de agroquímico s (saco o tachos)	3,227	3,077	3,529	6,667	g

	LABORES FITOSANITARIOS		Envases vacíos de agroquímicos (saco o tachos)	42,222	3,077	12,353	19,333	g
	COSECHA	Productos finales	ARROZ CASCARA HUMEDO VERANO	1,000	1,000	1,706	1,200	ton
			ARROZ CASCARA HUMEDO INVIERNO	1,000	1,000	1,000	1,000	ton
FLUJOS NATURALES	PREPARACION DEL SUELO	emisión por uso de pesticidas	emisiones al aire invierno	0,012	0,002	0,004	0,011	kg
			emisiones al aire verano	0,007	0,002	0,002	0,006	kg
			emisiones de aguas superficiales invierno	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
			emisiones de aguas superficiales verano	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
			emisiones a las aguas subterráneas invierno	0,022	0,028	0,000	0,001	kg
			emisiones a las aguas	0,022	0,024	0,000	0,000	kg

		subterráneas verano					
	SIEMBRA- TRANSPLANTE	emisiones al aire invierno	1,289	0,000	0,000	0,600	kg
		emisiones al aire verano	0,800	0,000	0,000	0,422	kg
		emisiones de aguas superficiales invierno	0,008	0,000	0,000	0,008	kg
		emisiones de aguas superficiales verano	0,009	0,000	0,000	93,333	kg
		emisiones a las aguas subterráneas invierno	44,444	0,000	0,000	8,222	kg
		emisiones a las aguas subterráneas verano	44,444	0,000	0,000	73,333	kg
		CONTROL DE MALEZA	emisiones al aire invierno	0,207	0,003	0,003	0,008
	emisiones al aire verano		0,108	0,002	0,002	0,006	kg
	emisiones de aguas superficiales invierno		0,000	0,000	0,000	0,000	kg

		emisiones de aguas superficiales verano	0,000	0,000	0,000	0,005	kg
		emisiones a las aguas subterráneas invierno	0,240	0,000	0,000	0,004	kg
		emisiones a las aguas subterráneas verano	0,206	0,000	0,000	0,002	kg
	LABORES FITOSANITARIOS	emisiones al aire invierno	0,012	0,007	0,010	0,006	kg
		emisiones al aire verano	0,006	0,003	0,004	0,003	kg
		emisiones de aguas superficiales invierno	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
		emisiones de aguas superficiales verano	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
		emisiones a las aguas subterráneas invierno	0,129	0,046	0,016	0,042	kg
		emisiones a las aguas subterráneas verano	0,114	0,041	0,056	0,036	kg

FERTILIZACION DEL SUELO	Emisiones por uso de fertilizante s	Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) al ambiente	0,165	0,334	0,068	0,355	kg
		Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) al agua superficial	0,986	0,522	0,561	2,204	kg
		óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> como NO <sub>2</sub> ) al ambiente	0,258	0,523	0,106	0,556	kg
		Nitrato (NO <sub>3</sub> ) al suelo	6,157	14,194	2,349	13,178	kg
		Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) a las aguas subterráneas	0,008	0,019	0,022	0,032	kg
FERTILIZACION 2		Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) al ambiente	0,001	0,343	0,010	0,001	kg
		Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) al agua superficial	0,008	0,010	0,010	0,003	kg
		óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> como NO <sub>2</sub> ) al ambiente	0,002	0,538	0,016	0,004	kg



		Nitrato (NO3) al suelo	0,092	15,200	0,441	0,118	kg
		Fosfatos (PO4) a las aguas subterráneas	0,008	0,000	0,021	0,008	kg
		dióxido de carbono (CO2) por Urea	0,000	21435,897	0,000	0,000	kg
RIEGO	Emisiones por riego	Emisiones de metano CH4 (por agua acumulada)	81,619	94,175	108,025	81,619	kg
COSECHA	Desechos orgánicos	Paja de arroz - VERANO	1,050	1,050	1,791	1,260	ton
		Paja de arroz - INVIERNO	1,050	1,050	1,050	1,051	ton

**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

Continuando con el mismo principio de análisis en las tablas 16 y 17 se muestran los datos de las entradas y salidas de los flujos de productos y los flujos naturales de los cuatro productores entrevistados, cuya valoración se realiza para la estación de verano en base a la unidad funcional establecida.

**Tabla 16:** Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo – entradas Estación verano.

	ETAPA	FLUJOS	ENTRADAS (Estación verano)	YOLLY BELL ESPIN OZA	VICTO R ROMA N	JAIME MOREI RA	BELLAVI GNA	UNIDA DES
<b>FLUJO DE PRODUC TOS</b>	PREPARACION DEL SUELO	Pesticidas	Butalclor	0,909	0,000	0,000	0,697	kg
			Bensulfuron methyl	0,022	0,000	0,000	0,000	kg
			Glifosato	0,000	0,256	0,000	0,000	kg
			Rinskor	0,000	0,000	0,160	0,000	kg
	CONTROL DE MALEZA		Propanil+Clomazone (Safiro)	0,960	0,000	0,000	0,000	kg
			Ethoxysulfuron (Latitude)	0,089	0,000	0,000	0,000	kg
			Rinskor	0,000	0,238	0,160	0,172	kg
			Cyhalofop butil éster - Agripac	0,000	0,000	0,000	0,261	kg

LABORES FITOSANITA RIOS		Imidacloprid+Acetato (Invicto)	0,111	0,000	0,000	0,000	kg
		Diflubenzuron + Lambda cyhalotrina (Metralla)	0,033	0,000	0,000	0,000	kg
		Acetato (Ortran)	0,167	0,000	0,000	0,000	kg
		Profenofos+Fipronil (Buffago)	0,128	0,000	0,000	0,000	kg
		Spinetoram (Radiant)	0,023	0,000	0,000	0,000	kg
		Thiamethoxam (Act UP)	0,044	0,000	0,000	0,000	kg
		Azoxystrobin+Tridemorph (TOPGUN)	0,089	0,000	0,000	0,000	kg
		Curacrom 500SC	0,000	0,242	0,000	0,000	kg
		Amunil	0,000	0,000	0,031	0,033	kg
		ORTHENE	0,000	0,000	0,172	0,185	kg
		PREPARACION DEL SUELO	Tractor	Mecanizado (Romplow)	1,000	1,000	1,000
Mecanizado (Arado)	1,000	1,000		1,000	1,000	ha	

FERTILIZACION DEL SUELO	Fertilizantes	Yaravera Amidas (Nitrogeno y Azufre)	66,667	0,000	0,000	0,000	kg
		Sulfato de Potasio	33,333	0,000	25,862	0,000	kg
		DAP (Fosfato diamonico)	11,111	25,641	25,862	0,000	kg
		Kron Kali (Potasio, Magnesio, Azufre total)	22,222	0,000	0,000	0,000	kg
		Muriato de Potasio	0,000	12,821	8,621	9,259	kg
		Sulfato de amonio	0,000	25,641	0,000	9,259	kg
		Sulfato de zinc	0,000	0,000	25,862	0,000	kg
		Mix Pac 1	0,000	0,000	0,000	27,778	kg
		Silicamag	0,000	0,000	0,000	9,259	kg
		Nitropac	0,000	0,000	0,000	9,259	kg
SIEMBRA-TRANSPLANTE	Semilla	Siembra directa (semillas)	33,333	0,000	0,000	27,778	kg
		Para semillero trasplante	0,000	76,923	51,724	0,000	kg
	Insecticidas	Semeprid (Thiodicarb 300)	134,167	0,000	0,000	0,000	kg

	FERTILIZACION 2	Fertilizantes	g/L Imidacloprid 105 g/L)					
			Crusier arroz (Thiamethoxam + Fludioxonil + Difenoconazole)	0,000	0,000	0,000	59,778	kg
			Terranova complex N-P-K; 10-12- 10+microelemtos+ algas marinas	0,253	0,000	0,000	0,000	kg
			Terranova Defender K - Fosfito de potasio + algas marinas	0,307	0,000	0,000	0,000	kg
			Siapton - Aminoacidos de cadena corta	0,267	0,000	0,000	0,000	kg
			Optiwater - Agente reguladores al 25 % LS	0,244	0,000	0,000	0,000	kg
			Úrea - Agripac	0,000	29,231	0,000	0,000	kg
			Cytokin- ecuaquimica	0,000	0,000	0,099	0,000	kg
			Fertall zinc	0,000	0,000	1,724	0,000	kg
			Newfol-Ca	0,000	0,000	0,238	0,000	kg

			Fertall Hierro - ecuaquimica	0,000	0,000	0,214	0,000	kg
			Evergreen-Agripac	0,000	0,000	0,000	0,244	kg
			Metalosate crop up - Agripac	0,000	0,000	0,000	0,176	kg
			Kelpak - Agripac	0,000	0,000	0,000	0,504	kg
	RIEGO	energía eléctrica	Para bombas de extracción de agua de rio	314,851	363,29 0	244,28 1	262,376	KWh
	COSECHA	Cosecha dora	Cosecha	1,000	1,000	1,000	1,000	ha
	PREPARACION DEL SUELO	Transporte	Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
	FERTILIZACION DEL SUELO		Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
	SIEMBRA- TRANSPLANTE		Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
	FERTILIZACION 2		Distancia	80,000	30,000	40,000	20,000	km
CONTROL DE MALEZA	Distancia		80,000	30,000	40,000	20,000	km	
LABORES FITOSANITARIOS	Distancia		80,000	30,000	40,000	20,000	km	

FLUJOS NATURALES	PREPARACION DEL SUELO	Agua de río	Preparación de productos	0,089	0,051	0,052	0,037	m3
	SIEMBRA-TRANSPLANTE		Preparación de productos	0,0003	0,0000	0,0000	0,0003	m3
	FERTILIZACION 2		Preparación de productos	0,178	0,051	0,110	0,125	m3
	CONTROL DE MALEZA		Preparación de productos	0,133	0,077	0,052	0,093	m3
	LABORES FITOSANITARIOS		Preparación de productos	355,556	51,282	68,966	74,074	m3
	RIEGO		Riesgo de cultivo	3111,111	3589,744	2413,793	2592,593	m3

**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Tabla 17:** Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara húmedo -salidas Estación verano.

