



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Emisiones de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y
propuesta de medidas de mitigación ambiental**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTORA:

Yessenia Torres Fernandez

ASESOR:

Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz

Código: 6051821

Tarapoto – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

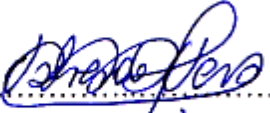



Emisiones de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y propuesta de medidas de mitigación ambiental

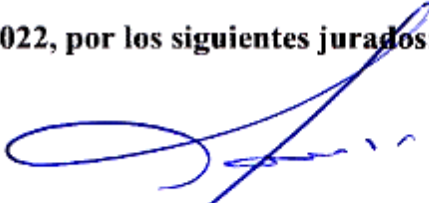
AUTORA:


Yessenia Torres Fernandez

Sustentada y aprobada el 15 de diciembre del 2022, por los siguientes jurados:


.....
Ing. M.Sc. Mirtha Felicit Valverde Vera
Presidente


.....
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Miembro


.....
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Secretario


.....
Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO **PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

Siendo las **3:00** de la tarde del día **jueves 15 de diciembre del 2022** en la ciudad de Moyobamba, según la Directiva N° 01-2020-UNSM-T, aprobado con Resolución N° 367-2020-UNSM/CU-R de fecha 29 de mayo del 2020, sobre Sustentación de Tesis de Pregrado según la Modalidad No Presencial (forma virtual) de la Facultad de Ecología, se reunieron virtualmente los miembros de jurado de tesis integrado por:

Ing. M. Sc. MIRTHA FELÍCITA VALVERDE VERA	PRESIDENTE
Ing. M.Sc. GERARDO CÁCERES BARDÁLEZ	SECRETARIO
Blgo. M.Sc. LUIS EDUARDO RODRIGUEZ PÉREZ	MIEMBRO
Ing. M.Sc. MARCOS AQUILES AYALA DÍAZ	ASESOR

Para evaluar la sustentación de la tesis titulado: **Emisiones de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y propuesta de medidas de mitigación ambiental**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Ambiental: **Yessenia Torres Fernández** según **Resolución N° 168 -2021-UNSM/CFT/FE** fecha **23 de junio del 2021**. Los señores miembros del jurado, después de haber escuchado la sustentación virtual, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de: **BUENO** y nota **DIECISEIS (16)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **16:40** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M. Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera
Presidente

Ing. M. Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Secretario

Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Miembro

Ing. M. Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz
Asesor

Dedicatoria de autenticidad

Yessenia Torres Fernandez, con DNI N° 73472892, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autora de la tesis titulada: **Emisiones de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y propuesta de medidas de mitigación ambiental.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la universidad nacional de San Martin.

Tarapoto, 15 de diciembre del 2022.



.....
Yessenia Torres Fernandez
DNI N° 73472892

Dedicatoria

A Dios por acompañarme y guiarme en cada paso que doy, por la bendición de cumplir con mis sueños y metas, por cada errores y certezas y por cada enseñanza. Por ser mi sustento espiritual, por prolongar mi vida día a día, y dotarme una buena salud, sabiduría y paciencia para la realización de este trabajo de investigación.

Esta tesis lo dedico a mi madre CONSUELO en el cielo que me enseñó a ser una mujer fuerte en las adversidades de la vida y que a pesar de todo siempre levantarse y continuar hasta llegar a cumplir nuestros sueños. A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ayudado a seguir delante en los momentos difíciles y ahora desde allá arriba me acompaña y me guía en cada paso que yo doy. A ella que le hice una promesa que era estudiar y convertirme en una profesional, decirle que ya me falta poquito y que todo su esfuerzo y sacrificio no fue en vano.

A mi padre RAMIRO, que siempre ha estado en los buenas y malos momentos, por confiar en mí, por su apoyo y sacrificio. Por su fortaleza y por todo el apoyo incondicional me que ha brindado hasta ahora y por el amor, enseñanzas y valores que me ha inculcado.

Yessenia.

Agradecimientos

En principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante. Por cada día de vida, por permitirme llegar hasta donde estoy. Por bendecir mi camino y cada cosa que pone en mi camino que al final del día es un aprendizaje más.

A mi familia, papá, mamá y hermanos por su comprensión, apoyo incondicional y estímulo constante a lo largo de mi formación profesional de mis estudios. Por ser darme soporte económico y emocional en cada paso que doy.

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto a través del Instituto de Investigación y Desarrollo, por brindarme el apoyo de financiamiento económico para desarrollar mi proyecto de tesis y poder cumplir este objetivo profesional. Así como también por darme la oportunidad de formarme en sus aulas y así asimilar los conocimientos para mi formación académica y profesional que me sirvió para poder desenvolverme plenamente en el campo de mi carrera y en la sociedad.

Índice general

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos	vii
Índice general.....	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas	7
1.3. Definición de términos básicos	16
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Material.....	19
2.2. Métodos	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.1. Evaluación de la superficie anual cosechada de cultivo de arroz según sistema de riesgo de los últimos 5 años en el distrito de Rioja	25
3.2. Determinación de los factores de emisión y las emisiones totales de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja	30
3.3. roponer medidas de mitigación ambiental a fin de minimizar las emisiones de metano (CH ₄) y controlar el impacto hacia el ambiente	40
3.4. Discusión de resultados	50
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	59

Índice de tablas

Tabla 1. Potencial de calentamiento global de los principales Gases de efecto invernadero.....	11
Tabla 2. Factores de emisión para los cultivos de arroz.....	23
Tabla 3. Conocimiento sobre los GEI y en particular sobre gas metano (CH ₄)	40
Tabla 4. Desconocimiento del tema y conciencia en que la emisión de metano contribuye al calentamiento global.....	40
Tabla 5. Poner en práctica medidas de mitigación ambiental y contribuir a la reducción de emisiones de metano	41
Tabla 6. Participación en capacitaciones.....	41

Índice de figuras

Figura 1. Número de años desarrollando el cultivo de arroz.....	25
Figura 2. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2016	26
Figura 3. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2017	26
Figura 4. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2018	27
Figura 5. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2019	28
Figura 6. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2020	28
Figura 7. Tendencia de hectáreas cosechadas de arroz durante los últimos 5 años	29
Figura 8. Hectáreas de arroz cosechadas durante los últimos 5 años.....	30
Figura 9. Tipo de régimen de gestión del agua utilizado en cultivos de arroz	31
Figura 10. Tipo de fertilizantes utilizados en los cultivos de arroz	32
Figura 11. Factor de emisión de metano en los cultivos de arroz de los años de estudio	32
Figura 12. Emisiones de metano (t/ha CH ₄) generado por cultivos de arroz en el año 2016	33
Figura 13. Emisiones de metano (t/ha CH ₄) generado por cultivos de arroz en el año 2017	34
Figura 14. Emisiones de metano (t/ha CH ₄) generado por cultivos de arroz en el año 2018	34
Figura 15. Emisiones de metano (t/ha CH ₄) generado por cultivos de arroz en el año 2019	35
Figura 16. Emisiones de metano (t/ha CH ₄) generado por cultivos de arroz en el año 2020	36
Figura 17. Tendencia de emisiones de metano (t/ha CH ₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años.....	36
Figura 18. Emisiones de metano (tCH ₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años.....	37
Figura 19. Emisiones de metano (t/usu. CH ₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años	38
Figura 20. Emisiones totales de metano (t CH ₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años	38
Figura 21. CO _{2eq} de emisiones totales de metano generado por cultivos de arroz	39

Figura 22. Emisiones globales de metano creadas por los seres humanos.....	65
Figura 23. Sistema de producción de arroz	65
Figura 24. Esquema simplificado del transporte de metano	66

Resumen

La investigación se desarrolló en el ámbito del distrito de Rioja, cuyo objetivo principal contemplado fue “Determinar las emisiones de metano (CH₄) generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y proponer medidas de mitigación ambiental”. Se tuvo a bien entrevistar a 89 de usuarios de la comisión de usuarios El Progreso – Rioja mediante la entrevista y encuesta haciendo uso de un cuestionario; para obtener las emisiones de metano se usó la metodología desarrollada por el IPCC (1996), multiplicando las hectáreas cosechadas por el factor de emisión para el sistema de riego, el cual se determinó multiplicando el factor de escala por el factor de corrección para fertilizantes orgánicos y por el factor de emisión para variaciones estacionales; los resultados obtenidos permitieron proponer medidas de mitigación. Se encontró que, de acuerdo al total de entrevistados en la ciudad de Rioja se cosecharon entre los cinco años de estudio en promedio 181,70 ha/año, 2,4 ha/usuario y un promedio total de 2 376,96 ha/año en Rioja, además, el factor de emisión fue 20,0 g/m² (0,2 t/ha), con el cual se determinó de acuerdo al total de entrevistados y a los cinco años un promedio anual de 36,34 tCH₄/año, 0,2 tCH₄/ha, 0,41 tCH₄/usuario y, por último, un promedio anual total de 475,28 tCH₄, (9 980,84 tCO_{2eq}) como aporte a la huella de carbono por cultivos de arroz del distrito de Rioja.

Palabras clave: Metano, emisiones de metano, cultivos de arroz, medidas de mitigación ambiental.

Abstract

The research was carried out in the Rioja district, having as main objective "To determine methane (CH₄) emissions generated by rice crops in the Rioja district and to propose environmental mitigation measures". A total of 89 users of the El Progreso - Rioja users' commission were interviewed and surveyed through the use of a questionnaire. The methodology developed by the IPCC (1996) was used to obtain methane emissions, multiplying the harvested hectares by the emission factor for the irrigation system, which was determined by multiplying the scale factor by the correction factor for organic fertilizers and by the emission factor for seasonal variations. The results obtained allowed the proposal of mitigation measures. It was found that, according to the total number of interviewees in the city of Rioja, an average of 181.70 ha/year, 2.4 ha/user and a total average of 2,376.96 ha/year were harvested in Rioja over the five years of the study. In addition, the emission factor was 20.0 g/m² (0.2 t/ha), which determined an annual average of 36.34 tCH₄/year, 0.2 tCH₄/ha, 0.41 tCH₄/user and, finally, a total annual average of 475.28 tCH₄ (9,980.84 tCO₂eq) as a contribution to the carbon footprint of rice crops in the Rioja district.

Key words: Methane, methane emissions, rice crops, environmental mitigation measures.



Introducción

A nivel mundial, la humanidad viene enfrentándose a uno de los mayores retos que es el cambio climático, si no se realiza nada los impactos negativos serán mayores en miles de millones de personas. Este tipo de impactos que guardan relación con el cambio climático no se limitan a la falta de los recursos de la naturaleza, más bien, generan impactos en una economía sana sostenible y también demanda grandes costos ambientales que resultan incalculables (Palmer, 2018).

Entre las actividades necesarias y primitivas del ser humano se encuentra la agricultura, la misma que a nivel mundial garantiza la seguridad alimentaria del total de seres humanos del mundo que en cifras suma 7 600 millones, número que de acuerdo a las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) va aumentando de forma exacerbada y que al año 2030 será alrededor de 11 millones de seres humanos (ONU, 2017). A partir de esto, aumentar la productividad agrícola se convierte en algo inevitable, resultando un problema la intensificación de cultivos, la mala administración del agua y la mala gestión de tierras, los cuales contribuyen en la producción de una serie de impactos ambientales significativos de tipo sinérgico.

La producción de arroz genera impactos en el clima, por ejemplo, emisiones significativas de gases de efecto invernadero (GEI) como: metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O) (Umali, 2022). El arroz es uno de los cultivos que más se practica y que más se consume a nivel mundial, a la vez este cultivo representa el 12% de emisiones mundiales de CH_4 y un porcentaje asombroso de 1,5% del total de emisiones de GEI (Kurnik y Devine, 2022). El CH_4 es el principal gas que contribuye a la formación de ozono a nivel de la tierra y un contaminante peligroso del aire, la exposición a este genera cada año 1 millón de muertes prematuras (Environment Programme [UN], 2021).

El Perú, netamente es un país arrocero y de acuerdo al Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA, 2017) el primer producto en superficie sembrada y cosechada es el arroz, por encima de productos como el café, maíz amarillo y papa; con una superficie promedio de 380 000 ha, se ha establecido en uno de los esenciales componentes que forman parte de la canasta familiar básica. En gran parte, en el Perú la

producción de arroz se ejecuta bajo prácticas agrícolas que no se relacionan con la sostenibilidad del ambiente, como por ejemplo los suelos inundados, que aportan entre 5 a 10% la emisión de gases de metano (CH_4).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2019), a través del perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector agrícola, la región de San Martín es una de las principales regiones a nivel nacional productoras del cultivo de arroz, registrándose en el año 2019 el sembrado/instalado de 69,81 mil ha, teniéndose una cosecha de 69,39 mil ha de arroz. Por otro lado, en la zona del Alto Mayo uno de los distritos donde se da mayor producción de este cultivo es en el distrito de Rioja y de acuerdo a los datos regionales y locales del área de estudio es posible creer que en nuestra zona existe la problemática de elevadas emisiones de metano a la atmósfera, lo cual altera al ambiente en general, práctica de cultivo que se relaciona al sistema de riego que practican los agricultores, que a nivel regional es predominante el riego de tipo anegado (por inundación).

Es a partir de lo fundamentado y de la inexistencia de información en el distrito de Rioja sobre el tema abordado, se ejecutó el proyecto de investigación que nos permitió conocer la realidad problemática a mayor profundidad, estimando que en el distrito de Rioja al año se produce en promedio 475,28 t CH_4 , valor determinado que permitió proponer medidas de mitigación ambiental a fin de minimizar en los próximos años las cantidades de emisión de metano que se generan.

El problema se sustenta en ¿Cuál es la cantidad de emisiones de metano (CH_4) generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y cuál es la propuesta de medidas de mitigación ambiental?, no considerando hipótesis al ser una investigación descriptiva, la variable de estudio fue “emisiones de metano de cultivos de arroz”. Se planteó como objetivo general “Determinar las emisiones metano (CH_4) generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y proponer medidas de mitigación ambiental”, cuyos objetivos específicos fueron, 1ro: Evaluar la superficie anual cosechada de cultivo de arroz según sistema de riego de los últimos 5 años en el distrito de Rioja; 2do: Determinar los factores de emisión y las emisiones totales de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y; 3ro: Proponer medidas de mitigación ambiental a fin de minimizar las emisiones de metano (CH_4) y controlar el impacto hacia el ambiente.

En la investigación se empleó la técnica de la entrevista y encuesta, cuyo instrumento fue un cuestionario que permitió recolectar la información para posteriormente determinar las emisiones de CH₄ aplicando la metodología del “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (IPCC); asimismo, para el procesamiento y análisis de datos se usó la estadística descriptiva con el programa Excel.

La importancia de la presente investigación radica en la necesidad de que la población agricultora, público en general y autoridades conozcan acerca de la realidad problemática de las emisiones de metano en el distrito de Rioja por el desarrollo de prácticas de cultivo de arroz, con el objetivo de establecer estrategias entre los tres niveles de gobierno, con la iniciativa del gobierno local, optando por medidas que permitan minimizar las cantidades de emisiones de metano hacia la atmósfera, con lo cual se estará logrando reducir también los impactos significativos que este gas genera en el ambiente y la salud humana.