	ETAPA	FLUJOS	SALIDAS(Es tación verano)	YOLLY BELL ESPINOZA	VICTOR ROMAN	JAIME MOREIRA	BELLAVIGNA	UNIDADES
FLUJO DE PRODUCTOS	PREPARACION DEL SUELO	Residuos	Envases vacíos de agroquímicos (saco o tachos)	303,333	2,564	2,069	251,852	g
	FERTILIZACION DEL SUELO		Envases vacíos de agroquímicos (saco o tachos)	133,333	64,103	86,207	64,815	g
	SIEMBRA-TRANSPLANTE		Envases vacíos de agroquímicos (saco o tachos)	0,000	0,000	0,000	0,000	g
	FERTILIZACION 2		Envases vacíos de agroquímicos (saco o tachos)	10,667	25,641	14,828	22,222	g
	CONTROL DE MALEZA		Envases vacíos de agroquímicos	3,227	3,077	2,069	5,556	g



	LABORES FITOSANITARIOS		s (saco o tachos)					
			Envases vacíos de agroquímicos (saco o tachos)	42,222	3,077	7,241	16,111	g
			ARROZ CASCARA HUMEDO VERANO	1,000	1,000	1,000	1,000	ton
	COSECHA	Productos finales	ARROZ CASCARA HUMEDO INVIERNO	0,000	0,000	0,000	0,000	ton
			emisiones al aire invierno	0,012	0,002	0,002	0,009	kg
FLUJOS NATURALES	PREPARACION DEL SUELO	emisión por uso de pesticidas	emisiones al aire verano	0,007	0,002	0,001	0,005	kg
			emisiones de aguas superficiales invierno	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
			emisiones de aguas superficiales verano	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
			emisiones a las aguas subterráneas invierno	0,022	0,028	0,000	0,001	kg

		emisiones a las aguas subterráneas verano	0,022	0,024	0,000	0,000	kg
	SIEMBRA- TRANSPLANTE	emisiones al aire invierno	1,289	0,000	0,000	0,500	kg
		emisiones al aire verano	0,800	0,000	0,000	0,352	kg
		emisiones de aguas superficiales invierno	0,008	0,000	0,000	0,007	kg
		emisiones de aguas superficiales verano	0,009	0,000	0,000	77,778	kg
		emisiones a las aguas subterráneas invierno	44,444	0,000	0,000	6,852	kg
		emisiones a las aguas subterráneas verano	44,444	0,000	0,000	61,111	kg
		CONTROL DE MALEZA	emisiones al aire invierno	0,207	0,003	0,002	0,006
	emisiones al aire verano		0,108	0,002	0,001	0,005	kg
	emisiones de aguas		0,000	0,000	0,000	0,000	kg

		superficiales invierno					
		emisiones de aguas superficiales verano	0,000	0,000	0,000	0,004	kg
		emisiones a las aguas subterráneas invierno	0,240	0,000	0,000	0,003	kg
		emisiones a las aguas subterráneas verano	0,206	0,000	0,000	0,002	kg
	LABORES FITOSANITARI OS	emisiones al aire invierno	0,012	0,007	0,006	0,005	kg
		emisiones al aire verano	0,006	0,003	0,002	0,002	kg
		emisiones de aguas superficiales invierno	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
		emisiones de aguas superficiales verano	0,000	0,000	0,000	0,000	kg
		emisiones a las aguas subterráneas invierno	0,129	0,046	0,009	0,035	kg

			emisiones a las aguas subterráneas verano	0,114	0,041	0,033	0,030	kg
FERTILIZACION DEL SUELO	Emisiones por uso de fertilizantes		Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) al ambiente	0,165	0,334	0,040	0,296	kg
			Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) al agua superficial	0,986	0,522	0,329	1,837	kg
			óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> como NO <sub>2</sub> ) al ambiente	0,258	0,523	0,062	0,463	kg
			Nitrato (NO <sub>3</sub> ) al suelo	6,157	14,194	1,377	10,981	kg
			Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) a las aguas subterráneas	0,008	0,019	0,013	0,027	kg
FERTILIZACION 2			Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) al ambiente	0,001	0,343	0,006	0,001	kg
			Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) al agua superficial	0,008	0,010	0,006	0,002	kg

		óxidos de nitrógeno (NOx como NO2) al ambiente	0,002	0,538	0,009	0,004	kg
		Nitrato (NO3) al suelo	0,092	15,200	0,259	0,098	kg
		Fosfatos (PO4) a las aguas subterráneas	0,008	0,000	0,012	0,006	kg
		dióxido de carbono (CO2) por Urea	0,000	21435,897	0,000	0,000	kg
RIEGO	Emisiones por riego	Emisiones de metano CH4 (por agua acumulada)	81,619	94,175	63,325	68,016	kg
COSECHA	Desechos orgánicos	Paja de arroz - VERANO	1,050	1,050	1,050	1,050	ton
		Paja de arroz - INVIERNO	1,050	1,050	0,616	0,876	ton

**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

De manera general, se puede observar en las tablas antes presentadas que las entradas y salidas de las emisiones generadas tanto en la estación de invierno como las de verano, los agricultores Yolly Espinoza y Víctor Román mantienen la misma tasa de siembra durante estos periodos. En relación con los agricultores Jaime Moreira y Bellavigna en la época de verano reducen su sembríos al 41% y 16% respectivamente. Lógicamente bajarán las emisiones y la cantidad de residuos de envases químicos. Pero, esto no significa que el proceso llevado a cabo sea adecuado desde el punto de vista ambiental.

#### **4.1.2 Etapa agroindustrial**

En la tabla 18 presentamos los datos obtenidos de las entradas y salidas de los flujos de productos y los flujos naturales en las etapas del procesos industriales tanto del arroz pilado blanco, como del arroz pilado envejecido. El detalle de los cálculos realizados para el inventario se detalla en el **Anexo C**.

**Tabla 18:** Inventario para el ACV para la producción de 1 Ton de arroz pilado empacado.

ETAPA	FLUJOS	Entradas/Salidas	Arroz Blanco	Arroz Envejecido	Unidad	
			Eq. Unidad funcional			
			Valor	Valor		
FLUJO DE PRODUCTOS	RECEPCION	Cultivo del arroz	Arroz cáscara húmedo sucio (H:24% y 5% de impurezas)	2,039	2,0385	Ton
		Transporte (camión)	Distancia de cultivo a la planta	50,351	50,3511	Ton-km
	LIMPIEZA		Impurezas y paja de arroz	0,082	0,0815	Ton
			Arroz cascara húmedo y limpio (H:24% y 1 % de impurezas)	N/N	N/N	
	PRESECADO Y SECADO 1	Combustible	Diesel (para hacer la chispa)	0,151	0,1552	MJ
			GLP (para aumentar la temperatura)	46,104	47,281	MJ
			Tamo (cascarilla de arroz)	0,333	0,0533	Ton
			Arroz cascara Seco y Limpio a 10.8%	1,667		Ton
			Ceniza recolectada	0,003	0,0005	Ton
			Vapor de agua	0,290	0,2903	Ton
GENERACION DE VAPOR		Agua potable	N/N	0,0531	m3	

		Diesel (para hacer la chispa)	N/N	0,1655	MJ
	<b>Transporte (Volqueta)</b>	Transporte de Tamera al caldero/secadoras	N/N	0,057	ton-km
		Tamo (cascarilla de arroz)			
		Ceniza recolectada			
PROCESOS ESPECIALES (Envejecido y precocido)	<b>Insumo</b>	Vapor de agua del caldero		N/N	
	<b>Producto</b>	Arroz cascara procesado húmedo a 17%		N/N	
	<b>Transporte (Montacarga)</b>	Distancia del Almacenamiento al proceso especial		0,0000023	ton-km
SECADO 2	<b>Combustible</b>	Diesel (para hacer la chispa)	NN	0,0414	MJ
		GLP (para aumentar la temperatura)		19,8426	MJ
		Tamo (cascarilla de arroz)	N/N	N/N	
		Arroz cascara procesado seco a 10,8 %	N/N	N/N	
		Ceniza recolectada	N/N	0,0013	Ton
		Vapor de agua		0,1133	Ton
PILADO	<b>Transporte (montacarga)</b>	De Almacenamiento de materia prima a Piladora			
	60%	<b>Arroz pilado clasificado (P. primario)</b>	<b>1,000</b>	<b>1,0000</b>	Ton



		11%	Arrocillo (Subproducto)	0,183	0,183	Ton
		7%	Polvillo (Subproducto)	0,117	0,117	Ton
		0,50%	Rechazo (Subproducto)	0,008	0,008	Ton
		1,50%	Impureza (Desecho)	0,025	0,025	Ton
		20%	Tamo (Subproducto)	0,333	0,333	Ton
	ENVASADO	<b>energía eléctrica</b>	Para todo el proceso	0,803	0,807	KWh
		<b>Material de empaque</b>	Sacos de polipropileno	0,00007	0,00007	Ton
		<b>Estiba</b>	Pallet de madera	0,00151	0,00155	Unidad
		<b>Producto final</b>	<b>Arroz empacado en saco de 100 lb</b>	<b>1,00007</b>	<b>1,00007</b>	<b>Ton</b>
		<b>Residuos</b>	Sacos dañados PP	0,000001	0,000001	
	ALMACENAMIENTO	<b>Transporte (montacarga)</b>	Envasado a Bodega de Producto terminado	N/N	N/N	
FLUJOS NATURALES	EMISIONES DE QUEMA DE TAMO	monóxido de carbono	CO	4,680000	4,6800	Kg
		dióxido de carbono biogénico	CO2	293,493333	293,4933	Kg
		dióxido de nitrógeno	NO2	0,063333	0,0633	Kg
		monóxido de nitrógeno	NO	0,460000	0,4600	Kg
		óxidos de nitrógeno	NOx	0,770000	0,7700	Kg
		dióxido de azufre	SO2	0,036667	0,0367	Kg

**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

Tal como se observa los datos presentados en la tabla 18, las mayores emisiones generadas para ambos procesos productivos se dan por la quema del tamo o cascarilla de arroz. La diferencia del producto final obtenido, se presentan en el proceso de secado, para obtener las propiedades organolépticas del arroz blanco el secado debe realizarse hasta 50 °C, con relación al arroz envejecido la temperatura en el secador puede alcanzar los 120°C. Es evidente que las emisiones en el proceso hubieran sido mayor si la planta no hubiera cambiado su tecnología, manteniéndose solo en uso de GLP o diésel para el generador, tal es el caso de las plantas consideradas de segunda y tercera categoría (categorización realizada por el MAGAP).

## **4.2 Evaluación de impacto**

### **4.2.1 Resultados de caracterización de impactos**

#### **4.2.1.1 Cultivo de arroz**

La evaluación de impacto fue llevada a cabo con el análisis de resultados del inventario, permitiendo calcular los ocho indicadores de categoría descritos en el capítulo 3, a partir de los datos obtenidos de la entrevista realizada para los cuatro productores considerados en el presente estudio.

En la tabla 19, se muestran los resultados de los indicadores de impacto para la producción de 1 Ton de arroz en cáscara en el campo, en la que resaltan los valores máximos para cada indicador:

**Tabla 19:** Resultados de indicadores de impacto para 1Tn de arroz en cáscara producido.

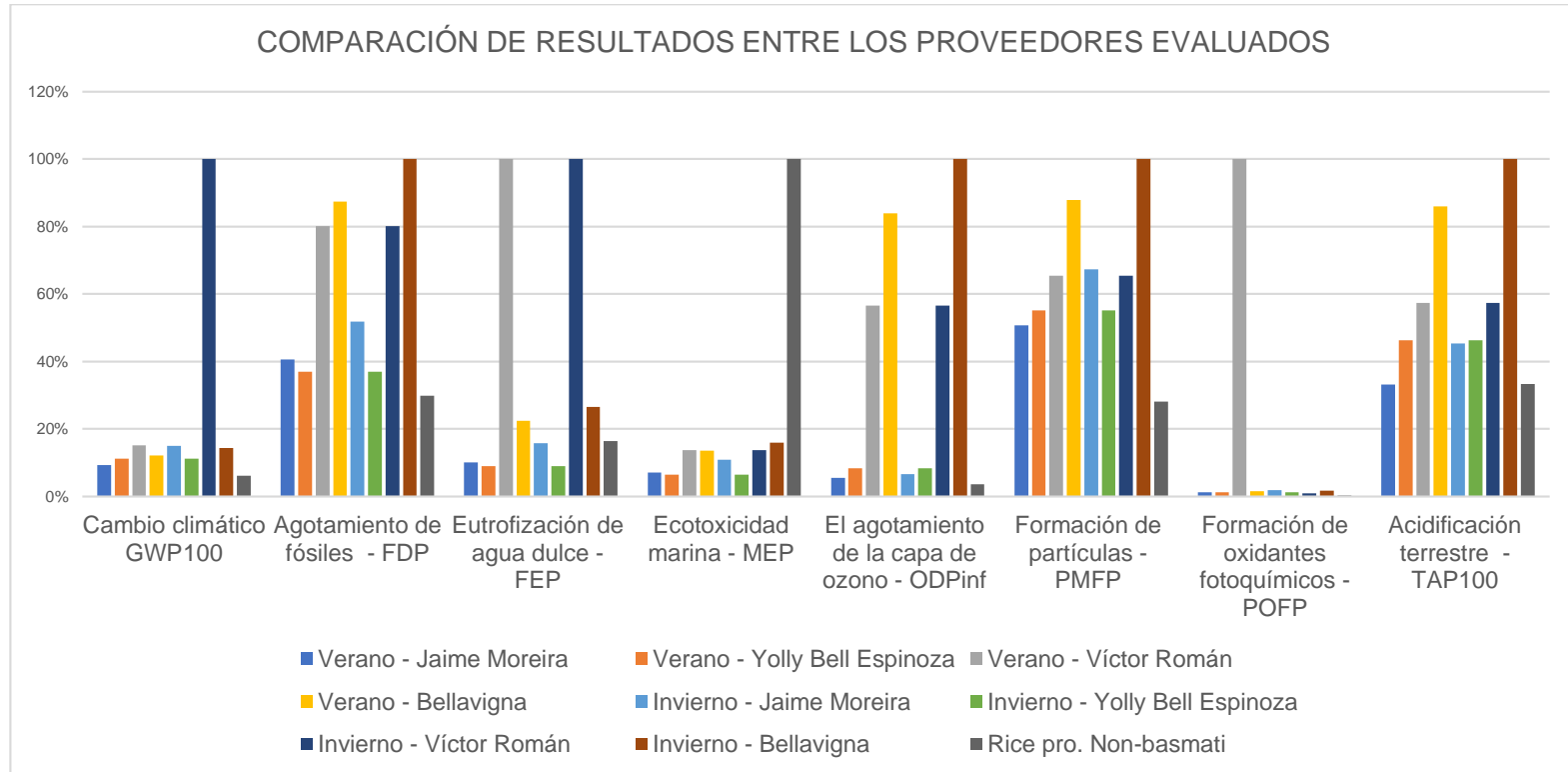
INDICADORES DE IMPACTO	Unit	VERANO				INVIERNO				Rice pro. Non-basmati
		Jaime Moreira	Yolly Bell Espinoza	Víctor Román	Bellavigna	Jaime Moreira	Yolly Bell Espinoza	Víctor Román	Bellavigna	
Cambio climático GWP100	kg CO2-Eq	2,35E+08	2,81E+08	3,83E+08	3,07E+08	3,77E+08	2,81E+08	2,53E+09	3,61E+08	1,55E+08
Agotamiento de fósiles - FDP	kg oil-Eq	1,91E+07	1,75E+07	3,79E+07	4,13E+07	2,45E+07	1,75E+07	3,79E+07	4,72E+07	1,41E+07
Eutrofización de agua dulce - FEP	kg P-Eq	2,24E+04	2,01E+04	2,24E+05	5,00E+04	3,54E+04	2,01E+04	2,24E+05	5,93E+04	3,68E+04
Ecotoxicidad marina - MEP	kg N-Eq	7,74E+04	7,18E+04	1,52E+05	1,50E+05	1,21E+05	7,18E+04	1,52E+05	1,76E+05	1,11E+06
El agotamiento de la capa de ozono - ODPinf	kg CFC-11-Eq	7,62E+00	1,18E+01	7,98E+01	1,18E+02	9,22E+00	1,18E+01	7,98E+01	1,41E+02	5,12E+00
Formación de partículas - PMFP	kg PM10-Eq	2,82E+05	3,07E+05	3,64E+05	4,89E+05	3,75E+05	3,07E+05	3,64E+05	5,57E+05	1,57E+05
Formación de oxidantes fotoquímicos - POFP	kg NMVOC-Eq	1,22E+06	1,25E+06	9,87E+07	1,48E+06	1,77E+06	1,25E+06	9,30E+05	1,68E+06	2,52E+05
Acidificación terrestre - TAP100	kg SO2-Eq	5,55E+05	7,73E+05	9,59E+05	1,44E+06	7,58E+05	7,73E+05	9,59E+05	1,67E+06	5,58E+05

**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 18, se grafican los resultados para cada indicador en base al valor máximo obtenido:

**Figura 4.18:** Comparación de resultados entre los cuatro productores.



**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**En el indicador de cambio climático**, el productor Víctor Román obtuvo el valor más alto debido al uso de urea utilizada como fertilizante, teniendo aproximadamente el 40% de nitrógeno y la producción de metano por la cantidad de agua usada en el riego.

**En el indicador de agotamiento de combustibles fósiles**, el productor Bellavigna, obtuvo el mayor valor debido al consumo de combustibles fósiles para el transporte de los diferentes productos.

**En el indicador de eutrofización de agua dulce**, el productor Víctor Román (invierno y verano) obtuvo el valor más alto debido al uso de fertilizantes que contienen altos en nitrógeno y fósforo.

**En el indicador de ecotoxicidad**, el productor Bellavigna (invierno), obtuvo el máximo valor, después del sistema genérico rice non-basmati al consumir más pesticidas en la etapa de labores fitosanitarias, control de maleza y control de insectos.

**En el indicador de agotamiento de la capa de Ozono**, el productor Bellavigna (invierno) tuvo el valor más alto, debido al uso de pesticidas que contienen cloruros o bromuros.

**En el indicador de formación de partículas**, el productor Bellavigna obtuvo los 2 valores principales que podría deberse a las operaciones mecanizadas de la tierra, el transporte de insumos y la producción de energía eléctrica de manera indirecta donde se usan combustibles fósiles en la combustión generan material particulada.

**En la formación de oxidantes fotoquímicos**, el productor Víctor Román, obtuvo el máximo valor, lo cual se debe principalmente a la formación de los  $\text{NO}_x$  por uso de fertilización que reaccionan con el medio ambiente y se generan este tipo de oxidantes que normalmente sucede en época de verano.

Finalmente, en el **indicador de acidificación terrestre**, el productor Bellavigna obtuvo el máximo valor, debido a la generación de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$  producidos en el uso de fertilizantes con contenido de Nitrógeno y Azufre, así como la producción de los agroquímicos y el transporte.

En términos generales desde el punto de vista ambiental, el productor Víctor Román es el que genera más emisiones contaminantes al medio ambiente (aire, suelo y agua) según los resultados de impacto en el análisis de ciclo de vida realizado. De manera específica en la etapa de fertilización, es el único productor que utiliza urea.

#### 4.2.1.2 Proceso industrial

Para el cálculo de los indicadores de impacto ambiental en el análisis de ciclo de vida en el proceso industrial del arroz blanco y arroz envejecido, se considera como proveedor de materia prima en los flujos de entrada para dos casos. Por un lado a Víctor Román

como el que genera mayor emisiones y por otro lado a Jaime Moreira como el que genera menor emisiones en base a los resultados previos del ACV para la parte agrícola.

En la tabla 20, se muestran los resultados de los indicadores de impacto para la producción de 1 Ton de arroz pilado envasado. Para ello, se seleccionó como productor de la materia prima a Víctor Román (estación de invierno), generando la máxima tasa del indicadores y al productor Jaime Moreira (estación de Verano) registrando el menor indicadores de impacto.

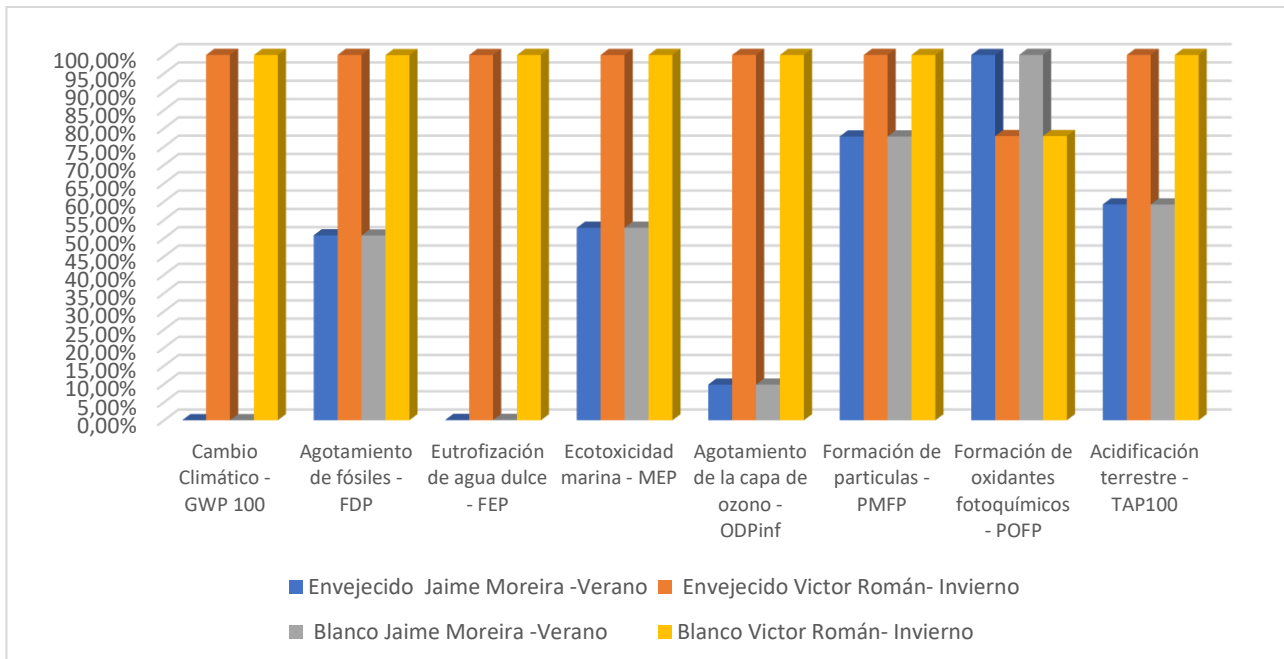
**Tabla 20:** Resultados de indicadores de impacto para 1Tn de arroz pilado envasado.

INDICADORES DE IMPACTO	Unidad	ARROZ ENVEJECIDO		ARROZ BLANCO	
		Jaime Moreira - Verano	Victor Román- Invierno	Jaime Moreira - Verano	Victor Román- Invierno
Cambio Climático - GWP 100	kg CO <sub>2</sub> -Eq	512674,317	5,18E+09	512611,544	5,18E+09
Agotamiento de fósiles - FDP	kg oil -Eq	39348,117	77532,185	39298,993	77492,403
Eutrotificación de agua dulce - FEP	kg P -Eq	0,4585	456,99	0,45855	457,097
Ecotoxicidad marina - MEP	kg N -Eq	170,828	323,512	170,85	323,572
Agotamiento de la capa de ozono - ODPinf	kg CFC 11 - Eq	0,00016	0,00163	0,00016	0,00163
Formación de partículas - PMFP	kg PM10 - Eq	609,884	784,441	609,864	784,434
Formación de oxidantes fotoquímicos - POFP	kg NMVOC -Eq	2627,359	2045,535	2627,449	2045,481
Acidificación terrestre - TAP100	kg SO <sub>2</sub> - Eq	1221,236	2063,454	1221,107	2063,532

**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

**Figura 4.19:** Comparación de resultados de indicadores de impacto entre arroz blanco y arroz envejecido



**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 19, se muestra una gráfica comparativa de los resultados para cada indicador en base al valor máximo obtenido del análisis en el OpenLCA. Considerando a Víctor Román como proveedor de la materia prima, en 7 indicadores (GWP100, FDP, FEP, ODP inf, MEP, PMFP, TAP100) los resultados para el proceso industrial tanto de arroz blanco como envejecido son mayores debido al uso de la urea en la fertilización que considerando a Jaime Moreira.