En el capítulo I, se presentan los antecedentes de la investigación, dando a conocer un resumen de investigaciones realizadas respecto al tema tratado, además se presentan las bases teóricas; y, por último, la definición de términos básicos. En el capítulo II, se muestra la descripción de los materiales utilizados para la obtención de los datos y desarrollo de la investigación, además se especifican las técnicas y métodos utilizados. En el capítulo III, se presentan los resultados del trabajo de investigación de acuerdo a cada objetivo específico planteado, en este apartado además se presenta las discusiones, donde se analizaron y compararon los resultados obtenidos, en correspondencia con los antecedentes de investigación, presentando además las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

Roa (2020), en su estudio “Distribución espacial, factores y tasas de Emisión de Gases Efecto Invernadero (CH₄, CO₂) emitidos a la atmósfera por parte de cultivos de arroz en Colombia en el 2019” determinó las tasas y factores de emisión de CH₄, además de los factores de emisión de CO₂ generados por el desarrollo del cultivo de arroz durante el año 2019. Realizó el reconocimiento de superficies arroceras cultivadas, registro de datos de emisiones en campo, generación de un conjunto de datos considerando información referido a tasas de emisión de diversas investigaciones desarrolladas, luego mediante modelos lineales múltiples calculó los factores de emisión de los gases estudiados y, por último, integró la información obtenida encontrando a nivel nacional la tasa de emisión de CH₄ en unidades de toneladas en cada departamento. Como resultados encontró que las regiones de Orinoquia y Andina fueron las regiones mayor superficie sembrada de arroz, donde diferentes factores como temperatura del suelo, sistema de riego (riego-secano) y el tipo de suelo influyeron en las emisiones de CH₄ en los cultivos de arroz, con respecto a las emisiones de CO₂ existió relación con la elevación de la zona y el nivel de inundación, encontrando una tasa nacional de emisión de 710,046 tCH₄ en el año 2019, resultado que le permitió evidenciar una subestimación en los inventarios nacionales desarrollados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Méndez (2018), en su investigación “Determinación de factores de emisión y carbono negro por la quema de residuos agrícolas de algodón cebada y frijol”, muestreó las partículas menores a 2,5 micras (µm) PM_{2,5} y 10 micras (µm) PM₁₀, además de gases de combustión como carbono negro y elemental, CH₄, CO y CO₂ en cada quema de residuos agrícolas. Determinó que el cultivo de la cebada fue el que mayor CO₂ genera; encontró además que, fue necesario el desarrollo de diversas pruebas a fin de establecer las adecuadas condiciones para el desarrollo de actividades de quema de cada cultivo, debido a que las condiciones en cada uno de estos tiende a variar, como por ejemplo, la

temperatura que se emite en la llama, la cantidad de masa que se alimenta y el periodo de tiempo en el cual la quema se establece en cada una de las pruebas en función a las características estructurales de cada uno de los cultivos.

Capurro et al. (2015), a través del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay en su estudio “Cuantificación de emisiones de metano y óxido nitroso bajo dos manejos del riego contrastantes en el cultivo de arroz”, estudiaron manejos de agua que son, el manejo común que se sustenta en establecer la inundación a 30 días post emergencia (IC30) en relación con un riego de tipo restringido con déficit que fue controlado y posibilita el majado y secado del suelo (RR). Como resultados encontraron que RR fue 98,4 kg/ha CH₄ como valor de acumulación promedio, que fueron menores en 55% con respecto a lo evidenciado en IC30, en tanto, no existió diferencias significativas en los valores medios de acumulaciones de óxido nitroso para los dos tratamientos de riego. Concluyeron que, no existió diferencias significativas en dos de los años analizados con respecto al rendimiento obtenidos entre los tipos de manejos del riego, mientras que en uno de los años el manejo RR mostró un rendimiento significativo menor; asimismo, no existió diferencias con respecto al total de agua que fue aplicada y también en la producción de esta en dos de los años que fueron evaluados, en tanto, el tratamiento IC30 mostró niveles de agua aplicada mayores y también menor producción del recurso hídrico en uno de ellos.

A nivel nacional

Palmer (2018), en su investigación titulado “Aplicación de riegos intermitentes para reducir emisiones de metano en el cultivo de arroz en el fundo el Triunfo, distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba – región de Amazonas, 2017 - 2018”, evaluó la influencia del manejo del agua en los niveles de emisión de metano (CH₄) de cultivos de arroz. Desarrolló 2 cultivos tipos de cultivos, el primer grupo represento la muestra en blanco donde se aplicó el riego tradicional y el segundo grupo donde se aplicó un riego de tipo intermitente. En los dos grupos consideró cada fase fenológica del crecimiento de cultivo de arroz para recolectar los datos de emisión de CH₄; así también en función a los coeficientes hídricos en el suelo procedió a establecer el régimen hídrico. Como resultados obtuvo que, posterior a los cuatro meses los efectos de una gestión hídrica adecuada en los cultivos agrícolas de arroz permiten reducir las emisiones de CH₄ en

57% y en ahorro del agua un 48% a comparación de la aplicación de los riesgos comunes; así también, evidenció que el crecimiento y producción de arroz no se vio afectada con la aplicación del cultivo.

Cumpa (2017), en su investigación titulado “Reducción de la emisión del gas metano atmosférico utilizando técnicas de riego en suelo arcilloso en cultivo de *oryza sativa* L en condiciones climáticas”, determinó un valor promedio en riego convencional de 330,55 mg CH₄ y para secas intermitentes 24,25 mg CH₄, obtuvo además que, las fluctuaciones de flujo de CH₄ fueron de 13,45 y 6,14% de ambas técnicas, también comprobó en la muestra que, con respecto al riego con secas intermitentes, la variación de flujo de riego convencional resultó ser más uniforme. Estimó una diferencia de 255,1 mg CH₄ en la relación de verdaderos promedios de flujo de ambas técnicas de riego.

A nivel regional y local

Cerón (2021), en su estudio titulado “Incidencia del sistema de producción de arroz (*Oryza sativa*) en la huella de carbono en Centro Poblado Valle la Conquista del distrito de Moyobamba”, determinó como valor medio de uso de fertilizantes nitrogenados 260 kg de nitrógeno/ha, de la misma manera, determinó el uso de gasolina a razón de 9,5 gal/ha y diésel a 17,7 gal/ha, que en el total de las 291 ha obtuvo 2 764,5 gal de combustibles como resultado total por cada campaña de arroz, encontrando finalmente que, en el Valle la Conquista el sistema de producción de arroz de tipo de bajo inundación intermitente produce por periodo 648,14 tCO₂.

Rivas (2019), en su investigación titulada “Comparación de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano en la cuenca del río Huascayacu – San Martín – 2019”, cuya población de estudio fue de 8,6 ha colindantes a la cuenca del río Huascayacu, donde evidenció dos diversos ecosistemas siendo aguajal natural el primero y cultivos de arroz el segundo dentro de una zona de piedemonte. Obtuvo como resultados que, los valores mayores de los parámetros físico químicos del suelo fueron obtenidos para el tipo de aguajal natural en comparación al suelo, existiendo diferencias significativas en los niveles de materia orgánica, pH, densidad aparente, porosidad y humedad; la época fue otoño, donde la humedad relativa fue de 70% y la temperatura de 29 °C. Por otro lado, determinó que en el suelo de cultivo de arroz la producción de

metano fue mayor con 0,029 kgCH₄/m² en relación a los producido por el suelo de tipo aguajal natural con 0,023 kgCH₄/m², encontró que en una hectárea de cultivo de arroz la generación de metano fue 145 kgCH₄/ha y en suelo de aguajal natural fue de 115 kgCH₄/ha.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Calentamiento global

Useros (2013), refiere que entre los factores que más condicionan a la vida en nuestro planeta se encuentra el sistema climático; entre el siglo XX se presenciaron variaciones significativas en los aspectos climáticos, que de acuerdo al panel intergubernamental de cambio climático se sustenta en la incidencia de las actividades antrópicas. Por su parte Benavides (2007), refiere que, se debe tomar en consideración que el tiempo atmosférico y el clima nos son lo mismo, debido a que al clima se conoce como el análisis de procesos atmosféricos promedios de monitoreos durante largos periodos y que usualmente es por 30 días; en tanto, el tiempo atmosférico hace referencia a la evolución y comportamiento de los procesos atmosféricos durante el día.

De acuerdo a la convención Marco de la Naciones unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), se define al cambio climático como aquella variación del clima que se atribuye de forma indirecta o directa a la actividad antrópica; produciendo la alteración de la composición de la atmósfera mundial y colaborando a variaciones importantes en la variabilidad del clima observada y monitoreada a lo largo de periodos de tiempo que se comparan (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2019). Estas variaciones globales aumentaron de forma acelerada durante los últimos años, generando la acidificación y el calentamiento de los océanos, el retiro de los glaciales, el incremento del nivel medio del mar y también los eventos extremos que producen la pérdida de la biodiversidad (Urry, 2015).

1.2.2. Gases de efecto invernadero

El efecto invernadero se genera debido a que la energía solar se encuentra conformada por ondas de frecuencias elevadas que atraviesan la capa atmosférica sin tener demasiada oposición. La energía que se remite desde la superficie terrestre al exterior se

conforma de ondas con frecuencias de menor intensidad y resulta asimilada por los gases, generando de esta manera el efecto invernadero (Espindola, 2012). Al existir retención energética hay un incremento de la temperatura, de manera simple el proceso de efecto invernadero se centra en que la energía que llega a la superficie terrestre sea restituida de una forma más lenta, por lo que se mantiene durante más tiempo a la tierra incrementando los niveles de temperatura. El aumento rápido de la temperatura superficial del globo terrestre es el resultado del “efecto invernadero”, lo cual se debe que los GEI de origen antrópico son liberados al medio atmosférico (Espindola, 2012).

1.2.3. Gas metano (CH₄)

El CH₄ es un gas hidrocarburo cuya procedencia es de tipo natural y resulta de las acciones antropogénicas, entre las cuales se encuentra el manejo de residuos ganaderos y de animales productivos, digestión de rumiantes, la agricultura (particularmente el arroz) y la descomposición en los rellenos sanitario. Es un gas de menor abundancia, pero de mayor actividad que el dióxido de carbono (CO₂) (Cambio Climático, 2008).

Asimismo, se considera un gas que presenta un nivel de efecto invernadero de 20 veces más en comparación con el CO₂. Además, se producen en cultivos arroceros y son añadidos al medio atmosférico a través del transporte difuso y se emplea 3 vías mediante el cual se emite el metano, el primero es cuando se desarrollan burbujas en las aguas de las pozas, la segunda se da mediante la difusión desde la capa superficial y la tercera se desarrolla mediante los tejidos de cada golpe en la etapa de desarrollo de la planta (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2006).

Químicamente el CH₄ es muy reactivo, por lo cual, forma parte de las variaciones de la composición atmosférica. Así también, es capaz de reaccionar en la troposfera con radicales hidroxilos, minimizando el poder oxidante, y con clorofluorocarbonos (CFCs) que promueven la generación de otros GEI (Allen et al., 2016).

1.2.4. Fuentes de emisión de gas metano (CH₄)

Según González *et al.* (2006), las fuentes de emisión del metano son las siguientes:

- **Fermentación entérica:** en la mayor cantidad de naciones del mundo hay un elevado nivel de intensificación ganadera, aunque aminorar la cantidad de cabezas para

minimizar emisiones de CH₄ generado mediante el proceso de fermentación entérica estuviera opuesto a la definición de “agricultura sostenible”. Ante ello, resulta como única alternativa tomar iniciativas en la calidad de la alimentación consumida por la actividad ganadera intensiva.

- **Quema de restos de cultivos:** eliminar la quema de los restos de los cultivos se debe considerar una prioridad; asimismo, se debe considerar como una práctica agrícola no aconsejable desde la perspectiva de fertilidad de las tierras, considerado como un elemento importante y relevante en áreas que presentan problemáticas de desertificación y erosión.
- **Gestión de estiércol:** el adecuado manejo de estiércoles y desechos generados por la actividad ganadera intensiva que reduzcan los procesos anaeróbicos y los licuados, permitirá minimizar las emisiones al tratar las purines y estiércoles.
- **Cultivo de arroz:** a lo largo del desarrollo de los cultivos arroceros se produce CH₄ debido al proceso de descomposición de tipo anaeróbica realizado por microorganismos presentes en la tierra del material orgánico que se acumula por debajo de las aguas de anegamiento. Durante el crecimiento del cultivo las emisiones presentan mucha variación, asimismo, dependen de la tecnología aplicada, de las condiciones de insolación, temperatura, respiración, fotosíntesis y del tipo de suelo. El CH₄ generado en cultivos de arroz es emitido al medio atmosférico transportándose de forma difusa mediante tres vías: mediante burbujeo en aguas de anegamiento, por difusión desde la superficie hídrica de anegamiento y por los tejidos de las plantas en el proceso crecimiento (Figura 22) (González et al., 2006).

1.2.5. Arroz (*Oryza sativa*)

Se conoce al arroz como la semilla de la planta *Oryza Sativa*, además en el mundo es el segundo cereal de mayor producción y el de mayor importancia en la alimentación del ser humano. Es un cereal que se considera como el sustento básico en bastantes mesas del ámbito culinario (Delgado, 2018).

Morfología del arroz

Para Delgado (2018), el arroz es de la familia Poaceae y se clasifica como una monocotiledónea. Presenta raíces fasciculadas, fibrosas y delgadas, el tallo se compone alternadamente de nudos con entrenudos, mide entre 30 y 100 cm y es de forma cilíndrica, nudoso. Las hojas son localizadas alternadamente, envainadoras, con el limbo

lineal, agudo. Asimismo, cuenta con 2 tipos de raíces: la primera se conoce como seminal y se origina en la zona radicular, además están son de naturaleza temporal y la segunda se conoce como raíces adventicias secundarias que cuentan con ramificaciones libres y se generan desde los nudos inferiores de la zona del tallo joven. Por otro lado, sus flores son verdes blanquecinos y se disponen en forma de espiguillas, cuyo grupo representa a una panoja grande y terminal.

1.2.6. Sistema de producción de arroz

Según Delgado (2018), el sistema productivo de arroz (Figura 23) sigue los siguientes pasos:

_ Preparación del terreno

Fanguero: Al culminar con la anterior cosecha se precede al mezclado de los rastrojos, que son residuos con niveles bajos de agua generando barro.

Meteorización: Después de secarse se remueve la tierra para preparar el desarrollo de la planta empleando graderías con el objetivo de triturar la tierra por lo cual este se queda listo para aplica el abono.

Nivelación: Con el objetivo de controlar el agua y conservar el suelo, manteniendo capaz hídricas uniformes y que facilita la práctica de manejo que los cultivos evolucionen, la integración de bordes es fundamental porque controla el agua prohibiendo que este se estanque.

_ Siembra

Puede desarrollarse a mano o empleando máquina, se desarrolla la plantación al presentarse el agua claro y cuando los lodos se depositan en forma de sedimentos, el recurso hídrico debe encontrarse a una altura de 5 cm a fin de aplicar las semillas.

_ Riego

El proceso de verificación mensual de los trabajos de riego mediante el nivel del agua se evidencia que presente una adecuada altura a lo largo del proceso evolutivo de la cosecha, bajo diversos regímenes hídricos.

_ Fertilización

El arroz requiere diversos tipos de nutrientes, por ejemplo, el nitrógeno que se considera como un constituyente que forman parte de las enzimas, cloroplastos y protoplasma, este se absorbe en la fase de crecimiento vegetal y disminuye cuando llega a la maduración.

_ Cosecha del grano o recolección

Generalmente la cosecha se desarrolla luego de los 35 días de floración total, durante esta fase entre el 85 a 90% de las panojas muestran un color amarillento.

1.2.7. El cultivo de arroz en Perú

El área cosechada en el Perú fue 422 434 ha en el 2017, con 3 038 766 tn de producción (SIEA, 2018). El cultivo se realiza en 18 regiones, donde las de mayor importancia son San Martín (22%), Piura (19%), Lambayeque (13%), La Libertad (11%) y Amazonas (10%).

1.2.8. Emisión de metano (CH₄) en los cultivos de arroz

Los GEI presentan diversas capacidades de generar el calentamiento de la tierra, esto se encuentra sujeto al poder radiactivo y al tiempo promedio en que la molécula se encuentra en el medio atmosférico. De acuerdo a ello el IPCC (2007) presenta una asociación del potencial calorífico de los gases de efecto invernadero.

Tabla 1

Potencial de calentamiento global de los principales Gases de efecto invernadero

Potencial de calentamiento global			
Gas	20 años	100 años	500 años
Óxido Nitroso (N ₂ O)	289	289	153
Metano (CH ₄)	72	25	8
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	1	1

Fuente: IPCC Tierras de cultivo (2007).

Principalmente, el arroz es cultivado bajo condiciones sumergidas, donde desarrollan procesos anaerobios que producen metano (CH₄) al descomponerse el material orgánico

agregado o propio de la tierra, Wassman *et al.* (2000) mencionan que el CH₄ emitido se produce mediante la interacción de tres procesos diferentes:

- _ La transferencia vertical controlada, fase de desarrollo del arroz y por la profundidad del agua.
- _ Oxidación de CH₄ que se controla mediante el oxígeno libre y es difundido mediante la temperatura y la planta de arroz.
- _ Producción de CH₄ controlada por temperatura y pH.

Asimismo, Rodel *et al.* (2006), refieren que la porción anual de metano que se produce desde un área de arroz se encontrará en función a la duración y cantidad de los cultivos, de la forma de cultivo, temperatura, tipo de suelo y del régimen del agua antes del periodo de cultivo, los cuales pueden afectar en la emisión de CH₄.

El método básico de evaluación de las emisiones de metano incluye datos estimativos basadas en ecosistemas de arroz relacionados a los regímenes de agua, siendo ellos los siguientes (Berra, 2004):

- _ **Secano (o tierras altas):** los campos nunca resultan anegados durante un periodo significativo de tiempo.
- _ **Tierras bajas:** los campos son anegados por un periodo prolongado en un régimen de agua está totalmente controlado presentando una lámina de agua a lo largo de la estación de crecimiento del arroz y solamente pueden estar secos para la cosecha. Con la expresión intermitentemente anegado por los cultivos realizan por lo menos un periodo de aeración con más de 3 días durante la estación de cultivo.

Bajo el nombre vega húmeda los arroces alimentados por lluvia, el régimen de agua depende exclusivamente de la precipitación pluviométrica, el nivel de agua puede subir hasta 50 cm. Durante la estación de crecimiento con el termino vega seca se describen periodos de ausencia de lluvia (sequia) durante cada estación de cultivo (Berra, 2004).

1.2.9. Factores que afectan a la emisión de metano (CH₄)

El flujo de CH₄ en los campos agrícolas arroceros presentan diversas variaciones, estacionales como también diurnas, que muestra afectaciones en el balance entre la oxidación y producción de metano y aquellos mecanismos de transporte. La totalidad de

estos procesos se controlan por diferentes aspectos como: las propiedades del arroz, los microorganismos, el pH y potencial de redox de la tierra, la textura, las enmiendas orgánicas y la temperatura, todos estos se afectan por las prácticas y manejos culturales (Sanchis, 2014).

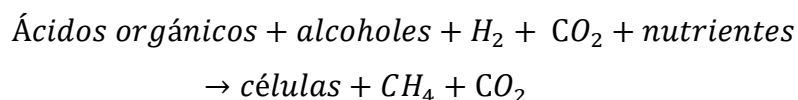
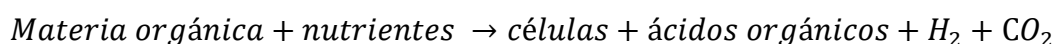
Los aspectos de emisión con mayor relevancia son la textura y densidad del suelo; asimismo, se observó en estudios que las tierras arenosas producen más CO_2 y CH_4 en comparación a las tierras arcillosas con concentraciones de carbono idénticas, esto, se debe a que el tamaño y la distribución de los poros no permite el retenimiento de los gases, sumado a esto para el metano se produce un incremento del burbujeo y la emisión por difusión atmosférica (Sanchis et al., 2014; Awasthi et al., 2015; Zhan et al., 2011). El carbono orgánico que se encuentra en la tierra es otros de los elementos importantes en la generación de metano, debido a que es el principal sustrato para el conjunto de microorganismos metanogénicos, el uso de fertilizantes promueve el aumento de los niveles de emisión, ya que permite el crecimiento de la planta y la raíz aumente la disponibilidad de fuentes de carbono; por otro lado, se evidenció en diferentes investigaciones que campos agrícolas que en todo el proceso de desarrollo permanecen inundados generan mayor cantidad de CH_4 en relación a los campos con riego intermitente, así también, otro factor importante es la temperatura que según investigaciones guarda relación con la emisión, particularmente de CO_2 (Zhan et al., 2011; Setyanto et al., 2000).

1.2.10. Proceso de emisión de metano (CH_4) en los cultivos de arroz

El paso final del proceso de descomposición anaerobia del material orgánico es la producción de metano, desarrollado mediante microorganismos metanogénicos. Es así que Sanchis (2014), refiere que, en cultivos arroceros, el proceso oxidativo de metano se desarrolla por un conjunto de bacterias conocidas como metanotrofas, las mismas que son metano – oxidantes y se encuentran en la zona base de los tallos de las plantas, en la rizosfera y en la capa aerobia de la superficie terrestre, realizan la oxidación del CH_4 con O_2 molecular empleándolo como proveedor de energía y carbono. Se caracterizan por ser bacterias que cumplen un rol fundamental debido a que tienen la capacidad de llegar a oxidar el metano hasta en un 60%, lo que limita de esta forma la difusión a la atmósfera del gas metano.

Adicionalmente a ello, el mencionado autor también indica que el perfil de un suelo de tipo presenta capas aerobias que facilitan el proceso de oxidación del CH₄, como también fijar biológicamente al nitrógeno; por otro lado, cuenta con capas anaerobias reducidas que permite el paso a la metanogénesis y también al proceso de descomposición anaeróbica del material orgánico (Sanchis, 2014).

En tanto Lasso (2017), da a conocer las ecuaciones que corresponden a las reacciones globales que se desarrollan durante el proceso anaeróbico que son:



1.2.11. Transporte del metano (CH₄) hacia la atmósfera en arrozales

El transporte del CH₄ al medio atmosférico se determina por la tasa de metanogénesis y por la oxidación de CH₄ (Figura 24).

Gonzales et al. (2006), menciona que “El metano producido en los campos de arroz se incorpora a la atmósfera por transporte difuso a través de tres vías: por burbujeo en las aguas de anegamiento, por difusión desde la superficie del agua de anegamiento y a través de los tejidos de las plantas durante el crecimiento”. No obstante, Sanchiz (2014), indica también que, la ebullición o burbujeo provee el 5% de emisión de CH₄, donde el transporte mediante la planta es el principal mecanismo de emisión, que representa el 90% de la emisión liberada al medio atmosférico.

El traslado de metano mediante la planta se desarrolla a través del sistema aerénquima. Pasando desde las áreas de la tierra reducidas hacia el medio atmosférico empleando el espacio intracelular de la planta de arroz. El sistema aerénquima no solamente participa en el traslado de metano de la tierra al medio atmosférico, sino que además favorece el movimiento del oxígeno atmosférico hacia la rizosfera, promoviendo que el CH₄ se oxide (Sanchiz, 2014).

En tanto según Hernández (2010) el CH₄ generado en la superficie terrestre se transporta al medio atmosférico de 3 diversas maneras: mediante las plantas (por los aerénquimas) actuando en forma de chimenea, mediante el agua de manera muy lenta y/o mediante la ebullición del CH₄ generando burbujas.

1.2.12. Efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Las manifestaciones e impactos que pueden generarse por los GEI al llegar a potenciar el incremento de la temperatura terrestre y del aire son múltiples, entre los cuales se encuentran los relacionados con el cambio climático y donde las manifestaciones son:

- _ Incremento de casos de enfermedades, particularmente las infectocontagiosas.
- _ Migraciones de la fauna y flora desde una latitud a otra.
- _ Deshielo de los glaciares continentales y casquetes polares, con el resultado de incremento del nivel medio del mar y el desarrollo de severas inundaciones.
- _ Incremento del número de inundaciones en algunas regiones con el aumento de sequias y disminución de las lluvias en otras.
- _ Aumento de períodos de sequía en algunas regiones de la tierra.
- _ Aumento de la temperatura mundial.
- _ El incremento del nivel medio de las aguas de océanos, generando la desaparición de numerosas cayos e islas.
- _ Variaciones en la intensidad y el ciclo de los huracanes (Fernández, 2010).

De lo mencionado es posible inferir que, los inventarios de GEI, no se establecen como un ejercicio académico, más bien se constituyen como una necesidad vital para mantener y conservar la vida humana y el entorno que lo rodea. Estos aspectos y otros, que se relacionan con la evidencia científica de la conexión entre emisiones de GEI y el riesgo del problema del cambio climático en todo el mundo, implican a la totalidad de países que están en la responsabilidad de elaborar, actualizar de forma periódica, realizar la publicación y facilitar, los inventariados de emisiones humanas generadas por las diferentes fuentes (Fernández, 2010).

La importancia de los inventarios de GEI, nos permiten conocer donde nos encontramos con respecto a las emisiones, que debemos hacer y a dónde podemos llegar. La interiorización de esta problemática es responsabilidad de todos los seres humanos, de este modo, mediante la elaboración del inventario logramos apropiarnos de un

instrumento que nos facilita la preservación de las especies y al mismo tiempo elevar la calidad de vida del ser humano (Fernández, 2010).

1.2.13. Importancia relativa de las emisiones de GEI

En el sector agrario la importancia relativa de las emisiones de GEI tienen sustento en diversos aspectos fundamentales, el mismo que según González et al., (2006) es el impacto del cambio climático en la agricultura, que ocasiona lo siguiente:

- _ Pérdidas de la biodiversidad en niveles diferentes: empobrecimiento de genotipos y disminución de especies, o procesos de erosión de genes que tienen la capacidad de conducir a largo plazo a una pérdida de la capacidad adaptativa de la biodiversidad.
- _ Aparición de enfermedades y plagas en áreas donde anteriormente no se conocían.
- _ Anomalías fenológicas (se desarrolla en ciertas especies la prolongación de períodos vegetativos) que inciden de forma negativa en la producción de cultivos o en enfermedades y plagas.
- _ Pérdidas económicas debido al incremento de la frecuencia de sucesos climáticos extremos en áreas con elevada producción agrícola (lluvias torrenciales, granizo, heladas, etc.).
- _ Disminución de forma progresiva de la disponibilidad de agua en áreas con agricultura intensiva (González et al., 2006).

1.2.14. Medidas de mitigación

Es una estrategia que se fundamenta en medidas que limitan la cantidad de emisión de los gases de efecto invernadero. Se definen como lo que resulta de las emisiones menos la absorción realizada por los sumideros como bosques. Este proceso de limitar las emisiones de GEI permitirá frenar y en el transcurso de los años se logrará invertir en incremento de los niveles atmosféricos de GEI (debido a que los GEI se encuentran en la atmósfera en decenios o periodo largos de tiempo, los niveles de la atmósfera responden solamente de forma gradual a la disminución de las emisiones de los gases). De tal forma, el proceso mitigador posibilitará la reducción al mínimo del cambio climático y por ende se reducirán los impactos negativos previstos (Klaus, 2001).

1.3. Definición de términos básicos

Acciones correctivas

Se conoce como aquella propuesta de mejora que es planteada después de haber estudiado la causa de una no conformidad que previamente fue detectada en la organización. Se considera como una solución estudiada, la cual se plantea con el objetivo de eliminar a una no conformidad (ISO 9001, 2015).

Ambiente

Comprende a los elementos de tipo biológicos, químicos y físicos, cuyo origen puede ser antropogénico o natural, que, de manera asociada o individual, forman el medio donde la vida se desarrolla, siendo los factores que permiten asegurar la salud colectiva e individual del ser humano y conservar los recursos de la naturaleza, el patrimonio cultural y otros más (Ley N° 28611).

Arrozal

Se conocen como arrozales a las superficies donde se desarrollan la siembra de arroz y la forma de vida referido a este. Este tipo de cultivos suelen desarrollarse cerca de recursos naturales como los pantanos, ríos o en menor frecuencia a laderas de tipo escarpadas (Holm et al., 2015).

Cambio climático

Es una variación estadística de suma importancia en el estado climático o en su variación, cuya persistencia es a lo largo de un prolongado período (usualmente durante decenios de años o incluso mucho más). El cambio climático puede deberse a diferentes problemas como: variaciones persistentes de carácter antropogénico en la composición atmosférica o bien en el uso de suelos, cambios del forzamiento externo o por procesos naturales internos (Pachauri y Meyer, 2014).

Daño ecológico puro

Este tipo de daño hace referencia a aquel al daño que se realiza a los recursos naturales y al ambiente, a través de estos daños la afectación de los bienes jurídicos es de forma directa (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2009).

Daño por influjo ambiental

Tipo de daño que principalmente afecta la salud de los seres humanos por efectos de la contaminación ambiental, donde la afectación es de forma indirecta al bien jurídico (MINAM, 2009).

Factor de emisión

Se conoce al factor de emisión como el coeficiente que cuantifica la cantidad de gases emitidos por los datos de la unidad de actividad. El fin es realizar una tasa de emisión representativa para niveles particulares actividades, bajo una serie de situaciones operativas que se desarrollan (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

Fuentes pirogénicas de metano

Tipo de fuentes que se relacionan con la combustión incompleta de biocombustibles o de la biomasa y que son estimadas entre los 32 a 39 GgCH₄/año (Pachauri y Meyer, 2014).

Fuentes termogénicas de metano

Hace referencia al metano que se encuentra presente en los combustibles fósiles, generados desde la transformación de materia orgánica mediante los procesos geológicos (Pachauri y Meyer, 2014).

Metano

Se encuentra entre los seis gases de efecto invernadero que según el protocolo de Kyoto se propuso minimizar para el año 2030, esto se debe a su peligrosidad y contribución en el cambio climático del planeta (Pachauri y Meyer, 2014).

CAPITULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

Medios de transporte	:	Vehículos para transporte terrestre (Moto lineal, motokar, auto)
Equipos	:	GPS GARMIN etrex 10, laptop, cámara fotográfica/celular, calculadora científica.
Formatos	:	Cuestionario para usuarios.
Softwares	:	ArcGIS 10.3, Google Earth.
Indumentaria de protección:	:	Mascarillas, pantalón largo, camisa manga larga, capas impermeables.
Otros materiales	:	Libreta de campo, tablero acrílico, USB 32GB, material de escritorio (papel bom A4 de 75 gr., plumones, lapiceros, etc.).

2.2. Métodos

2.2.1. Técnicas de recolección de datos

En gabinete:

— Primeramente, se realizó una evaluación tomando en cuenta la Zonificación Ecológica Económica (ZEE, 2007), mediante el software ArcGIS a fin de verificar las zonas de cultivos de arroz, asimismo debido a que dicha información es pasada se usó Google Earth (actualizado al año 2020), a fin de corroborar la información presentada por la ZEE e identificar los terrenos de cultivos de arroz en el ámbito del distrito de Rioja, con lo cual posteriormente se salió a campo a corroborar estas informaciones que fueron de mucha utilidad.

– También antes de salir a campo se verificaron datos de hectáreas sembradas y cosechadas de cultivo de arroz en la jurisdicción del distrito de Rioja con respecto a los últimos 5 años, dicha información fue recolectada del MINAGRI y fue de mucha ayuda, aunque en campo se solicitó información nueva y relevante a cada agricultor entrevistado mediante la técnica de la encuesta con un cuestionario como instrumento sobre las hectáreas cosechadas en los últimos cinco años, dichos datos permitieron generar nueva información científica haciendo uso de la metodología del IPCC acerca de emisiones de metano de cultivo de arroz en la jurisdicción del área de estudio.

– Posteriormente, con el número de usuarios o agricultores presentados en el perfil de investigación, de acuerdo a la Dirección de Productividad Agraria y Dirección Regional de Agricultura San Martín (DPA y DRASAM, 2016), a través del diagnóstico de la cadena de valor del cultivo de arroz y maíz, que menciona que en la ciudad de Rioja existen 1 164 usuarios, se procedió a validar dicha información en la comisión de usuarios, mediante la entrevista personal a los responsables.