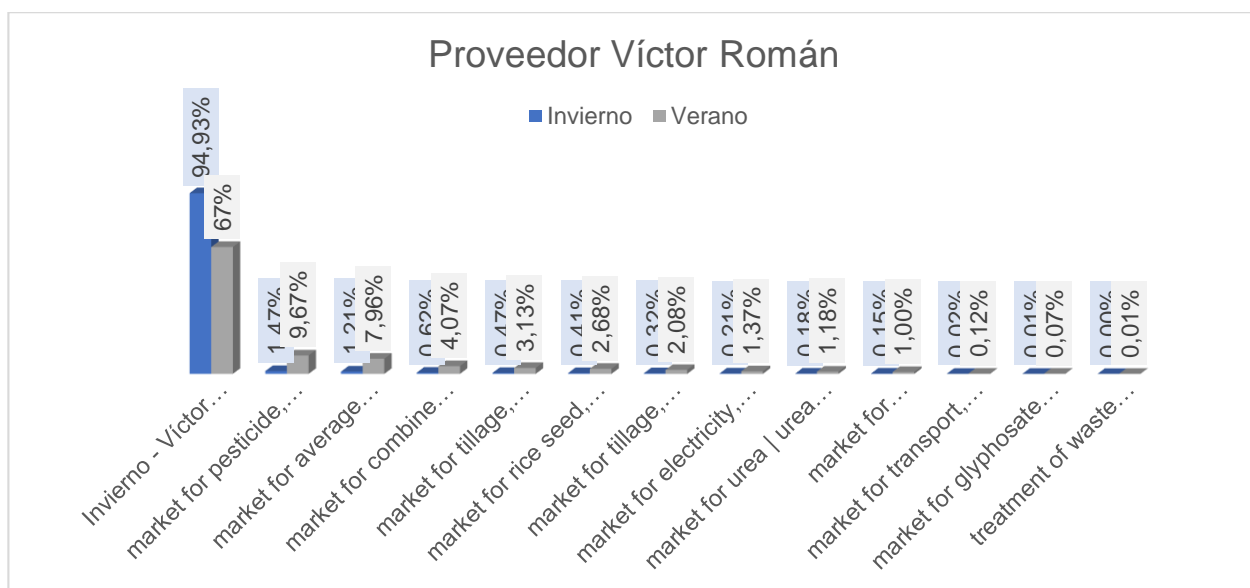
Solo para el indicador de formación de oxidantes fotoquímicos considerando a Jaime Moreira como proveedor, da resultados mayores que el otro productor, lo cual se debe a la composición de los fertilizantes que utiliza para el manejo del cultivo del arroz.

#### 4.2.2 Análisis de contribución de resultados a nivel de producción de arroz para indicador cambio climático

En el análisis de contribución para efecto de este estudio a nivel del sistema de producción de arroz en el campo, se ha seleccionado el indicador del cambio climático, debido a que este es uno de los impactos ambientales más importantes a nivel mundial y de gran interés en la actualidad, el cual afecta a la salud humana y su medio ambiente.

En las figuras: 20, 21, 22 y 23 se muestran los resultados del análisis de contribución que contribuyen al impacto de Cambio climático del ciclo de vida de la producción de arroz de los subsistemas de todos los productores, tanto para invierno como verano.

**Figura 4.20:** Contribución de subsistemas para el cambio climático – productor Víctor Román.



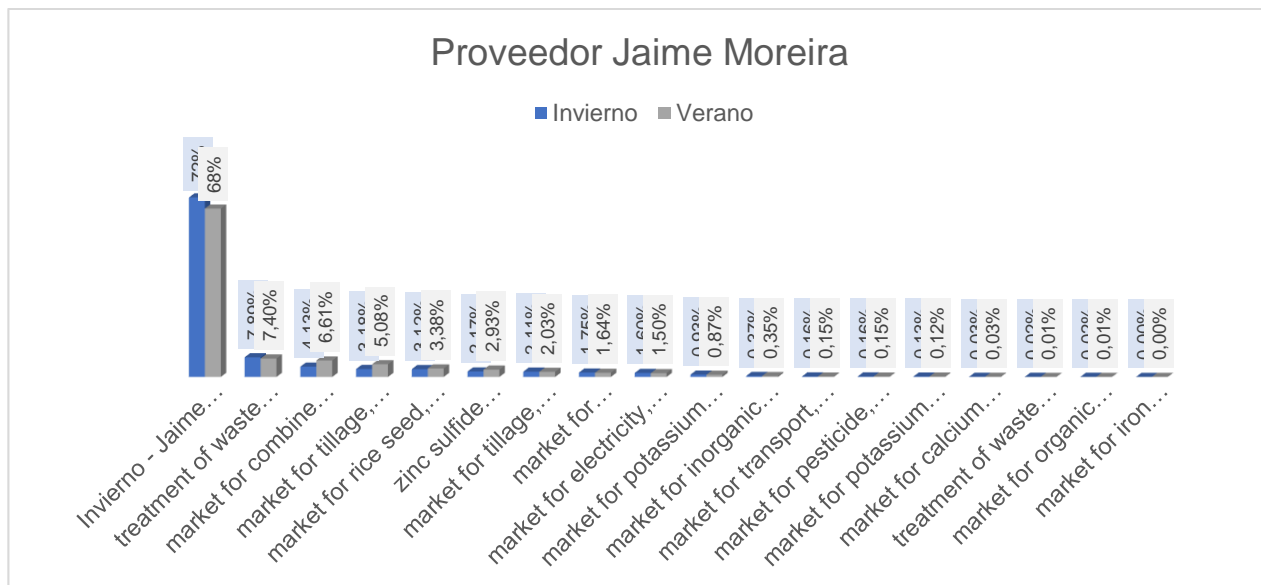
**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 20, para el productor Víctor Román, se puede apreciar que el mayor subsistema que contribuye al impacto son las emisiones directas del campo con el 94.63% en invierno y con el 67 % en verano debido a la emisión de metano del cultivo inundado, seguido de la producción y distribución de los pesticidas usados para la siembra en verano con un 9.67 % y con el 1.47 % en invierno. Para el caso de los pesticidas, la época es un factor importante que se considera en el cálculo de las emisiones en el software utilizado.



**Figura 4.21:** Contribución de subsistemas para el cambio climático – proveedor Jaime Moreira.

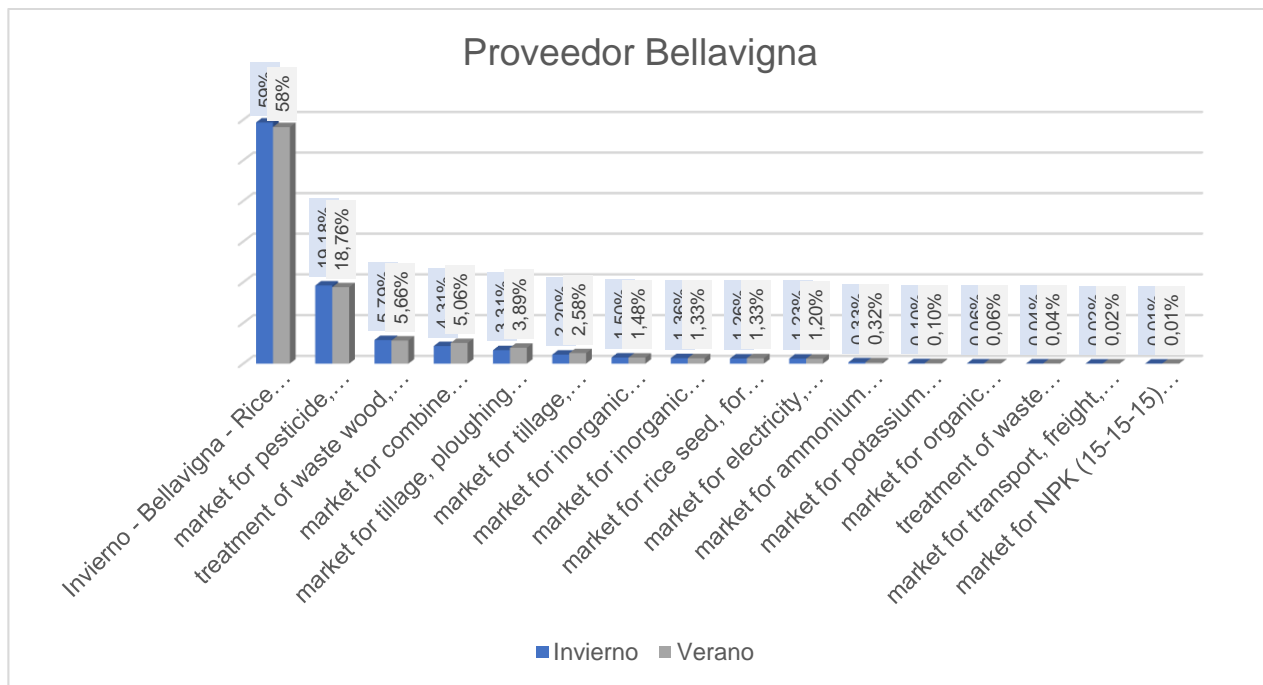


**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 21, para el productor Jaime Moreira se puede apreciar que el mayor subsistema que contribuye al impacto son las emisiones directas del campo con el 72% en invierno y con el 68 % en verano debido a la emisión de metano del cultivo inundado, seguido de la quema de la paja de arroz en las 2 épocas con 7.8 % invierno y 7.4 % en verano que genera emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$  y  $\text{NO}_x$ . Cabe mencionar, que la operación mecanizada de la cosecha contribuye con 6.61 % en verano y con el 4.13 % en invierno.

**Figura 4.22:** Contribución de subsistemas para el cambio climático – proveedor Bellavigna.

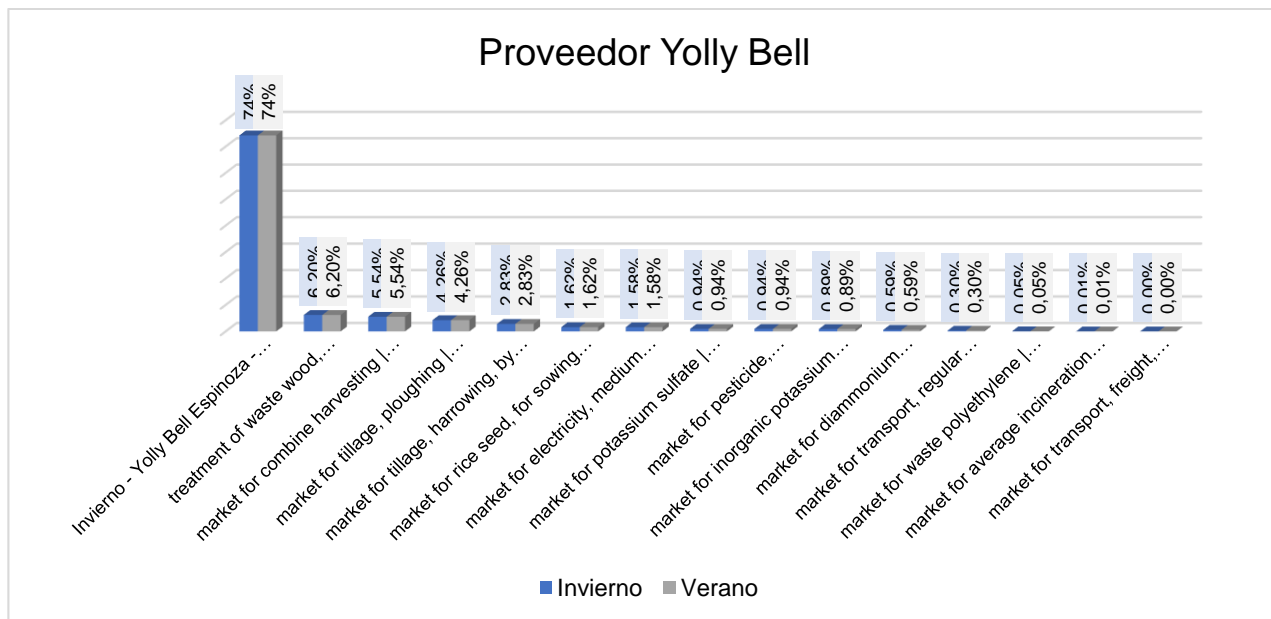


**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 22, para el productor Bellavigna se puede apreciar que el subsistema que contribuyen con un mayor peso al impacto son las emisiones directas del campo con el 59% en invierno y con el 58% en verano debido a la emisión de metano del cultivo inundado, seguido de la producción y comercialización de pesticidas con el 19.18% en invierno y con el 18.76% en verano como en el caso de Víctor Román, lo cual es debido a las emisiones generadas al medio ambiente al reaccionar sus ingredientes activos.