– Al contar con información acerca del número de usuarios de la comisión de usuarios El Progreso – Rioja (1 164 usuarios), se procedió a determinar la muestra de la siguiente manera:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 p q N}{E^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 p q} = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5 \times 1164}{0,1^2(1\ 164 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5} = 89 \text{ usuarios}$$

Donde:

- n = Tamaño de muestra
- z = Nivel de confianza (95% o 1,96)
- p = Probabilidad favorable = 0,5
- q = Probabilidad desfavorable = 0,5
- N = Población universal = 1 164 usuarios
- E = Error permisible (10% o 0,1)

En campo:

– Se aplicó la técnica de la encuesta con un cuestionario como instrumento (ver Anexo 1) a un total de 89 usuarios o agricultores que desarrollan el cultivo de arroz en la

comisión. Los cuestionarios se aplicaron durante tres meses desde inicios de agosto hasta finales de octubre del año 2021.

_ Para la determinación de las emisiones de metano no se empleó tecnología alguna en la recolección de datos, para la recolección de los datos en campo solo se utilizó un cuestionario donde fue posible registrar la cantidad de hectáreas cosechadas en cada año por los agricultores muestreados a través de la técnica de la entrevista y mediante la estimación de los factores de emisión fue posible determinar las emisiones de metano, lo cual estuvo basado en la metodología del IPCC (1996).

_ Además, se tuvo a bien utilizar datos secundarios para el cual se revisaron investigaciones ya realizadas como tesis, revistas, artículos científicos, entre otros, referidos a las variables de estudio y al tema a investigar, asimismo se tomaron vistas fotográficas durante todo el proceso del estudio a fin de mostrar evidencias de lo desarrollado.

2.2.2. Evaluar la superficie anual cosechada de cultivos de arroz según sistema de riego de los últimos 5 años en el distrito de Rioja

El desarrollo de este objetivo se fundamentó principalmente en la aplicación del cuestionario a agricultores y posterior procesamiento de la información recolectada en campo, cuya técnica empleada fue la encuesta y la entrevista personal. En el cuestionario se contemplaron preguntas de suma importancia y relevancia que permitieron cumplir con el objetivo propuesto como: número de hectáreas cosechadas, el tipo de sistema de riego, tipo de fertilizantes utilizados, entre otros. El procesamiento de la información se realizó haciendo uso del programa Excel y para facilitar el análisis se usó tablas y figuras.

2.2.3. Determinar los factores de emisión y las emisiones totales de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja

Para el desarrollo de este objetivo fue de suma importancia contar con datos reales obtenidos de campo, la metodología aplicada fue la desarrollada en base a libros de trabajo del IPCC (1996), donde para el cálculo de las emisiones de metano (CH₄) se debió tener en cuenta datos de la superficie anual cosechada de arroz y el factor de

emisión para el sistema de riego, datos que permitieron determinar las emisiones totales haciendo uso de las siguientes fórmulas de cálculo:

Ecuación 1: *Emisiones de metano por cultivos de arroz*

$$Emisiones_{(CH_4)} = FE_j * S_j$$

Dónde:

- _ Emisiones (CH₄) = Emisiones de metano por cultivo de arroz (t).
- _ FE_j = Factor de emisión para el sistema de riego j (t/ha).
- _ S_j = superficie anual cosechada según el sistema de riego j (ha).

Asimismo, para determinar el factor de emisión propio de cada sistema de riego, se usó la siguiente ecuación:

Ecuación 2: *Factor de emisión de metano por cultivos de arroz*

$$FE = (FS_W * FS_O * FE_{VE})$$

Dónde:

- _ FE = Factor de emisión integrado ajustado para una superficie de cosecha dada (g/m²).
- _ FS_W = Factor de escala para reflejar las diferencias en los regímenes de manejo del agua.
- _ FS_O = Factor de corrección para fertilizantes orgánicos.
- _ FE_{VE} = Factor de emisión para variaciones estacionales (g/m²).

Para estimar el factor de escala, factor de corrección para fertilizantes orgánicos y factor de emisión para variaciones estacionales se tuvo en cuenta lo referido en la Tabla 2.

Cabe mencionar que las Directrices del IPCC señalan que para el factor de corrección del fertilizante orgánico se debe usar el valor de 2, sin embargo, por ser esta actividad prácticamente nula en el Perú se considera según las indicaciones del IPCC usar el valor de 1.

Tabla 2*Factores de emisión para los cultivos de arroz*

Régimen de gestión del agua		Factor de escala*	Factor de corrección para el fertilizante orgánico**	FE variaciones estacionales - arroz anegado continuamente sin fertilizantes orgánicos*** (g/m ²)	
De regadío	Anegados continuamente	1,00	1,00	20,00	
	Anegados intermitentemente	Aeración sencilla	0,50	1,00	20,00
		Aeración múltiple	0,20	1,00	20,00
De secano	Anegadizos	0,80	1,00	20,00	
	Expuesto a la sequía	0,40	1,00	20,00	
Aguas profundas	Profundidad del agua 50-100 cm	0,80	1,00	20,00	
	Profundidad del agua > 100 cm	0,60	1,00	20,00	

Fuente: *Directrices IPCC 1996, tabla 4-10

** Directrices IPCC 1996, página 4.18, numeral 3

*** Directrices IPCC 1996, tabla 4-11

Después de la obtención del factor de emisión de metano en g/m², se procedió a convertir el valor a t/ha de la siguiente manera:

Ecuación 3: *Conversión de factor de emisión de metano de g/m² a t/ha*

$$FE \left(\frac{t}{ha} \right) = \frac{g}{m^2} \times \frac{10000 m^2}{1ha} \times \frac{1 t}{1 \times 10^6 g}$$

A fin de evaluar el aporte a la huella de carbono, se procedió a calcular el CO_{2eq} de emisiones de metano de cultivos de arroz, el mismo que de acuerdo a Cerón (2021), es mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4: *Cálculo de CO_{2eq} de emisiones de metano de cultivos de arroz*

$$CO_{2eq} = Emisiones_{CH_4} \times GWP_{CH_4}$$

Dónde:

_ CO_{2eq} = Emisiones de metano CO_{2eq} (t).

_ Emisiones_{CH₄} = Emisiones totales de metano de cultivos de arroz.

_ $GWP_{CH_4} = 21$ (Potencial de calentamiento global en un horizonte de 100 años), para convertir CH_4 a CO_{2eq} .

2.2.4. Proponer medidas de mitigación ambiental a fin de minimizar las emisiones de metano (CH_4) y controlar el impacto hacia el ambiente

La formulación de propuestas de medidas de mitigación ambiental se encuentra enmarcado en los resultados obtenidos del primer y segundo objetivo, es decir a partir de la opinión de los agricultores mediante los cuestionarios y de la determinación de emisiones de metano, se formularon las medidas de mitigación ambiental; estas medidas fueron propuestas con el objetivo de minimizar las emisiones y controlar el impacto hacia el ambiente, teniendo en cuenta la situación actual y pasada de hace 5 años, propuesta que además se sustenta en la revisión de información secundaria, todo lo cual permite presentar una información sólida, la misma que puede ser tomada por autoridades para su implementación en los cultivos de arroz.

2.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos se usó la estadística descriptiva para determinar sumas y promedios de los resultados obtenidos en campo y procesados en gabinete; asimismo, para facilitar la interpretación de los resultados se elaboraron figuras y tablas. El principal instrumento utilizado para el desarrollo del procesamiento y análisis de datos fue el programa Excel, además también se empleó softwares como ArcGIS, Google Earth.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de la superficie anual cosechada de cultivo de arroz según sistema de riesgo de los últimos 5 años en el distrito de Rioja

La evaluación de la superficie anual cosechada de cultivo de arroz, fue realizado de los últimos 5 años, es decir del 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, por lo cual se tuvo en cuenta a agricultores que desarrollan la actividad de 5 a más años; los resultados se presentan en las figuras mostradas a continuación.

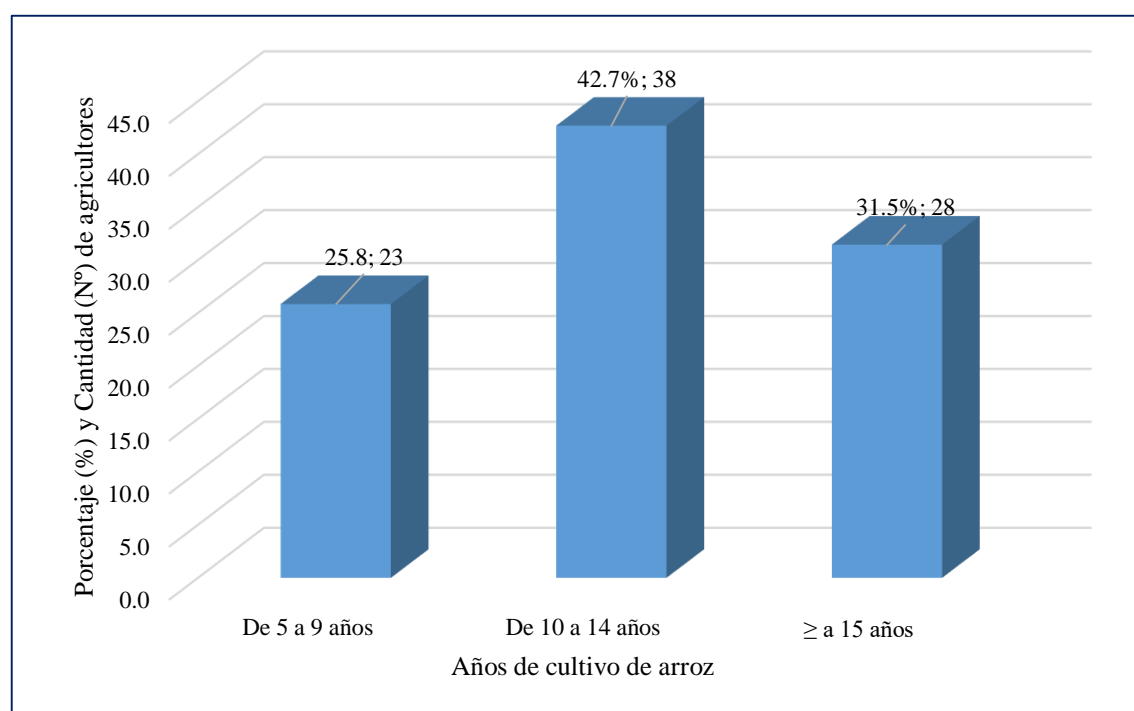


Figura 1. Número de años desarrollando el cultivo de arroz.

En la figura 1, es posible evidenciar que del total de agricultores entrevistados que practican el cultivo de arroz, más del 74,2% llevan practicando la actividad por más de diez años (entre 10 a 14 años y mayor a 15 años), lo que indica la importancia del cultivo de este cereal en el ámbito de estudio, considerando además que ningún encuestado mencionó practicar el cultivo por menos de cinco años.

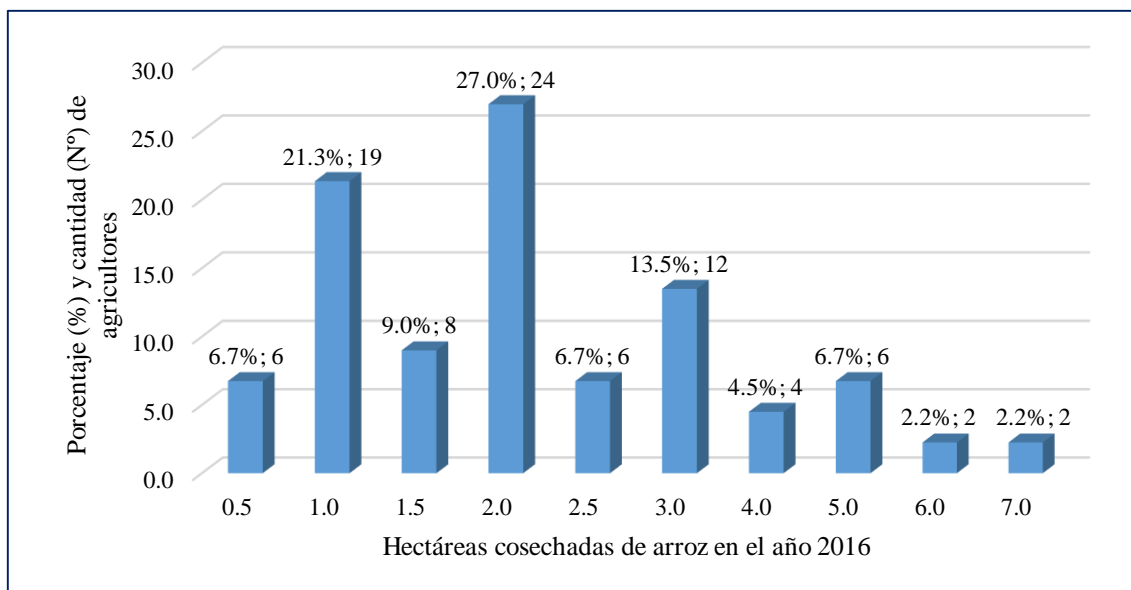


Figura 2. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2016.

Durante el año 2016, del total de entrevistados se determinó que, el 61,8% de los agricultores llegó a cosechar 1, 2 y 3 hectáreas, siendo éstas tres áreas las cantidades que mayor número de agricultores cosecharon; en tanto, la menor cantidad de agricultores (2,2%) cosechó la mayor cantidad de hectáreas (6,0 y 7,0 ha); por otro lado, la menor cantidad de hectáreas cosechadas (0,5 ha) solo lo realizó el 6,7%, también se evidencia que durante este año más del 50% de agricultores llegaron a cosechar entre 0,5 y 2,0 ha y el 35,8% cosecharon entre 2,5 y 7,0 ha.

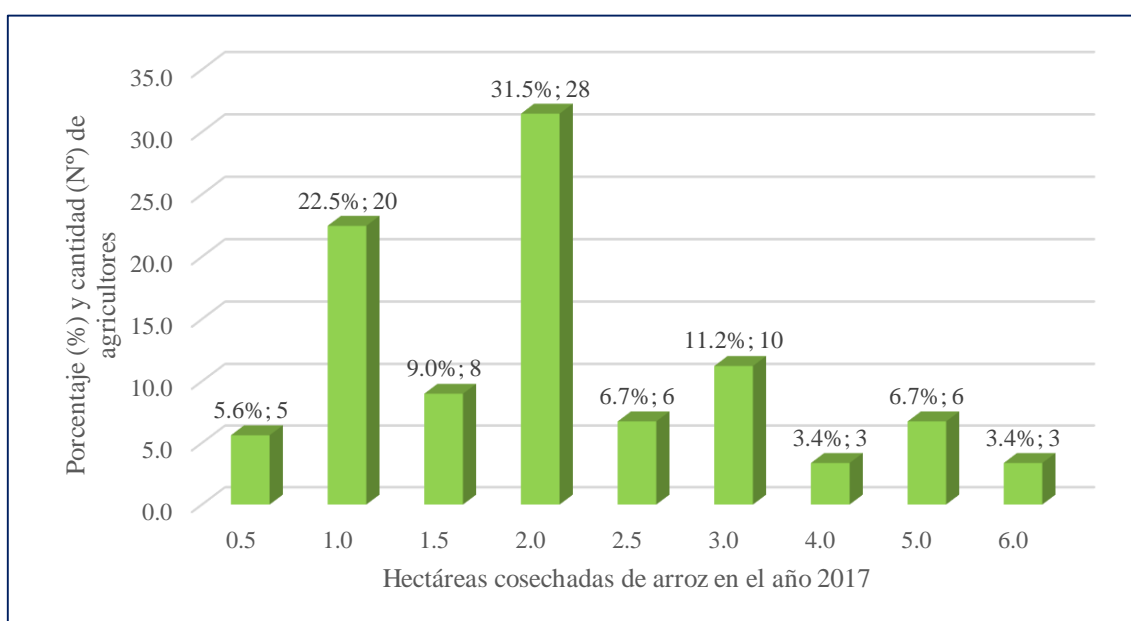


Figura 3. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2017.

Durante el año 2017, del total de entrevistados se determinó que, el 65,2% de los agricultores llegó a cosechar 1, 2 y 3 hectáreas, siendo estas tres áreas las cantidades que mayor número de agricultores cosecharon; asimismo, la menor cantidad de agricultores (3,4%) cosechó la mayor cantidad de hectáreas (4,0 y 6,0 ha); por otro lado, la menor cantidad de hectáreas cosechadas (0,5 ha) solo lo realizó el 5,6%, también durante este año más del 50% de agricultores llegaron a cosechar entre 0,5 y 2,0 ha y el 31,4% cosecharon entre 2,5 y 6,0 ha.

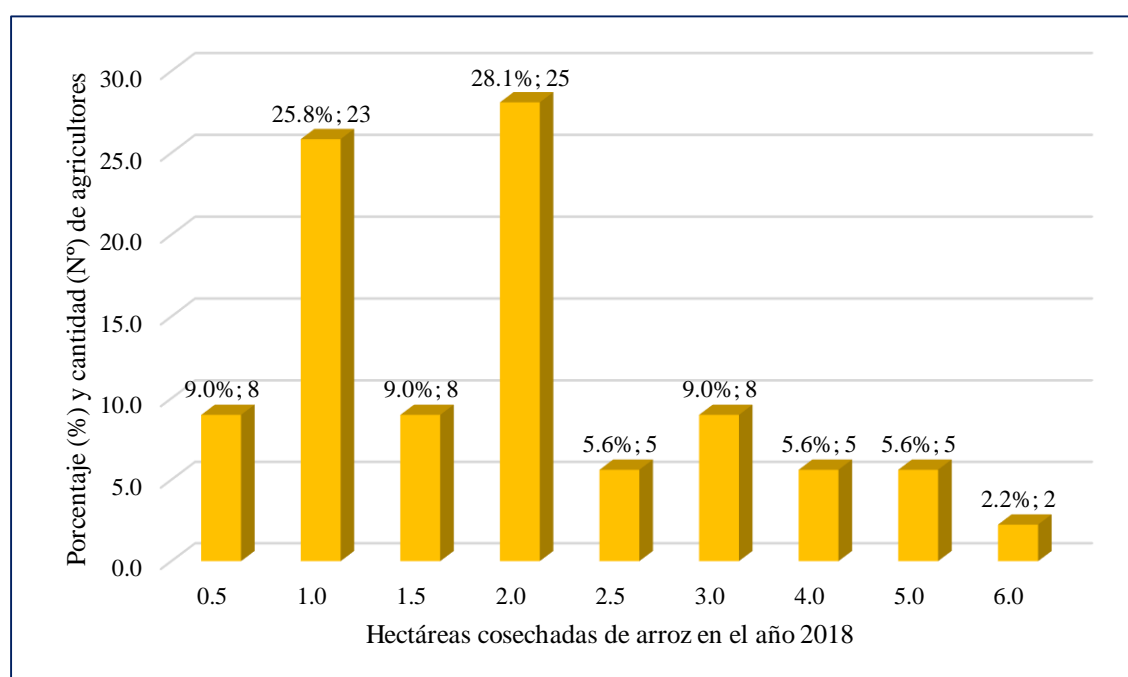


Figura 4. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2018.

Durante el año 2018, del total de entrevistados se determinó que, el 53,9% de los agricultores llegó a cosechar 1 y 2 hectáreas, siendo estas dos áreas las cantidades que mayor número de agricultores cosecharon; asimismo, la menor cantidad de agricultores (2,2%) cosechó la mayor cantidad de hectáreas (6,0 ha); por otro lado, la menor cantidad de hectáreas cosechadas (0,5 ha) lo realizó el 9,0%, también se evidencia que durante este año más del 50% de agricultores llegaron a cosechar entre 0,5 y 2,0 ha y el 28% cosecharon entre 2,5 y 6,0 ha.

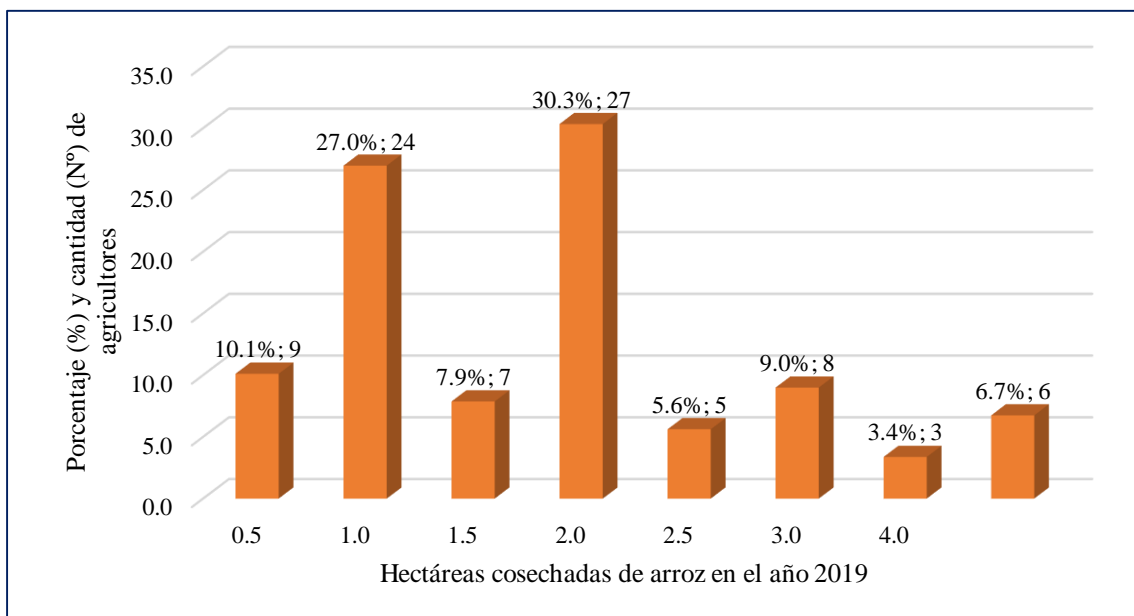


Figura 5. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2019.

Durante el año 2019, del total de entrevistados se determinó que, el 57,3% de los agricultores llegó a cosechar 1 y 2 hectáreas, siendo éstas dos áreas las cantidades que mayor número de agricultores cosecharon; asimismo, la menor cantidad de agricultores (3,4%) cosechó la segunda mayor cantidad de hectáreas (4,0 ha); por otro lado, la menor cantidad de hectáreas (0,5 ha) lo realizó el 10,1%, también se evidencia que durante este año más del 50% de agricultores llegaron a cosechar entre 0,5 y 2,0 ha y solo el 24,7% cosecharon entre 2,5 y 5,0 ha.

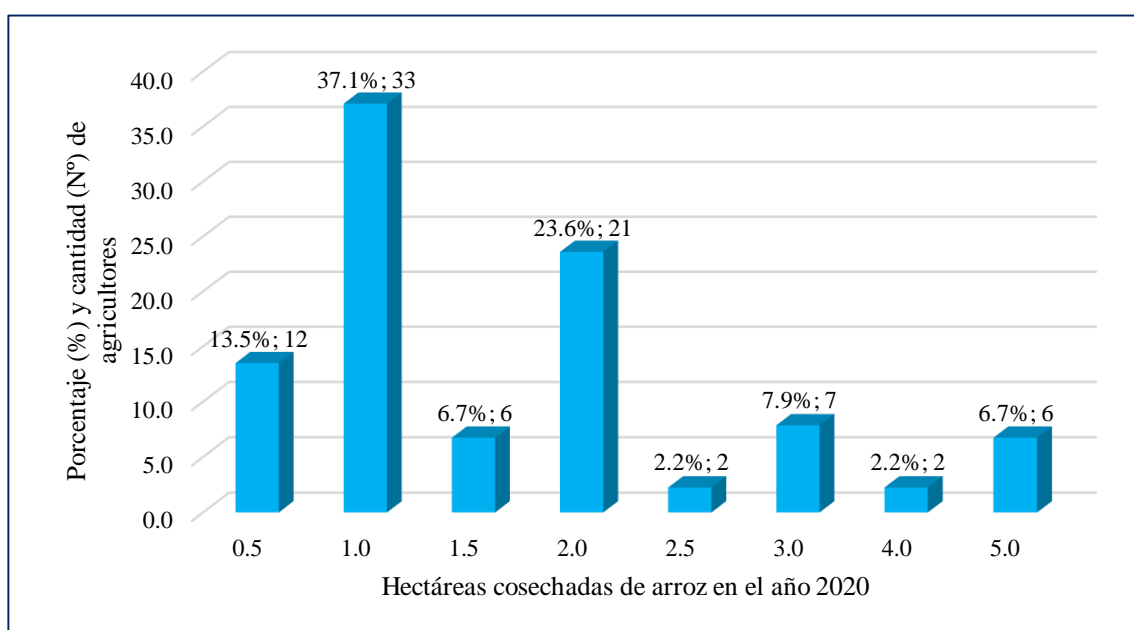


Figura 6. Hectáreas de cultivo de arroz cosechadas en el año 2020.

Durante el año 2020, del total de entrevistados se determinó que, el 60,7% de los agricultores llegó a cosechar 1 y 2 hectáreas, siendo estas dos áreas las cantidades que mayor número de agricultores cosecharon; asimismo, la menor cantidad de agricultores (2,2%) cosechó la segunda mayor cantidad de hectáreas (4,0 ha); por otro lado, la menor cantidad de hectáreas cosechadas (0,5 ha) lo realizó el 13,5%, también se evidencia que durante este año más del 50% de agricultores llegaron a cosechar entre 0,5 y 2,0 ha y solo el 19,0% cosecharon entre 2,5 y 5,0 ha.

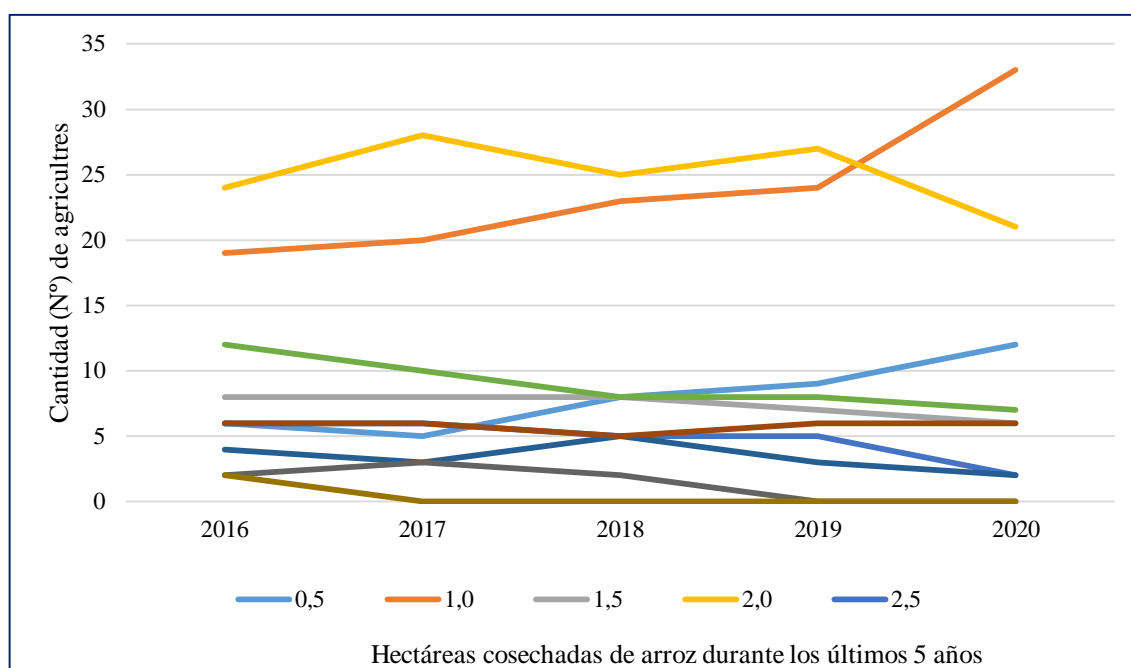


Figura 7. Tendencia de hectáreas cosechadas de arroz durante los últimos 5 años.

En la figura 7, es posible evidenciar la tendencia de las hectáreas de cultivo de arroz durante los últimos 5 años de estudio, encontrándose un incremento considerable durante los años de número de agricultores que llegaron a cosechar 1,0 ha, para 2,0 ha se evidencia un descenso a partir del último año, todo lo que ocasionó un aumento del número de agricultores que pasaron a cosechar 1,0 ha, por otro lado, con respecto a las mayores hectáreas cosechadas es posible evidenciar una tendencia de descenso sobre todo con las de 6,0 ha y 7,0 ha, siendo esta última mencionada que a partir del segundo año se redujo totalmente, a diferencia de 1,0 ha, y 0,5 ha, todas las demás hectáreas entre el penúltimo y último año de estudio tienden a descender el número de agricultores que los cosecharon, el mismo que según los entrevistados se debe a efectos de la pandemia.

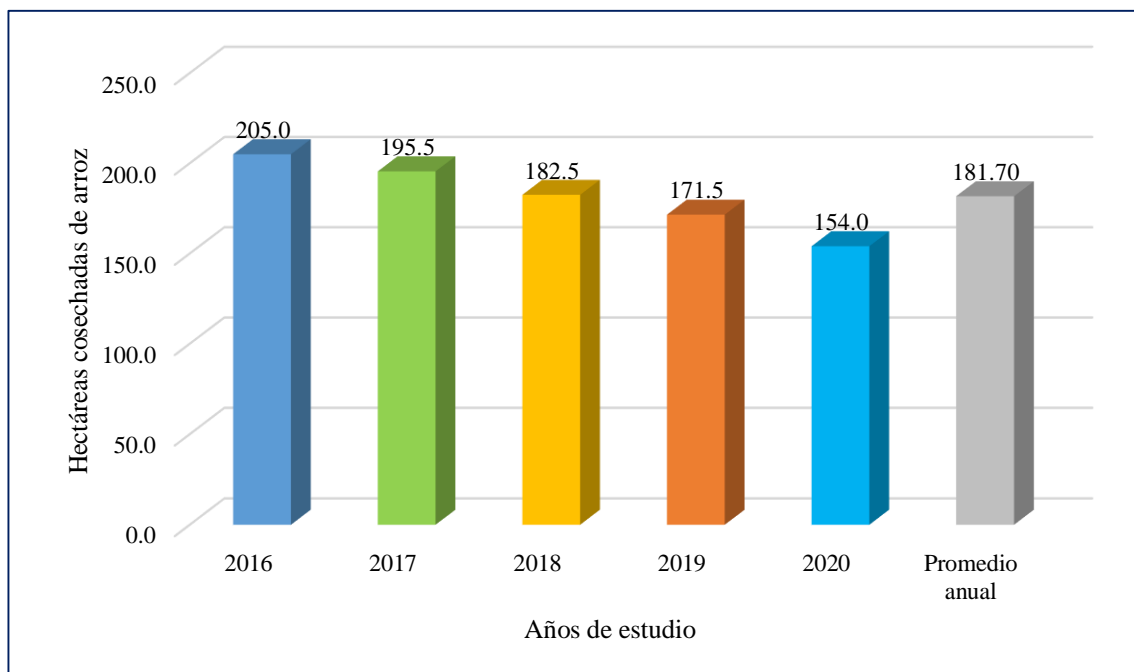


Figura 8. Hectáreas de arroz cosechadas durante los últimos 5 años.