**Figura 4.23:** Contribución de subsistemas para el cambio climático – proveedor Yolly Bell.



**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 23, para el productor Yolly Bell, se puede apreciar que el subsistema que contribuye con un mayor peso al impacto son las emisiones directas del campo con el 74% en invierno y verano debido a la emisión de metano del cultivo inundado. En segundo lugar se encuentra la quema de la paja de arroz como para el caso del productor Jaime Moreira, la cual contribuye con el 6.2% y en tercer lugar el uso de las cosechadoras combinadas con 5.54%, donde hay emisiones por el uso de combustibles fósiles en la maquinaria.

#### 4.2.3 Análisis de contribución de resultados a nivel de producto final (para indicador cambio climático y agotamiento de combustibles fósiles)

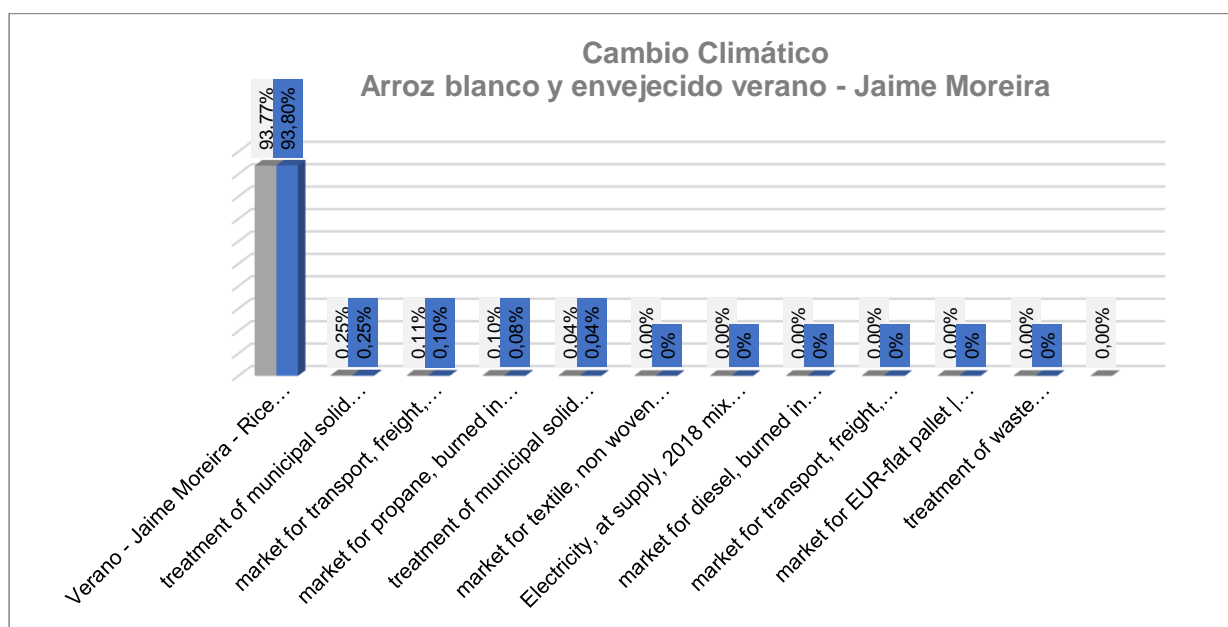
Para el análisis de contribución de los resultados obtenidos a nivel del producto final en el proceso industrial, se consideró el indicador de impacto Cambio climático siendo de mayor interés en la actualidad y el indicador de Agotamiento de combustibles fósiles por el alto consumo en las operaciones mecanizadas y uso de energía eléctrica en el cultivo.

De igual forma que en el análisis a nivel global de los indicadores, se consideró como proveedores de la materia prima a Víctor Román y Jaime Moreira.

#### 4.2.3.1 Cambio Climático

En la figura 24 se presenta una comparación de la distribución de los subsistemas para el indicador de cambio climático para el caso de Jaime Moreira como proveedor del arroz del campo, en la cual se observa que la mayor contribución es para la producción agrícola del arroz en cáscara tanto para arroz blanco como envejecido con un 93.77 % y 93.80% respectivamente, seguido del subsistema del tratamiento de los residuos de ceniza con un 0.25 % del proceso de secado que solo son trasladados al relleno sanitario de Daule.

**Figura 4.24:** Comparación de contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de cambio climático – Jaime Moreira.



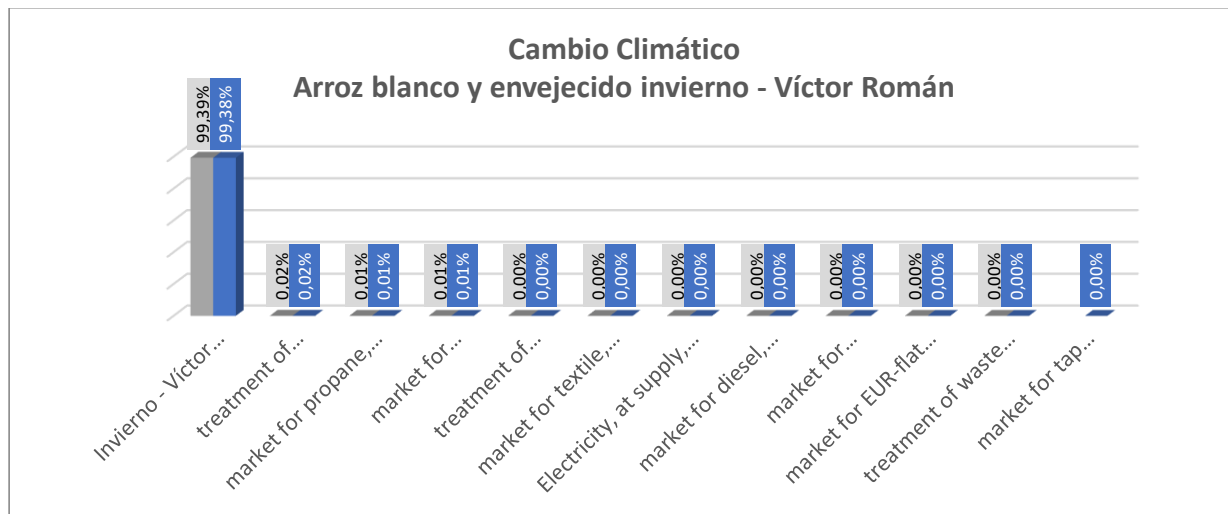
**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 25 se muestra la comparación de la distribución de los subsistemas para el indicador de cambio climático para el caso de Víctor Román como proveedor del arroz del campo, observado que la mayor contribución del impacto se da en la producción agrícola del arroz en cáscara tanto para arroz blanco como envejecido con un 99.39 % y 99.38% respectivamente. Seguido del subsistema del tratamiento de los residuos de

ceniza con un 0.02 % del proceso de secado que solo son trasladados al relleno sanitario de Daule.

**Figura 4.25:** Contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de cambio climático – Víctor Román.



**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

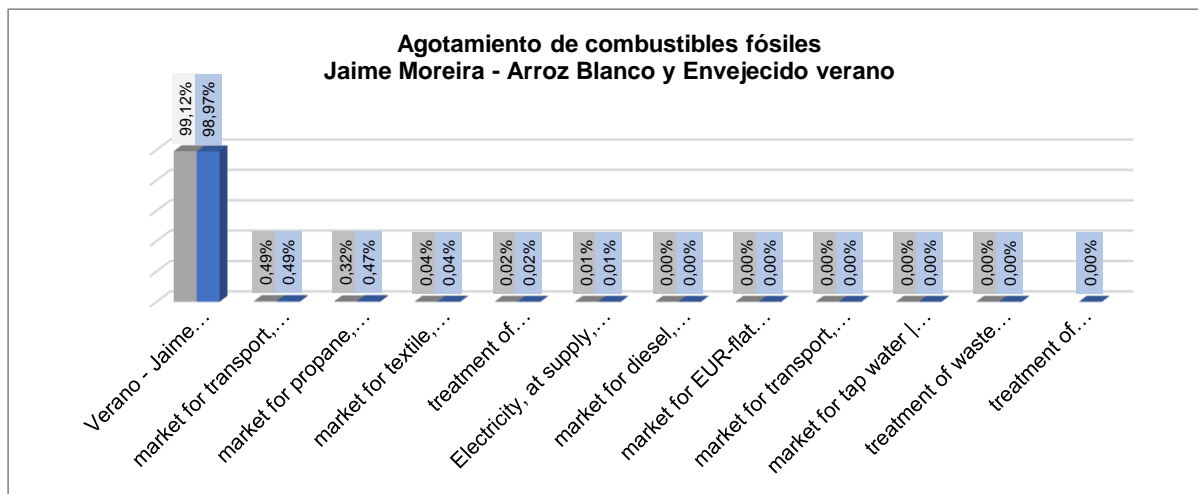
En resumen, se puede decir que la producción agrícola del arroz es el que contribuye casi en su totalidad al impacto del Cambio Climático debido a la gran cantidad de emisiones que se general del manejo de este. Estos resultados están en concordancia por lo obtenido por (Blengini & Busto, 2009), (Espa et al., 2006) y (Hokazono & Hayashi, 2012) .

#### 4.2.3.2 Agotamiento de combustibles fósiles

Para el análisis de contribución del impacto de Agotamiento de combustibles fósiles también se ha considerado a los productores Víctor Román y Jaime Moreira.

En la figura 26 se grafica la comparación de la distribución de los subsistemas para el indicador agotamiento de combustibles fósiles para el caso de Jaime Moreira como proveedor del arroz del campo, observándose que la mayor contribución es para la producción agrícola del arroz en cáscara tanto para arroz blanco como envejecido con un 99.12 % y 98.97% respectivamente. Seguido del subsistema del transporte de la materia prima del campo a la planta en camiones que utilizan diésel como combustible con un 0.49 % para los dos productos. Cabe mencionar que en tercer lugar se posiciona el uso del GLP con 0.32 % y 0.47% en la etapa del secado para elevar la temperatura en la combustión como se lo describe en el capítulo 3.

**Figura 4.26:** Contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de agotamiento de combustibles fósiles – Jaime Moreira.



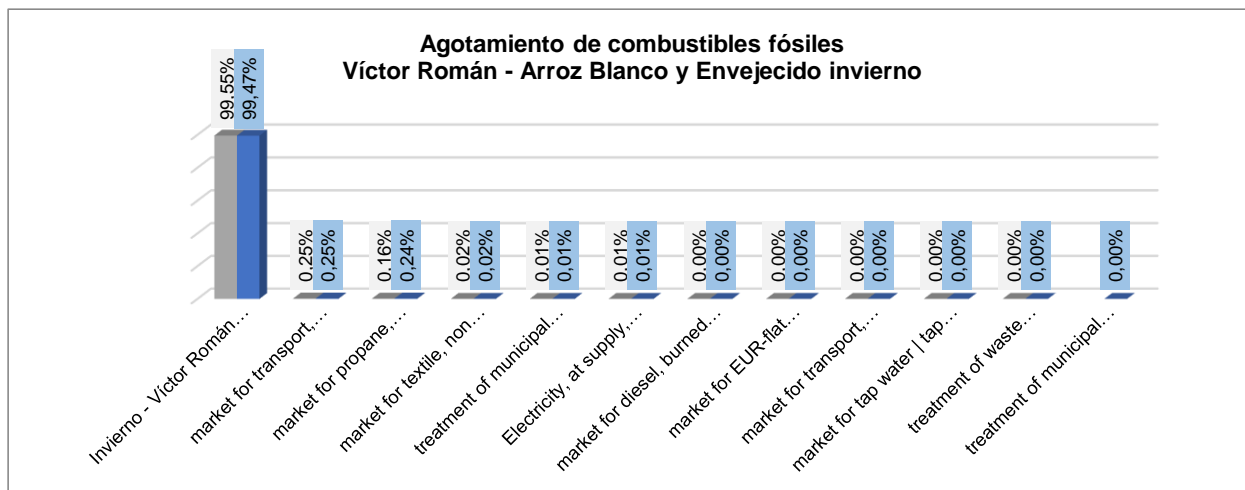
**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

En la figura 27 se presenta la comparación de la distribución de los subsistemas para el indicador agotamiento de combustibles fósiles para el caso de Víctor Román como proveedor del arroz del campo, siendo la mayor contribución la producción agrícola del arroz en cáscara para la obtención del arroz blanco como envejecido con un 99.55 % y 98.47% respectivamente. Seguido del subsistema del transporte de la materia prima del campo a la planta en camiones que utilizan diésel como combustible con un 0.25 % para los dos productos. Cabe mencionar que en tercer lugar está el uso del GLP con 0.16 % y 0.24%.

Se puede observar entre las gráficas que el impacto de Agotamiento de combustibles fósiles genera la mayor contribución de emisiones en la etapa de producción agrícola del arroz, por consiguiente produce el mayor impacto para el Cambio Climático.

**Figura 4.27:** Contribución de subsistemas del proceso industrial para el impacto de agotamiento de combustibles fósiles – Víctor Román.



**Fuente:** Autores.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.

#### 4.2.4 Comparación con estudios previos

Para validar los resultados obtenidos en el presente estudio, se comparó los resultados con estudios similares realizados en otros países de América del Sur, Europa y Occidente que se muestran la tabla 21.

**Tabla 21:** Resultados de indicadores de impacto de Cambio Climático de la producción agroindustrial del arroz de otros estudios realizados.

LUGAR	UNIDAD FUNCIONAL DEL ESTUDIO	RESULTADO INDICADOR CAMBIO CLIMÁTICO	FUENTE
Guayas, Ecuador	Cultivo: 1 Ton de arroz cosechado	Victor Román (Invierno): 2.53 E+9 kg CO <sub>2</sub> eq/ ton Jaime Moreira (Verano): 2.35 E+8 CO <sub>2</sub> eq/ ton  Arroz envejecido – Jaime Moreira: 5.13 E+5 kg CO <sub>2</sub> eq/ ton	Autores

	Proceso industrial: 1 Ton de arroz pulido empacado	Arroz envejecido – Victor Román: 5.18 E+9 kg CO <sub>2</sub> eq/ ton Arroz blanco – Jaime Moreira: 5.13 E+5 kg CO <sub>2</sub> eq/ ton Arroz blanco – Victor Román: 5.18 E+9 kg CO <sub>2</sub> eq/ ton	
Huila, Colombia	1 Ha de arroz cosechado por ciclo	998.1 +/- 365.3 kg CO <sub>2</sub> eq /ha-cosecha 163.3 +/- 55.8 kg CO <sub>2</sub> eq/ ton	(Andrade et al., 2015)
China subtropical	1 tonelada métrica de arroz cascara seco	Arroz orgánico: 2676 kg CO <sub>2</sub> eq/ton Arroz convencional: 1657 kg CO <sub>2</sub> eq/ton	(He, Qiao, Liang, Trydeman, et al., 2018)
Norte de Irán	1 tonelada del arroz cascara cultivado.	Región Amol: 277.21 kg CO <sub>2</sub> eq/ton Región Rasht: 275.79 kg CO <sub>2</sub> eq/ton	(Habibi et al., 2019)
Vercelli (Italia)	1 kg de arroz pulido despachado	2.9 kg CO <sub>2</sub> eq/ kg	(Blengini & Busto, 2009)
Región de Taihu, China	1 tonelada de arroz cáscara	1600 kg CO <sub>2</sub> eq/ton	(Taylor et al., n.d.)
Japón	1 kg de arroz integral descascarado.	Convencional: 6.3 E3 kg CO <sub>2</sub> eq/ha - 1.46 CO <sub>2</sub> eq/kg Amigable con medio ambiente: 7E3 kg CO <sub>2</sub> eq/ha - 1.58 kg CO <sub>2</sub> eq/kg Orgánico: 7E3 kg CO <sub>2</sub> kgeq/ha - 2 kg CO <sub>2</sub> eq/kg	(Hokazono & Hayashi, 2012)

**Fuente:** Revisión bibliográfica.

**Elaborado por:** Sthefania Piedra y Cristhian Quimí, año 2021.



Considerando la unidad funcional establecida de 1 Ton de arroz cosechado, los resultados obtenidos para el caso del sistema del cultivo del arroz son mucho más altos para los 4 productores analizados que de los otros estudios investigados. Se podría considerar que dentro de las razones de las diferencias podría ser los límites del sistema, el uso excesivo de fertilizantes así como de pesticidas en la zona estudiada, características del suelo cultivado y condiciones ambientales del sector. Como el cultivo de arroz en el país en su mayoría todavía no está totalmente tecnificado y es manejado por pequeños y medianos agricultores que no siguen buenas prácticas agrícolas y ambientales por los costos de producción, desconocen todas las emisiones que están generando al agua, suelo y aire, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos en el presente estudio.

Para el caso del sistema global del proceso industrial que también se considera como unidad funcional 1 Ton de arroz pilado empacado, de igual forma los resultados del presente estudio son mayores a los estudios que han incluido la parte industrial en su análisis de ciclo de vida porque toda la contribución está a nivel agrícola.

El presente estudio solo coincide con los estudios revisados en que más del 95 % de las emisiones están concentradas en el cultivo del arroz (Osipovich, 2005) y es donde se deben implementar propuestas para reducir estas emisiones.

En la parte agroindustrial, la empresa de estudio en la etapa de secado del arroz utiliza como combustible principal la cascarilla de arroz, lo cual disminuye considerablemente las emisiones que aportan al indicador de cambio climático. Según estudios realizados (Delgado-plaza et al., 2020), las secadoras de la empresa estarían dentro de la clasificación de categoría 2, en donde utilizan biomasa como combustible principal, diésel para el inicio de la combustión y GLP solo para elevar la temperatura según las condiciones climáticas.

## CAPÍTULO 5

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Luego de cuantificar el desempeño ambiental de la producción agroindustrial en la provincia del Guayas se puede concluir que falta una cultura ambiental a nivel del cultivo del arroz que está ocasionando un gran impacto al medio ambiente, realizando actividades como la quema de la paja del arroz a cielo abierto para optimización del tiempo de siembra, la quema de los envases vacíos de los agroquímicos usados a nivel de los productores pequeños o medianos y el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, en especial la urea que contiene el 40 % de nitrógeno y pesticidas en las etapas del cultivo.

Los resultados obtenidos son mucho más alto que de otros estudios revisados debido a la falta de conocimiento adecuado en el manejo del cultivo del arroz en la provincia del Guayas.

En el análisis de contribución a nivel del cultivo, dentro los 4 productores evaluados, la mayor contribución es por las emisiones propias del campo que reacciona al recibir los productos químicos en la etapa de fertilización y controles fitosanitarios durante el manejo del mismo. Dentro de otro subsistema que contribuye de manera importante esta la quema de la paja del arroz luego de su cosecha.

Al analizar todo el sistema de producción del arroz pilado, se confirma que toda la contribución de emisiones contaminantes se encuentra en la producción agrícola del arroz.

Finalmente, es necesario indicar que la empresa utilizada para el análisis industrial, actualmente se encuentra realizando actividades sostenibles dentro de la industrialización del arroz como el uso de la cascarilla del arroz como combustible para el secado de la materia prima así como para el caldero en la producción de vapor. Así como la venta de la mayor parte de los subproductos que se generan del proceso de limpieza y pilado.

#### 5.2 Recomendaciones

Realizar un estudio similar en otras provincias arroceras del Ecuador para comparar los resultados a nivel del país y evaluar quien tiene un manejo más sostenible del cultivo del arroz.

Trabajar con los productores sobre el correcto manejo de la paja del arroz que se genera luego de la cosecha que es uno de los subproductos que tiene diferentes usos como bio

combustible, producción de energía o material de construcción, entre otros que han sido evaluados en otros países arroceros para reducir los impactos ambientales de este tipo de cultivo.

Establecer un plan de capacitación integral del manejo del cultivo de arroz a nivel ambiental con la entidad respectiva del gobierno para que los pequeños y medianos productores comprendan la importancia de este tema en la actualidad. Entre los temas a considerar serían la disminución del uso de fertilizantes nitrogenados como es el caso de la Urea, uso adecuado de pesticidas, manejo de residuos orgánicos e inorgánicos, optimización del uso del agua y preparación del suelo previo a la siembra,

Analizar la posibilidad de introducir en la producción agrícola productos más amigables con el medio ambiente de origen vegetal sobre todo para las etapas de fertilización y control fitosanitario en el campo con el apoyo del gobierno o la empresa privada que según la revisión bibliográfica es una opción que reduce considerablemente los impactos ambientales por la eliminación de pesticidas o fertilizantes sintéticos que son uno de los subsistemas que contribuyen a los impactos ambientales.

Considerando que uno de los subsistemas que genera altas emisiones para el aumento del cambio climático es el uso de fertilizantes que tiene que ver con la cantidad aplicada, se debería establecer estrategias de agricultura de precisión para la disminución de cantidad utilizada en base a un análisis inicial de nutrientes del suelo, lo cual no es habitual en el proceso del cultivo del arroz para pequeños y medianos productos.

## BIBLIOGRAFIA

- (CFN), C. F. N. (2017). *Ficha Sectorial*. 1(1), 24. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2017/10/FS-October-2017.pdf>
- Acero, A. A. P., Rodríguez, C., & Ciroth, A. (2016). *LCIA methods Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories. February 2014*, 1–23.
- Andrade, H. J., Campo, O., & Segura, M. (2015). Huella de carbono del sistema de producción de arroz (*Oryza sativa*) en el municipio de Campoalegre, Huila, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 25. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol15\\_num1\\_art:394](https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:394)
- Bartual, J., & Berenguer, J. (1983). NTP 143: Pesticidas: clasificación y riesgos principales. *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España*, 4.
- Blengini, G. A., & Busto, M. (2009). The life cycle of rice: LCA of alternative agri-food chain management systems in Vercelli (Italy). *Journal of Environmental Management*, 90(3), 1512–1522. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.10.006>
- Cercado, J. L. Z. (2016). *Efecto de diferentes mezclas de herbicidas en el control de las principales malezas asociadas al cultivo de arroz* (Issue June).
- Claro, J., Dekermendjian, H., Fortuna, A., Oreamuno, M. A. A., Karumathy, G. M., Lucarelli, L., Marocco, E., & Milo, M. (2020). *Perspectivas alimentarias*.
- Del, M. (n.d.). *Capítulo 3 metodología del análisis del ciclo de vida*.
- Delgado-plaza, E., Quilambaqui, M., Peralta-jaramillo, J., Apolo, H., & Vel, B. (2020). *applied sciences Estimation of the Energy Consumption of the Rice and Corn Drying Process in the Equatorial Zone*.
- Dijkman, T. J. (2014). *PestLCI 2.0 manual* (Vol. 20).
- Ecuaquimica. (2009). *Información técnica del arroz*. 27(7).
- EMEP/EAA. (2016). 3.D Crop production and agricultural soils Contents. *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016*, 31.
- Energy Procedia rice husk in Malaysia*. (2012). <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.887>
- Espa, S., Metodolog, E., Seg, A. C., Snap, N. N., Nfr, C. R. F., Nacional, I., Nacional, I., Hfcs, I. E., PfcS, N. A., Sf, N. A., & Observaciones, N. A. (2006). *Emisiones De Co 2 Debidas a La Fertilización Con Urea*.