De acuerdo al total de entrevistados, los resultados de número de hectáreas cosechadas durante los últimos cinco años de estudio muestra una tendencia de descenso, cuyo mayor número de hectáreas cosechadas (205,0 ha) se determinó para el primer año (2016), en tanto, el menor número de hectáreas cosechadas (154,0 ha) fue en el quinto año (2020), lo que conlleva a determinar que en el primer y quinto año el promedio de hectáreas cosechadas de arroz por usuario sea mayor (2,30 ha/usuario) y menor (1,73 ha/usuario) respectivamente, lo mismo que permitió determinar en base al total de usuarios, que en el primer y quinto año a nivel del distrito de Rioja se cosecharon las mayores (2 681,12 ha) y menores (2 014,11 ha) superficies de cultivo de arroz. Del mismo modo, en base a los 5 años de estudio y de acuerdo al total de entrevistados se determinó que el promedio anual es de 181,70 ha, lo que hace que el promedio de hectáreas cosechadas por usuario sea de 2,04 ha/usuario, obteniendo, además, que el promedio total de hectáreas cosechadas por año a nivel de Rioja es de 2 376,39 ha.

3.2. Determinación de los factores de emisión y las emisiones totales de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja.

Se determinaron los factores de emisión por cada año de estudio, esto con el objetivo de evidenciar si existió cambio en el régimen de gestión de agua y de la misma manera se determinaron las emisiones totales de metano generados por cultivo de arroz de los

últimos 5 años, es decir del 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, todo ello en base a los resultados de superficies cosechadas de arroz; los resultados son mostrados a continuación:

Factores de emisión de metano para cultivos de arroz de acuerdo al régimen de gestión del agua.

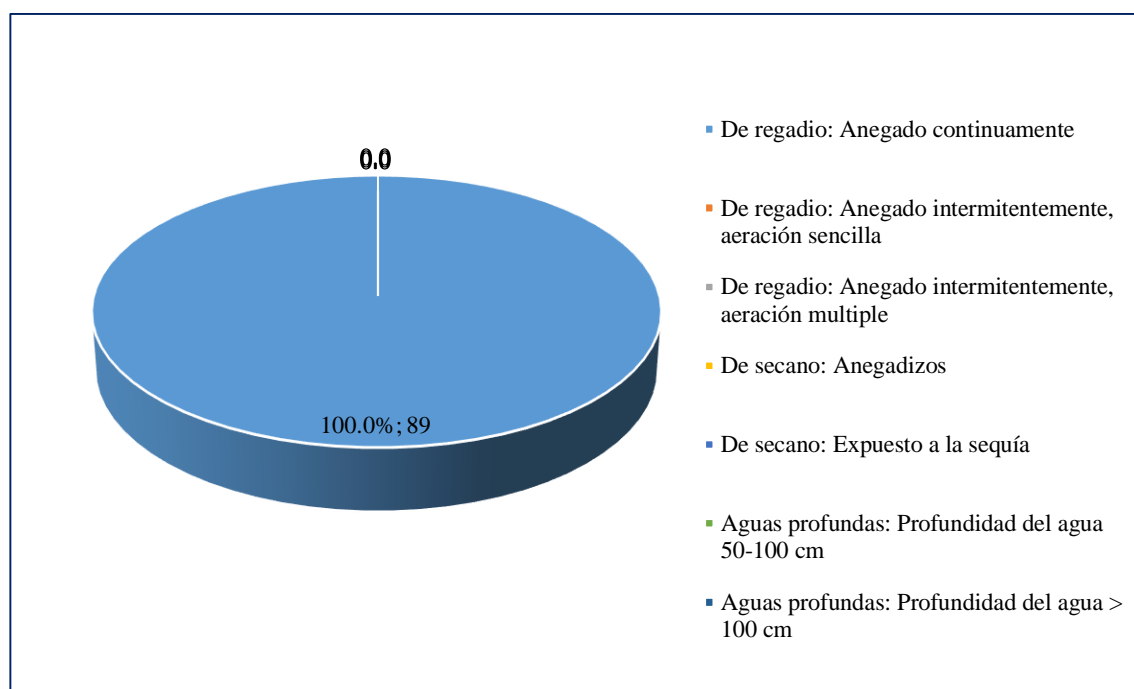


Figura 9. Tipo de régimen de gestión del agua utilizado en cultivos de arroz.

Del total de entrevistados se determinó que el 100,0% hacen uso del régimen de gestión de agua de tipo “De regadío: Anegado continuamente” durante todos los años de estudio, es decir el cultivo de arroz es inundado continuamente, debido a que el cultivo para un adecuado crecimiento depende mucho del agua, el mismo que es utilizado hasta que la planta esté en fase de fruto y hasta su cosecha, de la misma manera en los días de fumigación el ingreso del agua a los cultivos es interrumpido por uno o dos días como máximo, para posteriormente de manera continua seguir anegando los cultivos de arroz, ante lo mencionado se utilizó el factor de emisión de variaciones estacionales - arroz anegado continuamente sin fertilizantes orgánicos que es de 20,00 g/m².

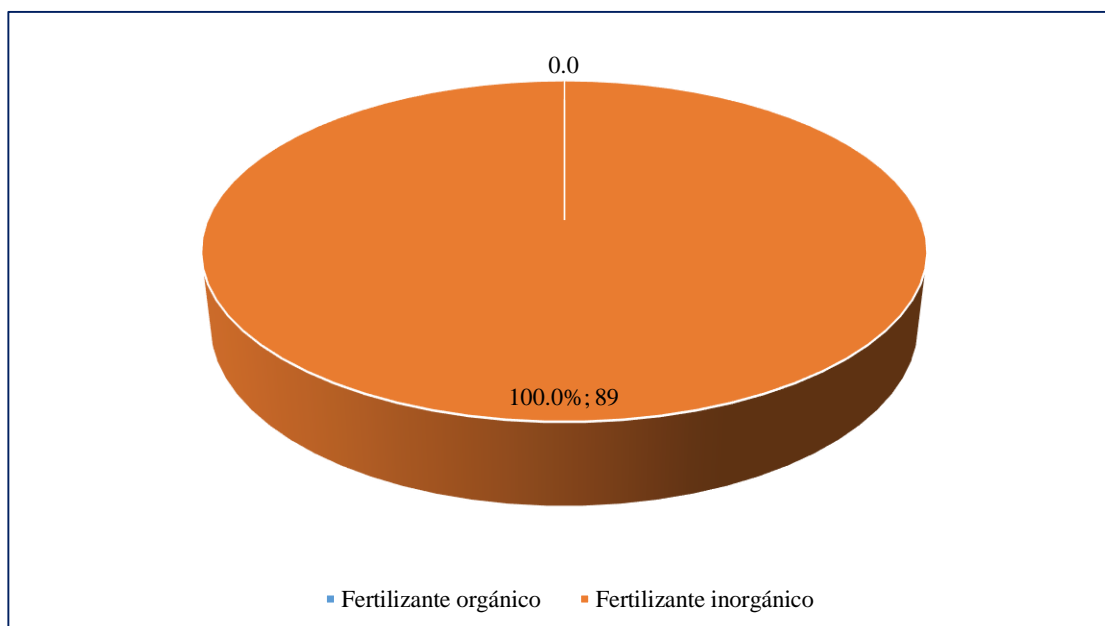


Figura 10. Tipo de fertilizantes utilizados en los cultivos de arroz.

Del total de entrevistados, el 100,0% mencionó que en los cultivos de arroz solamente se hace uso de los fertilizantes tales como nitro inti, potasio, sulfato de amonio, fosfatos, herbicidas, fungicidas insecticidas, foliares, entre otros, no usando en ningún caso los fertilizantes orgánicos por lo cual ello es nulo, y para el caso de la presente investigación en base a las indicaciones del IPCC, se usó el valor de 1 como factor de corrección.

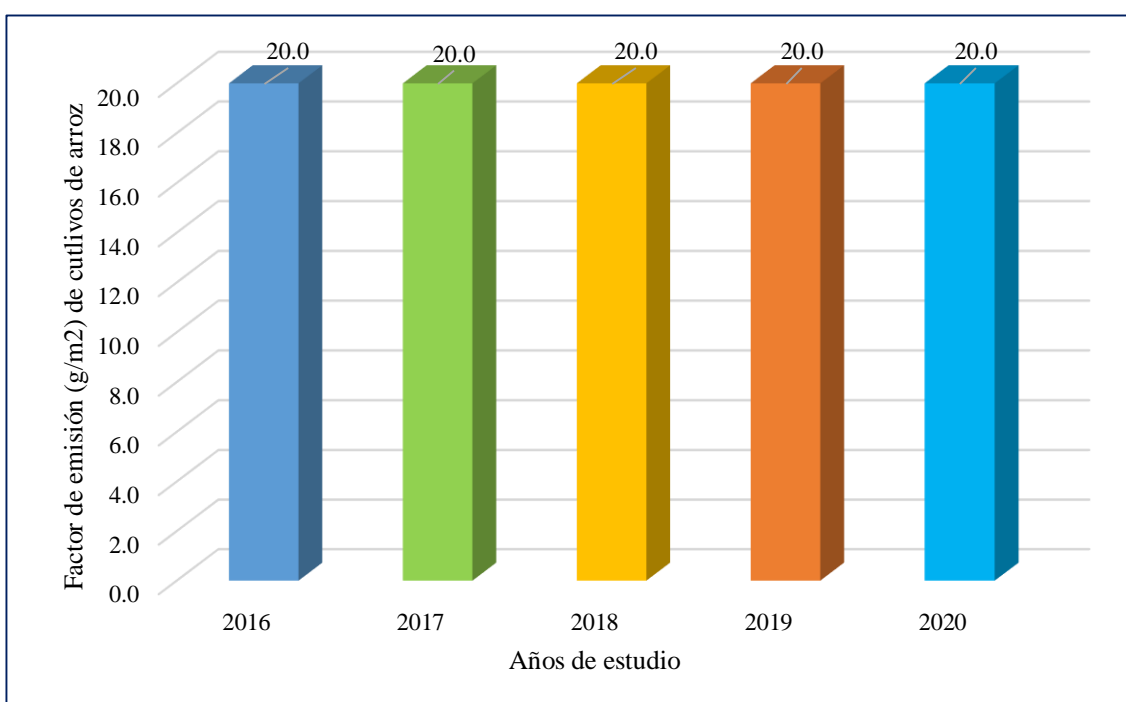


Figura 11. Factor de emisión de metano en los cultivos de arroz de los años de estudio.

De acuerdo a los posibles factores de emisión para los diferentes tipos de régimen de gestión del agua de acuerdo a las directrices del IPCC y en base a la encuesta aplicada se logró determinar $20,0 \text{ g/m}^2$ como factor de emisión para variaciones estacionales, $1,0$ como factor de corrección para fertilizantes orgánicos y $1,0$ como factor de escala en el total de agricultores pertenecientes al tipo de régimen de gestión del agua anegado continuamente; el factor de emisión de metano en todos los años es de $20,0 \text{ g/m}^2$ ($0,2 \text{ t/ha}$), siendo este mismo el valor promedio anual, que a la vez es equivalente a $0,2 \text{ t/ha/año CH}_4$.

Emisiones totales de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja.

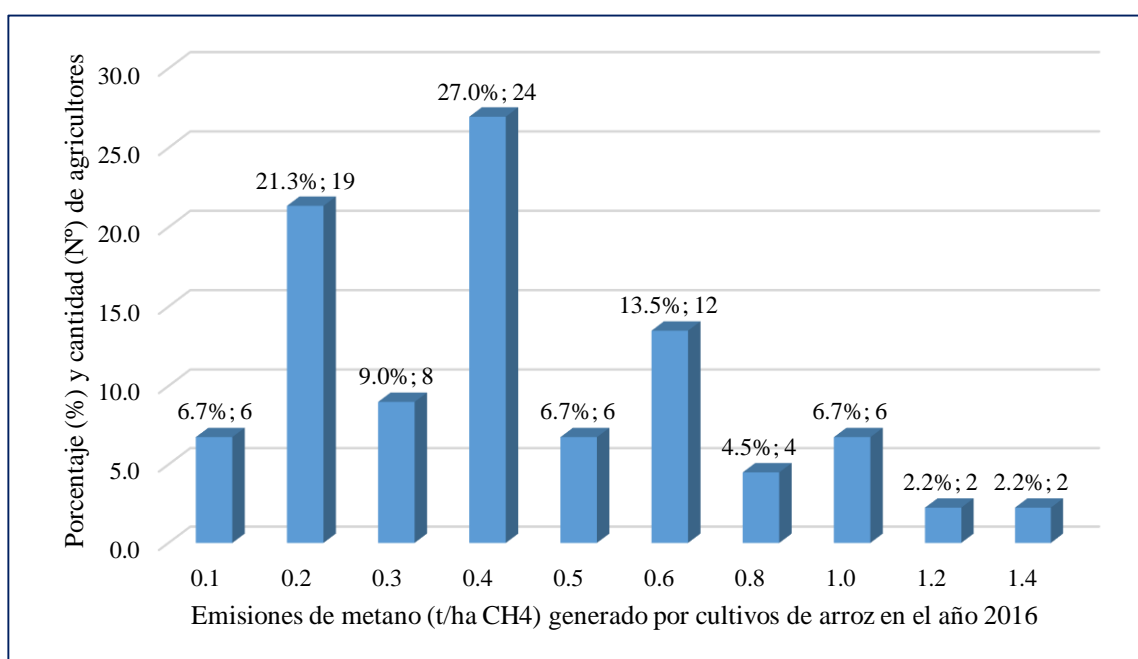


Figura 12. Emisiones de metano (t/ha CH₄) generado por cultivos de arroz en el año 2016.

Durante el año 2016, en base a las hectáreas cosechadas de cultivo de arroz del total de entrevistados se determinó que la mayor cantidad de emisión generado fue $0,4 \text{ t/ha CH}_4$ ($27,0\%$ de agricultores), seguido de $0,2 \text{ t/ha CH}_4$ ($21,3\%$ de agricultores), luego $0,6 \text{ t/ha CH}_4$ ($13,5\%$ de agricultores), siendo éstas tres cantidades de emisiones las que mayor se generaron, en tanto, las menores cantidades de emisiones generadas fueron las mayores emisiones, siendo $1,2$ y $1,4 \text{ t/ha CH}_4$ el $2,2\%$, por otro lado, la menor emisión ($0,1 \text{ t/ha CH}_4$) solo lo generó el $6,7\%$ de agricultores y además se evidencia que en el año 2016 más del 50% de emisiones generadas fueron entre $0,1$ y $0,4 \text{ t/ha CH}_4$.

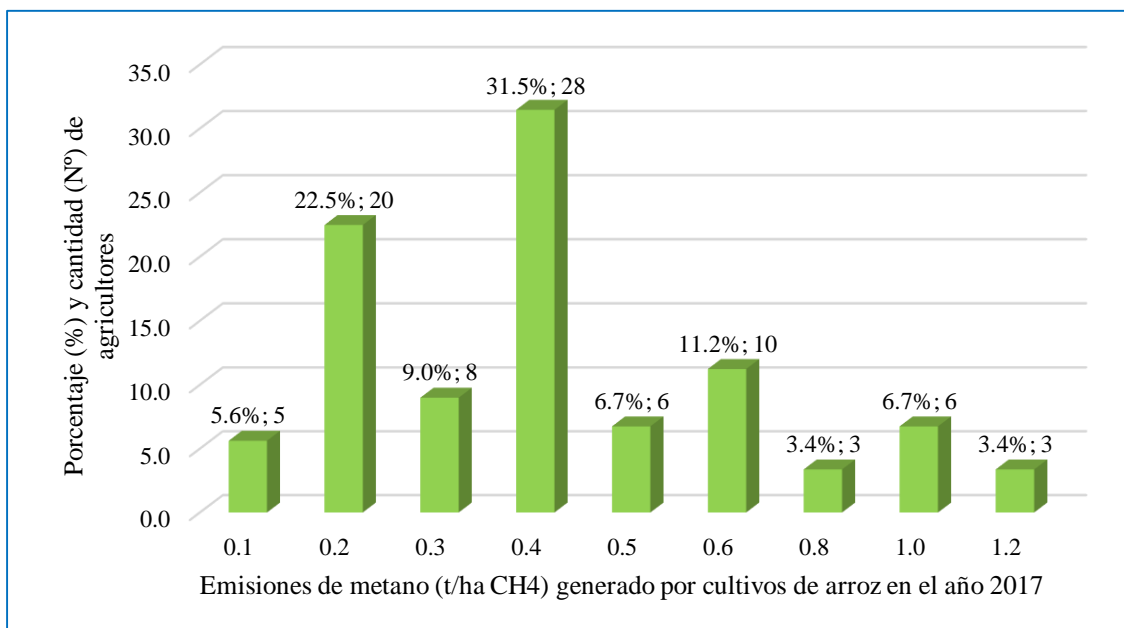


Figura 13. Emisiones de metano (t/ha CH₄) generado por cultivos de arroz en el año 2017.

Durante el año 2017, en base a las hectáreas cosechadas de cultivo de arroz del total de entrevistados se determinó que la mayor cantidad de emisión generado también fue 0,4 t/ha CH₄ (31,5% de agricultores), seguido de 0,2 t/ha CH₄ (22,5% de agricultores), siendo éstas dos cantidades de emisiones las que mayor se generaron, en tanto, las menores cantidades de emisiones generadas fueron 0,8 y 1,2 t/ha CH₄ con el 3,4%; por otro lado, la menor emisión (0,1 t/ha CH₄) solo lo generó el 5,6% y además se evidencia que en el año 2017 más del 50% de emisiones fueron entre 0,1 y 0,4 t/ha CH₄.

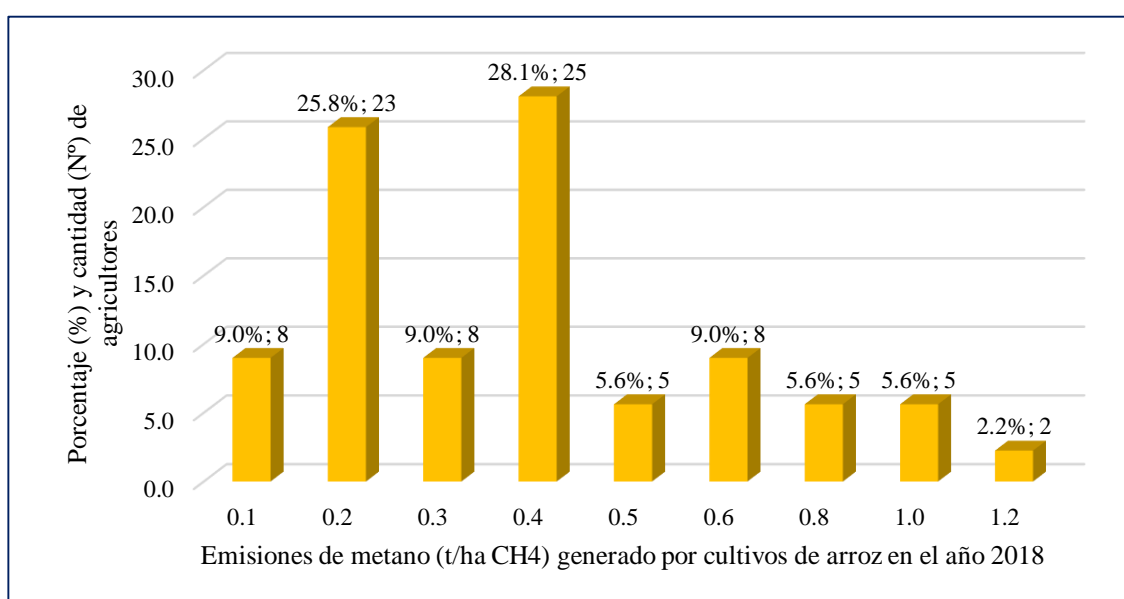


Figura 14. Emisiones de metano (t/ha CH₄) generado por cultivos de arroz en el año 2018.

Durante el año 2018, en base a las hectáreas cosechadas de cultivo de arroz del total de entrevistados se determinó que la mayor cantidad de emisión generada también fue 0,4 t/ha CH₄ (28,1% de agricultores), seguido de 0,2 t/ha CH₄ (25,8% de agricultores), siendo estas dos cantidades de emisiones las que mayor se generaron, en tanto, las menores cantidades de emisiones generadas fueron 1,2 t/ha CH₄ con el 2,2% y, 0,5, 0,8 y 1,0 t/ha CH₄ todos con el 5,6%; por otro lado, la menor emisión (0,1 t/ha CH₄) lo generó el 9,0% de agricultores y además se evidencia que en el año 2018 más del 50% de emisiones generadas fueron entre 0,1 y 0,4 t/ha CH₄.

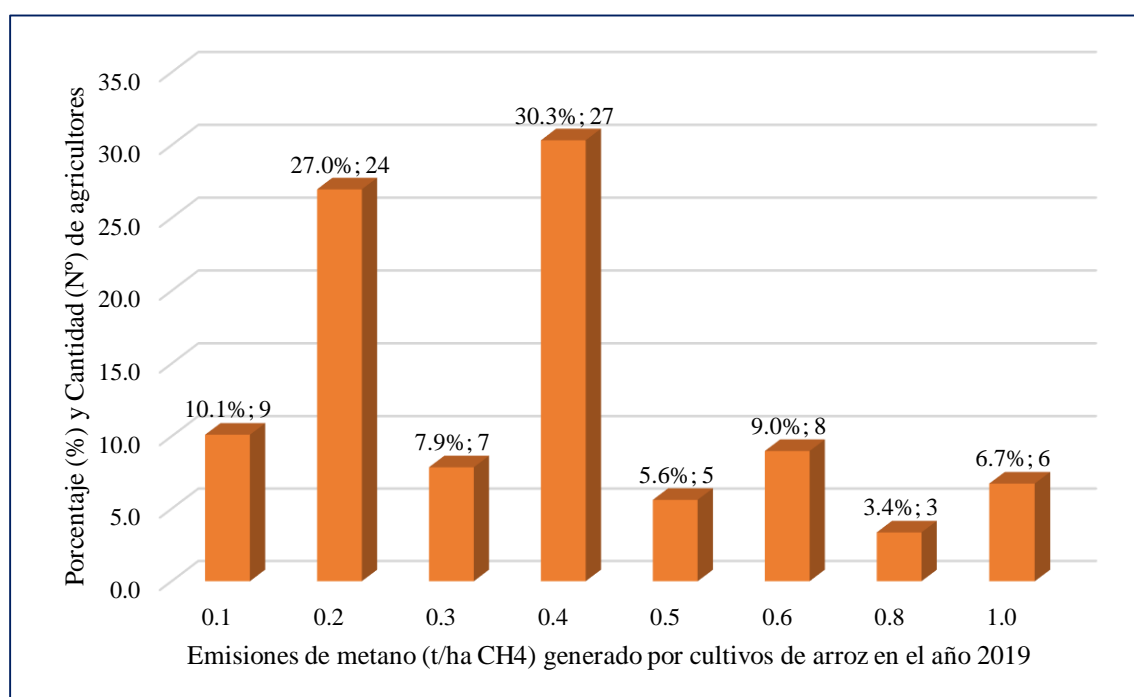


Figura 15. Emisiones de metano (t/ha CH₄) generado por cultivos de arroz en el año 2019.

Durante el año 2019, en base a las hectáreas cosechadas de cultivo de arroz del total de entrevistados se determinó que la mayor cantidad de emisión generada también fue de 0,4 t/ha CH₄ (30,3% agricultores), seguido de 0,2 t/ha CH₄ (27,0% de agricultores), siendo estas dos cantidades de emisiones las que mayor se generaron, en tanto, las menores cantidades de emisiones generadas fueron 0,8 t/ha CH₄ con el 3,4% y 0,5 t/ha CH₄ con el 5,6%; por otro lado, la menor emisión (0,1 t/ha CH₄) lo generó el 10,1% de agricultores y además se evidencia que en el año 2019 más del 50% de emisiones generadas fueron entre 0,1 y 0,4 t/ha CH₄.

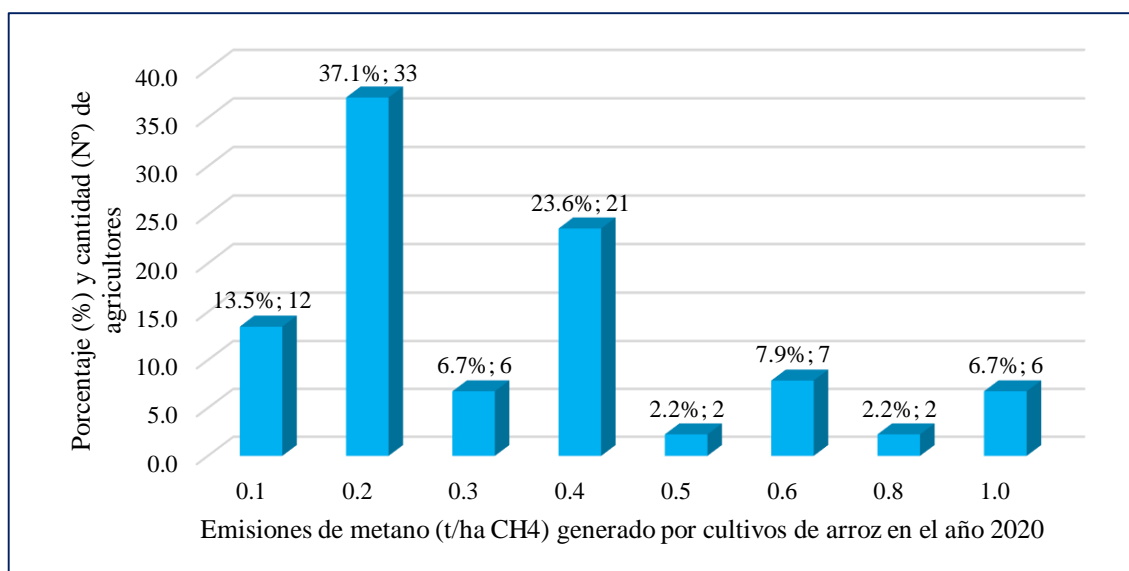


Figura 16. Emisiones de metano (t/ha CH₄) generado por cultivos de arroz en el año 2020.

Durante el año 2020, en base a las hectáreas cosechadas de cultivo de arroz del total de entrevistados se determinó que la mayor cantidad de emisión generado fue de 0,2 t/ha CH₄ (37,3% de agricultores), seguido de 0,4 t/ha CH₄ (23,6% de agricultores), siendo éstas dos cantidades de emisiones las que mayor se generaron, en tanto, las menores cantidades de emisiones generadas fueron 0,5 y 0,8 t/ha CH₄ con el 2,2%; por otro lado, la menor emisión (0,1 t/ha CH₄) lo generó el 13,5% y además se evidencia que en el año 2020 más del 50% de emisiones generadas son entre 0,1 y 0,4 t/ha CH₄.

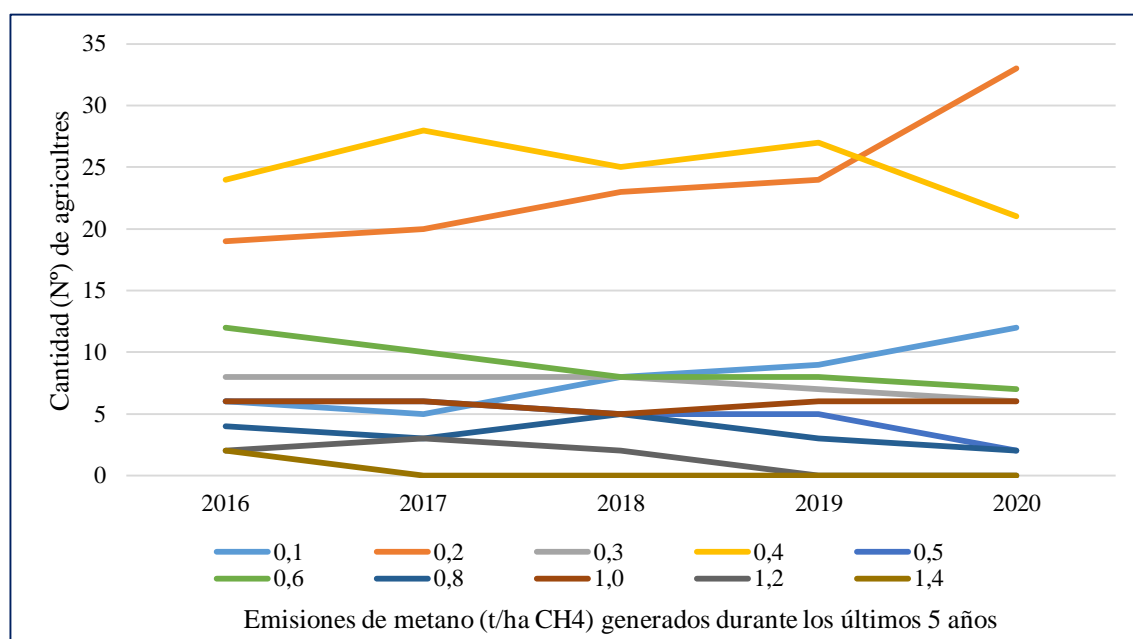


Figura 17. Tendencia de emisiones de metano (t/ha CH₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años.

Es posible evidenciar la tendencia de emisiones de metano generados por los cultivos de arroz en referencia a la cantidad de agricultores y hectáreas cosechadas, encontrándose un incremento considerable de las emisiones de 0,2 t/ha CH₄, evidenciando además un descenso de emisiones de 0,4 t/ha CH₄ a partir del cuarto año, tal y como también lo muestra la tendencia de hectáreas cosechadas, por otro lado, las emisiones de 0,1 y 0,2 t/ha CH₄ muestran tendencia de aumento con el pasar de los años, lo que demuestra que la menor cantidad de hectáreas cosechadas han aumentado, siendo las demás emisiones las que con el pasar de los años han ido disminuyendo debido a un descenso en las superficies cosechadas, sobre todo entre el penúltimo y último año de estudio.

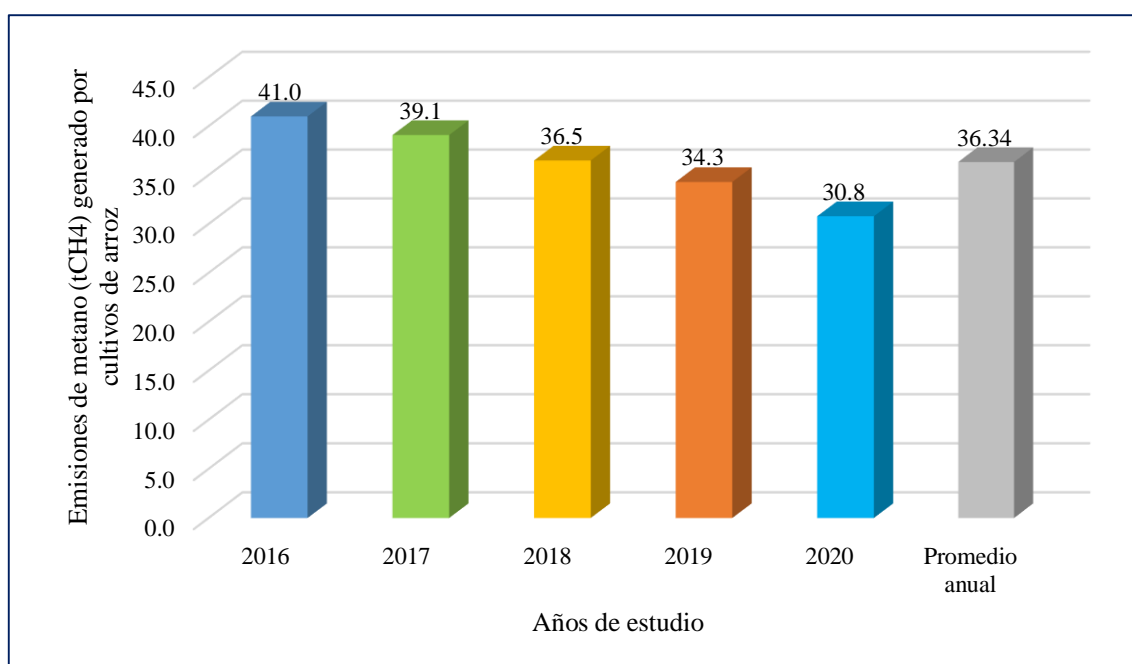


Figura 18. Emisiones de metano (tCH₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años.