- FAO-IPCC Manual Estimación GEI. (2014). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura Un manual para abordar los requisitos*.
- FAO. (2014). *Generadores de CO2 eq. 2014*.
- H. Scott Matthews, Chris T. Hendrickson, and D. M. (2012). *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter*. 66, 37–39. file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc\_o\_00042\_01.pdf
- Habibi, E., Niknejad, Y., Fallah, H., Dastan, S., & Tari, D. B. (2019). Life cycle assessment of rice production systems in different paddy field size levels in north of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(4). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7344-0>
- He, X., Qiao, Y., Liang, L., Knudsen, M. T., & Martin, F. (2018). Environmental life cycle assessment of long-term organic rice production in subtropical China. *Journal of Cleaner Production*, 176, 880–888. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.045>
- Hokazono, S., & Hayashi, K. (2012). Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: A comparison among three rice production systems in Japan. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 28, pp. 101–112). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.005>
- INEC- ESPAC. (2019). *Principales Resultados ESPAC*. 43.
- IPCC. (2006). *EMISIONES DE N2 O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO2 DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE*.
- IPCC. (2019). *CHAPTER 5*.
- Irfan, M., Riaz, M., Saleem, M., Muhammad, S., Saleem, F., & Berg, L. Van Den. (2014). Estimation and characterization of gaseous pollutant emissions from agricultural crop residue combustion in industrial and household sectors of Pakistan. *Atmospheric Environment*, 84, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.11.046>
- Kunimitsu, Y., & Ueda, T. (2013). *Economic and environmental effects of rice-straw bioethanol production in Vietnam*. 411–421. <https://doi.org/10.1007/s10333-012-0332-4>
- Luis Osipovich Gamarra. (2005). *Emisión de Gases de Efecto Invernadero del Cultivo de Arroz en Honduras, para el 2000*.
- Magap. (2019a). *Informe de Rendimientos Objetivos Arroz en cáscara Segundo Ciclo 2019*.
- Magap. (2019b). *Informe de Rendimientos Objetivos primer ciclo 2019*. 3–10.
- Magrin, G., & Rica, C. (2008). *Agricultura y Cambio Climático Global*. 1–7.
- Meeusen, M. J. ., & Weidema, B. P. (2000). Agricultural data for Life Cycle Assessments.

In *European Invitational Expert Seminar on Life Cycle Assessment of Food Products* (Vol. 2, Issue February).

- Mundial, M. (1993). SUMMARY OF 1993 WHO/ISH GUIDELINES FOR THE MANAGEMENT OF MILD HYPERTENSION: MEMORANDUM FROM A WHO/ISH MEETING: Guidelines Sub-committee of WHO/ISH Mild Hypertension Liaison Committee. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 20(12), 801–808. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x>
- Nemecek, T., & Kägi, T. (2007). *Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems*. 15.
- Osipovich, G. (2005). *Emision de gases de Efecto Invernadero del Cultivo de Arroz en Honduras, para el 2000*.
- Quijije, B., Carvajal, S., Garcia, K., & Cedeño, W. (2019). Costo, volumen y utilidad del cultivo de arroz, cantón Samborondón (Ecuador). *Espacios*, 10, 16.
- Quispe, I., Navia, R., & Kahhat, R. (2019). Life Cycle Assessment of rice husk as an energy source . A Peruvian case study. *Journal of Cleaner Production*, 209, 1235–1244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.312>
- Rice, I., & Bank, K. (2020). *Paja de arroz. Figura 1, 2–5*.
- Rodríguez, J. (1999). FERTILIZACION DEL CULTIVO DELARROZ (*Oryza sativa*). In *XI Congreso Agronómico /III Congreso Nacional de Suelos 1999*.
- Sara, R. (2017). *Estrategias para minimizar el consumo de agua del cultivo de arroz en Uruguay manteniendo su productividad Strategies to Minimize Water Consumption while Maintaining Productivity in Uruguayan Rice Production*. 18, 109–119.
- Shie, J., Chang, C., Chen, C., Shaw, D., Chen, Y., & Kuan, W. (2011). Bioresource Technology Energy life cycle assessment of rice straw bio-energy derived from potential gasification technologies. *Bioresource Technology*, 102(12), 6735–6741. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.116>
- Suramaythangkoor, T., & Ñ, S. H. G. (2008). *Potential of practical implementation of rice straw-based power generation in Thailand*. 36, 3193–3197. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.05.002>
- Taylor, P., Wang, M., Xia, X., Zhang, Q., & Liu, J. (n.d.). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology Life cycle assessment of a rice production system in Taihu region , China. March 2013*, 37–41. <https://doi.org/10.1080/13504501003594224>
- Trabajo, G. De, Grupo, I., Alley, R. B., Unidos, E., Noruega, T. B., Sudáfrica, B. H., Hoskins, B. J., Unido, R., Suiza, F. J., Francia, J. J., Somerville, R., Unidos, E., & Suiza, T. F. S. (2018). *Resumen Técnico*.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Cuestionario usado en entrevistas a productores

ENTREVISTA A PRODUCTOR DE ARROZ

NOMBRE:

FECHA:

1. ¿Cuántas cosechas tiene en el año y cuál es la más grande?
2. ¿Qué productos utiliza para su cultivo (fertilizantes, abonos, plaguicidas)? y el control del consumo lo realiza por cosecha o por año?
3. ¿Dónde compra los agroquímicos para el cultivo y si está cerca de la zona?
4. ¿Utiliza ceniza de tamo como abono para el cultivo de arroz?
5. ¿Qué hace con los envases vacíos de los agroquímicos?
6. ¿Cómo prepara la tierra para un nuevo cultivo?
7. ¿Qué agua utiliza para la preparación de los agroquímicos?
8. ¿Cómo coloca las semillas (directo o con semilleros)?
9. ¿Realiza análisis a la tierra?
10. ¿De dónde obtiene el agua para el riego?
11. ¿Tiene bomba para extracción de agua a diésel o con electricidad?
12. ¿Lleva un control del consumo de agua? O la cantidad de agua para el riego?
13. ¿Cuál es la técnica para el riego del cultivo?
14. ¿Cómo lleva el control del consumo de diésel en el cultivo, por cosecha??
15. ¿Qué hace con la paja del arroz que se genera cuando se cosecha el arroz? La dejan en la tierra, se la recoge?
16. ¿Cuáles son los desechos orgánicos que se generan del cultivo?
17. ¿Utiliza la soca para volver a sembrar? o utiliza semilla nueva?
18. ¿Tiene una cosechadora propia o la alquila?
19. ¿Si la alquila la cosechadora, como es la forma de alquiler (por horas, por cosecha) y donde la alquila?
20. ¿La cosechadora se la dan con combustible o sin combustible? Cuál es el tiempo de vida útil de una cosechadora? Si es sin combustible, cuánto consume?
21. ¿Cuántos días dura una cosecha? y cuántas horas por día se toman?
22. ¿Al momento de cosechar, para cuántas Ha se arregla con 1 cosechadora?
23. ¿Cuál es el rendimiento por cosecha? Y de qué depende?







CALCULO DE EMISIONES DE METANO CH4						
CALCULO PARA TODA EL AREA COSECHADA						
AGRICULTOR	Tipo de ecosistema del arroz	Area del cultivo (Ha)	Cosechas del cultivo/año (#)	Area cosechada(Ha/año)		
		A	B	C= AxB		
Yolly Bell Espinoza (Natural)	Irrigacion(inundación continua)	4	2	8		
Victor Roman (proveedor de Labiza)	Irrigacion(inundación continua)	45	2	90		
Jaime Moreira (proveedor de Labiza)	Irrigacion(inundación continua)	50	2	100		
Bellavigna (proveedor de Labiza)-comerciante	Irrigacion(inundación continua)	40	2	80		
CALCULO PARA FACTOR DE EMISION DIARIO AJUSTADO						
AGRICULTOR	Tipo de ecosistema del arroz	Baseline Emission Factor (EFc) (kg CH4 ha-1 d-1) [from Table 5.11]	Scaling Factor for Water Regime during Cultivation (SFw) [from Table 5.12]	Scaling Factor for Pre-season Water Regime (SFp) [from Table 5.13]	Scaling Factor for Organic Amendment (SFo) [using Equation 5.4 and Table 5.16]	Adjusted Daily Emission Factor (EFI) [kg CH4 ha-1 d-1] I=(ExFxGxH)
		E	F	G	H	
Yolly Bell Espinoza (Natural)	Irrigacion(inundación continua)	1,27	1	2,41	n/a xq la paja es quemada luego de la cosecha del arroz	3,0607
Victor Roman (proveedor de Labiza)	Irrigacion(inundación continua)	1,27	1	2,41	n/a xq la paja es quemada luego de la cosecha del arroz	3,0607
Jaime Moreira (proveedor de Labiza)	Irrigacion(inundación continua)	1,27	1	2,41	n/a xq la paja es quemada luego de la cosecha del arroz	3,0607
Bellavigna (proveedor de Labiza)-comerciante	Irrigacion(inundación continua)	1,27	1	2,41	n/a xq la paja es quemada luego de la cosecha del arroz	3,0607

**CALCULO PARA LAS EMISIONES TOTALES DE METANO DEL CULTIVO DEL ARROZ**

AGRICULTOR	Tipo de ecosistema del arroz	Harvested Area (ha yr-1) [from Table 5.17]	Adjusted Daily Emission Factor (EFi) [kg CH4 ha-1 d-1] [from Table 5.18]	Cultivation Period (days)	Methane Emissions (Gg CH4 y-1) $K = [(C \times I \times J) / 10e6]$	Metano (kg CH4 /Ha-cosecha)
		C	I	J		
Yolly Bell Espinoza (Natural)	Irrigacion(inundación continua)	8	3,0607	120	0,003	367,284
Victor Roman (proveedor de Labiza)	Irrigacion(inundación continua)	90	3,0607	120	0,033	367,284
Jaime Moreira (proveedor de Labiza)	Irrigacion(inundación continua)	100	3,0607	120	0,037	367,284
Bellavigna (proveedor de Labiza)-comerciante	Irrigacion(inundación continua)	80	3,0607	120	0,029	367,284

**Calculo de energía eléctrica en el cultivo del arroz**

TEMPORADA	BOMBAS	POTENCIA (HP)	VOLTAJE	POTENCIA (WATT)	HORARIO	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	DÍAS DE FUNCIONAMIENTO	CICLOS/COSECHA	HORAS FUNC./COSECHA-BOMBA	CONSUMO (Kw/h)/COSECHA-BOMBA	CONSUMO (Kw/h)-COSECHA	Ha (Daule y Lomas de S.)	CONSUMO ELÉCTRICO/Ha
INVIERNO	1	500	4000	372850,00	22H00 A 17H00	19	10	6	1140	425049,00	1275147,00	1050	1214,43
	2	500	4000	372850,00	22H00 A 17H00	19	10	6	1140	425049,00			
	3	500	4000	372850,00	22H00 A 17H00	19	10	6	1140	425049,00			
VERANO	1	500	4000	372850,00	22H00 A 17H00	19	10	6	1140	425049,00	1700196,00	1050	1619,23
	2	500	4000	372850,00	22H00 A 17H00	19	10	6	1140	425049,00			
	3	500	4000	372850,00	22H00 A 17H00	19	10	6	1140	425049,00			
	4	500	4000	372850,00	22H00 A 17H00	19	10	6	1140	425049,00			

# CALCULO PARA PESTICIDAD -PREPARACIÓN DEL SUELO

Yolly Bell

Results	
Selected pesticide	Acetochlor <small>msd</small>
Crop type selection	Cereals II - tillering <small>msd</small>
Soil selection	Soil 5 high salt (0.26/0.38/0.36/oc0... <small>msd</small>
Climate selection	08 - Mediterranean 1 E Thessalon... <small>msd</small>
Month selection	February <small>msd</small>

Summed emissions to the environmental compartments Results as a fraction of applied dose (kg/ha / kg/ha)	
Emissions to air (fraction)	(-) : 1.3e-002 <small>msd</small>
Emissions to surface water (fraction)	(-) : 4.7e-005 <small>msd</small>
Emissions to groundwater (fraction)	(-) : 9.8e-004 <small>msd</small>

Mass balance	
Summed emissions (fraction)	(-) : 1.4e-002 <small>msd</small>
Degradation and uptake (fraction)	(-) : 9.9e-001 <small>msd</small>
Mass balance (fraction out)	(-) : 1e+000 <small>msd</small>

Input and output table

Pesticide table

Soil table

Climate data

All data

Summed emissions (2) Results as % of applied dose (kg/ha)	
Emissions to air (%)	(%) : 1.3e+000 <small>msd</small>
Emissions to surface water (%)	(%) : 4.7e-003 <small>msd</small>
Emissions ground water (%)	(%) : 9.8e-002 <small>msd</small>
Degradation and uptake (%)	(%) : 9.9e+001 <small>msd</small>

Results as dose (kg/ha) of applied dose (kg/ha)	
Emissions to air (dose)	(kg/ha) : 5.3e-002 <small>msd</small>
Emissions of surface water (dose)	(kg/ha) : 1.9e-004 <small>msd</small>
Emissions to ground water (dose)	(kg/ha) : 4e-003 <small>msd</small>
Degradation and uptake (dose)	(kg/ha) : 4e+000 <small>msd</small>

Wind drift	
Wind Drift - Final loss fraction	(-) : 5.8785m <small>msd</small>

Leaf processes	
Fraction reaching leaves	(-) : 0.4971 <small>msd</small>
Leaf - Final fraction degradation	(-) : 4.3e-001 <small>msd</small>
Leaf - Final fraction volatilization	(-) : 6.992e-0... <small>msd</small>
Leaf - Final fraction uptake	(-) : 4.7e-002 <small>msd</small>
Leaf - Fraction left on beginning rainfall	(-) : 9.3e-003 <small>msd</small>

Top soil processes	
Fraction reaching soil	(-) : 0.4971 <small>msd</small>
Top soil - Final fraction degradation	(-) : 7.9e-002 <small>msd</small>
Top soil - Final fraction volatilization	(-) : 1.2e-009 <small>msd</small>
Top soil - Fraction available for leaching, runoff,...	(-) : 0.42 <small>msd</small>

Sub soil processes	
Macropore fraction	(-) : 5.2e-004 <small>msd</small>
Runoff fraction	(-) : 4.7e-005 <small>msd</small>
Subsoil - Final fraction biodegraded	(-) : 4.3e-001 <small>msd</small>
Subsoil - Final fraction drained	(-) : 0e+000 <small>msd</small>
Subsoil - Final fraction reaching groundwater	(-) : 4.6e-004 <small>msd</small>

Background data

Results	
Selected pesticide	Acetochlor <small>msd</small>
Crop type selection	Cereals II - tillering <small>msd</small>
Soil selection	Soil 5 high salt (0.26/0.38/0.36/oc0... <small>msd</small>
Climate selection	08 - Mediterranean 1 E Thessalon... <small>msd</small>
Month selection	February <small>msd</small>

Summed emissions to the environmental compartments Results as a fraction of applied dose (kg/ha / kg/ha)	
Emissions to air (fraction)	(-) : 1.3e-002 <small>msd</small>
Emissions to surface water (fraction)	(-) : 4.7e-005 <small>msd</small>
Emissions to groundwater (fraction)	(-) : 9.8e-004 <small>msd</small>

Mass balance	
Summed emissions (fraction)	(-) : 1.4e-002 <small>msd</small>
Degradation and uptake (fraction)	(-) : 9.9e-001 <small>msd</small>
Mass balance (fraction out)	(-) : 1e+000 <small>msd</small>

Input and output table

Pesticide table

Soil table

Climate data

All data

Summed emissions (2) Results as % of applied dose (kg/ha)	
Emissions to air (%)	(%) : 1.3e+000 <small>msd</small>
Emissions to surface water (%)	(%) : 4.7e-003 <small>msd</small>
Emissions ground water (%)	(%) : 9.8e-002 <small>msd</small>
Degradation and uptake (%)	(%) : 9.9e+001 <small>msd</small>

Results as dose (kg/ha) of applied dose (kg/ha)	
Emissions to air (dose)	(kg/ha) : 5.3e-002 <small>msd</small>
Emissions of surface water (dose)	(kg/ha) : 1.9e-004 <small>msd</small>
Emissions to ground water (dose)	(kg/ha) : 4e-003 <small>msd</small>
Degradation and uptake (dose)	(kg/ha) : 4e+000 <small>msd</small>

Wind drift	
Wind Drift - Final loss fraction	(-) : 5.8785m <small>msd</small>

Leaf processes	
Fraction reaching leaves	(-) : 0.4971 <small>msd</small>
Leaf - Final fraction degradation	(-) : 4.3e-001 <small>msd</small>
Leaf - Final fraction volatilization	(-) : 6.992e-0... <small>msd</small>
Leaf - Final fraction uptake	(-) : 4.7e-002 <small>msd</small>
Leaf - Fraction left on beginning rainfall	(-) : 9.3e-003 <small>msd</small>

Top soil processes	
Fraction reaching soil	(-) : 0.4971 <small>msd</small>
Top soil - Final fraction degradation	(-) : 7.9e-002 <small>msd</small>
Top soil - Final fraction volatilization	(-) : 1.2e-009 <small>msd</small>
Top soil - Fraction available for leaching, runoff,...	(-) : 0.42 <small>msd</small>

Sub soil processes	
Macropore fraction	(-) : 5.2e-004 <small>msd</small>
Runoff fraction	(-) : 4.7e-005 <small>msd</small>
Subsoil - Final fraction biodegraded	(-) : 4.3e-001 <small>msd</small>
Subsoil - Final fraction drained	(-) : 0e+000 <small>msd</small>
Subsoil - Final fraction reaching groundwater	(-) : 4.6e-004 <small>msd</small>

Background data

## ANEXO C

### Cálculos realizados para el inventario de entradas y salidas de la parte industrial

Periodo de datos:		2019								
Ubicación:		PLANTA								
Tecnología del proceso:		PROCESAMIENTO DEL ARROZ CASCARA EN ARROZ PILADO								
Unidad Funcional (1 ton)		1 ton de arroz empacado en sacos de 45.36 kg (22 sacos)				Blanco		Envejecido		
ETAPA		FLUJOS	Entradas/Salidas	CANTIDAD Blanco	CANTIDAD Envejecido	Unidades	Valor	Unidad	Valor	Unidad
FLUJO DE PRODUCTOS										
RECEPCION	Cultivo del arroz	Arroz cáscara humedo sucio(H:24% y 5% de impurezas)		202284,7628	197248,44	Ton/AÑO	2,039	Ton	2,0385	
	Transporte (camión)	Distancia de cultivo a la planta		24,7	24,70	km	50,351	ton-km	50,3511	
LIMPIEZA		Impurezas y paja de arroz		8091,390511	7889,94	Ton/AÑO	0,082	Ton	0,0815	
		Arroz cáscara humedo y limpio (H:24% y 1 % de impurezas)		194193,3723	189358,50	Ton/AÑO				
PRESECADO Y SECADO 1	Combustible	Diesel (para hacer la chispa)		360	360	lt/AÑO	0,151	MJ	0,1552	MJ
		GLP (para aumentar la temperatura)		91500	91500	kg/año	46,104	MJ	47,281	MJ
		Tamo (cascarilla de arroz)		33077,3	5160,61	Ton/año	0,333	Ton	0,0533	
		Arroz cascara Seco y Limpio a 10.8%		165386,60	161268,94	Ton/AÑO	1,667	Ton		
		Ceniza recolectada		330,77	51,61	Ton/AÑO	0,003	Ton	0,0005	
		Vapor de agua		28806,77	28089,56	Ton/año	0,290	Ton	0,2903	
GENERACION DE VAPOR		Agua potable			5135,34	m3/año			0,0531	m3
		Diesel (para hacer la chispa)			384,00	lt/AÑO			0,1655	MJ
	Transporte (Volqueta)	Transporte de Tamera al caldero/secadoras			0,17	km			0,057	ton-km
		Tamo (cascarilla de arroz)			6450,76	Ton/AÑO				
PROCESOS ESPECIALES (Envejecido y precocido)	Insumo	Vapor de agua del caldero			4108,28	Ton/año				
	Producto	Arroz cascara procesado humedo a 17%			172235,23	Ton/año				
	Transporte (Montacarga)	Distancia del Almacenamiento al proceso especial			0,22	km			0,0000023	ton-km
SECADO 2	Combustible	Diesel (para hacer la chispa)			96,00	lt/AÑO			0,0414	MJ
		GLP (para aumentar la temperatura)			38400,00	kg/año			19,8426	MJ
		Tamo (cascarilla de arroz)			12901,52	Ton/año				
		Arroz cascara procesado seco a 10,8 %			161268,94	Ton/año				
		Ceniza recolectada			129,02	Ton/año			0,0013	Ton
		Vapor de agua			10966,29	Ton/año			0,1133	
PILADO	Transporte (montacarga)	De Almacenamiento de materia prima a Piladora		0,136	0,136	km				
		60% Arroz pilado clasificado (P.primario)		99232,0	96761,36	Ton/año	1,000		1,0000	
		11% Arrocillo (Subproducto)		18192,5	17739,58	Ton/año	0,183		0,183	
		7% Polvillo (Subproducto)		11577,1	11288,83	Ton/año	0,117		0,117	
		0,50% Rechazo(Subproducto)		826,9	806,34	Ton/año	0,008		0,008	
		1,50% Impureza (Desecho)		2480,8	2419,03	Ton/año	0,025		0,025	
		20% Tamo(Subproducto)		33077,3	32253,79	Ton/año	0,333		0,333	
		Energía eléctrica	Para todo el proceso		79702,9	78076,32	KWh/año	0,803		0,807
ENVASADO	Material de empaque	Sacos de polipropileno		7,3	7,16	Ton/año	0,00007		0,00007	
	Estiba	Pallet de madera		150,0	150,00	unidades/año	0,00151		0,00155	
	Producto final	Arroz empacado en saco de 100 lb		99239,3	96768,52	Ton/año	1,00007		1,00007	
	Residuos	Sacos dañados PP		0,1	0,14	Ton/año	0,000001		0,000001	
ALMACENAMIENTO EMISIONES DE QUEMA DE TAMO	Transporte (montacarga)	Envasado a Bodega de Producto terminado		86	86,00	m		ton-m		
	Monoxido de carbono	CO		464405,57	452843,18	kg CO/Ton tamo-año	4,680000		4,6800	
	Dioxido de carbono biogenico	CO2		29123918,71	28398815,26	kg CO2/Ton tamo-año	293,493333		293,4933	
	Dioxido de nitrogeno	NO2		6284,69	6128,22	kg NO2/Ton tamo-año	0,063333		0,0633	
	Monoxido de nitrogeno	NO		45646,70	44510,23	kg NO/Ton tamo-año	0,460000		0,4600	
	Oxidos de nitrogeno	NOx		76408,61	74506,25	kg NOx/Ton tamo-año	0,770000		0,7700	
	Dioxido de azufre	SO2		3638,51	3547,92	kg SO2/Ton tamo-año	0,036667		0,0367	