Se determinaron las emisiones de metano de acuerdo a los últimos cinco años de estudio, encontrándose de acuerdo al total de agricultores entrevistados que el año donde mayor emisión se generó fue en el 2016 equivalente a 41,0 tCH₄, seguido del año 2017 donde se estimó que se emitieron 39,1 tCH₄, en tanto, la menor emisión de metano en los años de estudio fue en el 2020 con 30,8 tCH₄, las barras en la figura muestran claramente un descenso en las emisiones de metano, el cual para este caso se encuentra directamente relacionado con el número de hectáreas cosechadas en los últimos años, determinándose además en base a los agricultores entrevistados un promedio anual de emisión de metano de 36,34 tCH₄.

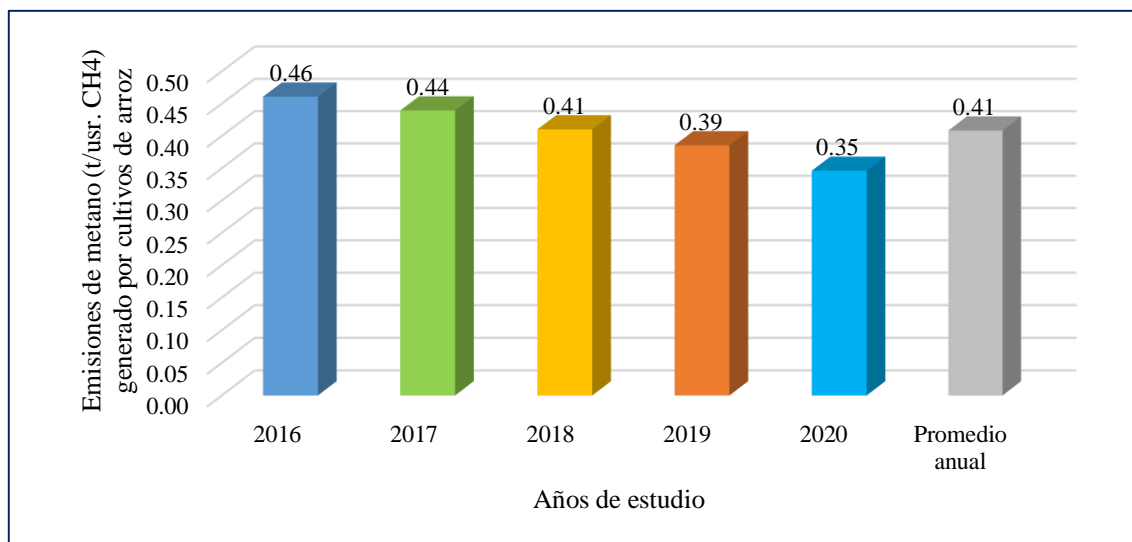


Figura 19. Emisiones de metano (t/USR. CH₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años.

En base a las emisiones de metano determinadas y del total de entrevistados, se determinaron las emisiones de metano por usuario en los últimos cinco años de estudio, encontrando que en el año 2016 fue donde mayor emisión se generó por usuario equivalente a 0,46 tCH₄/usr., seguido del año 2017 donde se estimó 0,44 tCH₄/usr., en tanto, la menor emisión de metano por usuario en los años de estudio fue estimado en el 2020 con 0,35 tCH₄/usr., las barras en la figura muestran claramente un descenso en las emisiones de metano por usuario, el cual para este caso se encuentra directamente relacionado con el número de hectáreas cosechadas en los últimos años, determinándose además en base a los agricultores entrevistados un promedio anual de emisión de metano por usuario de 0,41 tCH₄/usr.

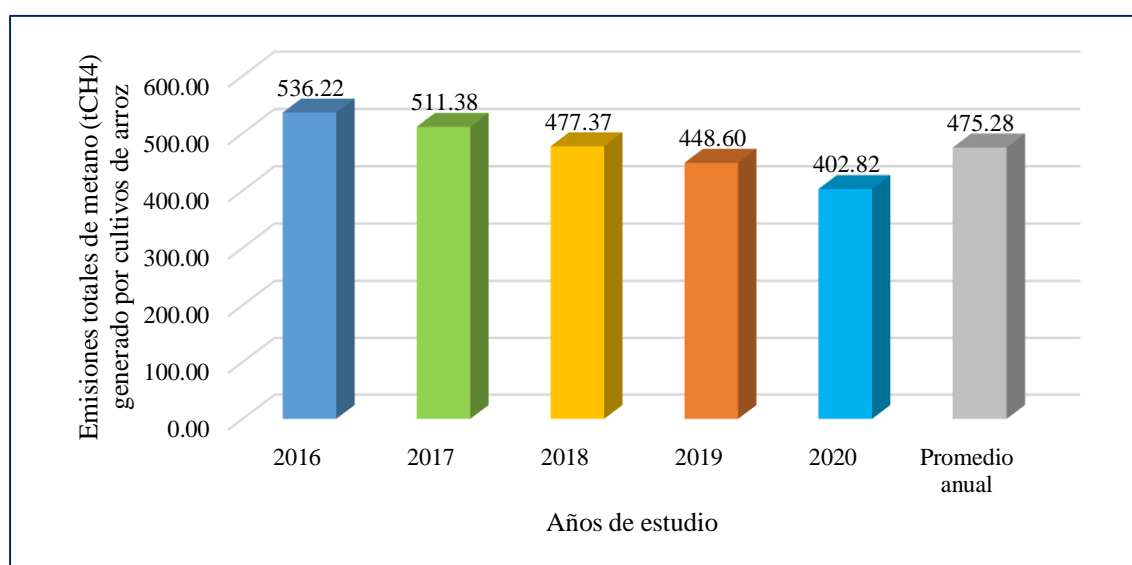


Figura 20. Emisiones totales de metano (t CH₄) generado por cultivos de arroz durante los últimos 5 años.

En base a las emisiones de metano por usuario determinadas del total de entrevistados y en base al total de usuarios existentes, se determinaron las emisiones totales de metano en la ciudad de Rioja de los últimos cinco años de estudio, encontrándose que en el año 2016 fue donde mayor emisión total se generó (536,22 tCH₄), seguido del año 2017 (511,38 tCH₄), en tanto, la menor emisión total de metano en los años de estudio fue en el 2020 (402,82 tCH₄), las barras en la figura de igual manera, muestran claramente un descenso en las emisiones totales de metano, el cual para este caso se encuentra directamente relacionado con el número total de hectáreas cosechadas en Rioja en los últimos años, determinándose además en base a los agricultores entrevistados un promedio anual total de emisión de metano de 475,28 tCH₄.

Cálculo de CO_{2eq} de emisiones totales de metano (CH₄) del cultivo de arroz en el distrito de Rioja.

En base a las emisiones totales de metano se procedió a calcular la huella de carbono (CO_{2eq}) que generan los cultivos de arroz en el distrito de Rioja, encontrándose lo siguiente:

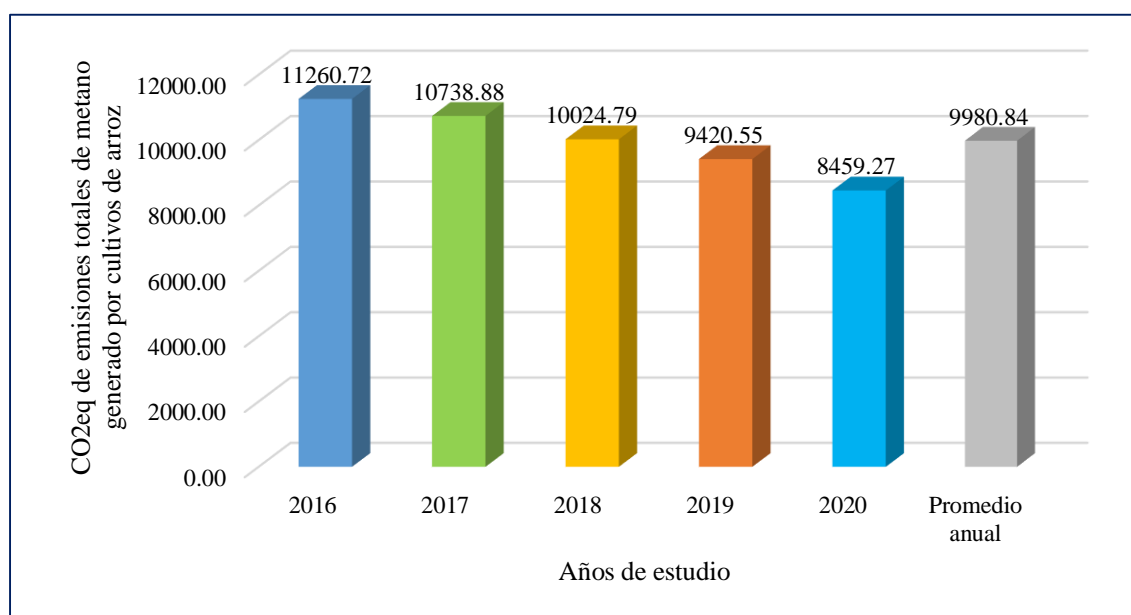


Figura 21. CO_{2eq} de emisiones totales de metano generado por cultivos de arroz.

Se determinó la huella de carbono en base a las emisiones totales de metano obtenidos en el distrito de Rioja, encontrándose que en el año 2016 se generó mayor cantidad (11 260,72 tCO_{2eq}), siendo en el 2020 donde se estimó menor cantidad (8 459,27 tCO_{2eq}), se evidencia un descenso en las emisiones de huella de carbono en los últimos años, el cual

se encuentra relacionado con las hectáreas cosechadas y las emisiones de metano, encontrándose además un promedio anual de emisiones totales de 9 980,84 tCO_{2eq}, por otro lado, las emisiones totales mayores y menores de huella de carbono por usuario se estimó en el primer y último año con 9,67 tCO_{2eq}/usr. y 7,27 tCO_{2eq}/usr., respectivamente; y, el promedio en base a los años de estudio por usuario es 8,57 tCO_{2eq}/usr., siendo la emisión por hectárea cosechada de 4,2 tCO_{2eq}/ha.

3.3. Proponer medidas de mitigación ambiental a fin de minimizar las emisiones de metano (CH₄) y controlar el impacto hacia el ambiente.

Previa elaboración de propuesta de mitigación ambiental, se analizaron los resultados de la entrevista a los agricultores, encontrándose los siguientes resultados:

Tabla 3

Conocimiento sobre los GEI y en particular sobre gas metano (CH₄)

Clase	Nº de Ocurrencias	Porcentaje %
Si	24	27,0
No	62	69,7
No opina	3	3,4
Total	89	100,0

Del total de entrevistados se determinó que más del 50,0% no tiene conocimiento sobre los GEI y en particular sobre el gas metano (CH₄), existiendo una mínima cantidad de agricultores que prefirió no opinar, en base a estos resultados se es posible mencionar la necesidad en que los agricultores sean capacitados con el objetivo de inculcar conciencia ambiental acerca de la problemática de los GEI y en particular del metano (CH₄).

Tabla 4

Desconocimiento del tema y conciencia en que la emisión de metano contribuye al calentamiento global

Clase	Nº de Ocurrencias	Porcentaje %
Si	51	82,3
No	9	10,1
No opina	2	2,2
Total	62	94,6

Del total de agricultores que mencionaron desconocer sobre el tema y previa explicación del mismo, se determinó que más del 50,0% es consciente que las emisiones de metano generados contribuyen al calentamiento global y por ende a los problemas que se desencadenan de este, resultados que demuestran que la implementación de estrategias serian tomadas por los agricultores.

Tabla 5

Poner en práctica medidas de mitigación ambiental y contribuir a la reducción de emisiones de metano

Clase	Nº de Ocurrencias	Porcentaje %
Si	77	86,5
No	9	10,1
No opina	3	3,4
Total	89	100,0

Los resultados determinados nos afirman o demuestran que urge la necesidad de implementar estrategias y/o medidas de mitigación de emisiones de GEI, el cual debe ser de conocimiento de todos los agricultores, dado que más del 50,0% está de acuerdo en poner en práctica medidas de mitigación ante la formulación de esta, en tanto, una menor cantidad mencionaron que no lo podría en práctica dado a que puede verse en peligro su producción.

Tabla 6

Participación en capacitaciones.

Clase	Nº de Ocurrencias	Porcentaje %
Si	74	83,1
No	12	13,5
No opina	3	3,4
Total	89	100,0

Los resultados encontrados hacen un llamado a las autoridades competentes a actuar de manera inmediata mediante el desarrollo de estrategias como la capacitación para llegar a los agricultores, quienes necesitan ser conocedores de temas relevantes con el ambiente como el tema tratado en esta investigación, dado a la inexistencia, escasa o poco conocimiento sobre ello, todo lo cual se ve reflejado en que más del 50,0% agricultores estaría dispuesto a participar en capacitaciones.

Propuesta de medidas de mitigación ambiental para minimizar las emisiones de metano (CH₄) generados por cultivos de arroz.

I. Introducción

El metano es un gas que es generado de forma natural debido a la descomposición de materia orgánica, siendo los combustibles fósiles, la ganadería y en particular la agricultura los sectores que más cantidad de este gas emiten a la atmosfera; además, el metano es 80 veces más contaminante que el CO₂.

La ONU indica que las emisiones de metano generados por el cultivo de arroz, representa el 8% del total de emisiones, además este gas responsable de casi el 30% del calentamiento global desde los tiempos preindustriales, generándose un incremento de una forma nunca antes vista de las emisiones en los últimos años, por lo cual resulta fundamental y urgente reducir las emisiones de metano, a fin de minimizar o limitar los efectos del calentamiento global.

El distrito de Rioja es uno de los distritos del Alto Mayo que se caracteriza por ser una zona predominante del cultivo de arroz, el mismo que de acuerdo a los resultados obtenidos y de acuerdo al perfil productivo del cultivo, en los últimos años ha venido disminuyendo su producción, no siendo esto un impedimento que abstenga la necesidad de adoptar medidas de mitigación ambiental para controlar, limitar o minimizar las emisiones de metano que se generan por este cultivo, resultando ser urgente la adopción de medidas.

II. Alcances

La presente propuesta de alternativas de mitigación ambiental, ha sido elaborada con la finalidad de minimizar las emisiones de metano generados por cultivos de arroz, particularmente por los agricultores pertenecientes al ámbito del distrito de Rioja, pudiendo ser empleada de manera general por agricultores de otros ámbitos distritales.

III. Objetivos

3.1. Objetivo general

— Establecer las medidas de mitigación ambiental para minimizar las emisiones de metano (CH₄) generados por cultivos de arroz.

3.2. Objetivos específicos

- _ Mejorar la capacidad de adecuación y adaptación de los agricultores de cultivos de arroz a medidas de mitigación.
- _ Facilitar medidas de mitigación ambiental para la minimización de las emisiones de metano (CH₄) generados por cultivos de arroz.
- _ Fomentar en autoridades y agricultores el desarrollo de buenas prácticas ambientales a fin de reducir emisiones de metano.

IV. Medidas de mitigación ambiental

A continuación, se dan a conocer medidas que pueden ser optadas con el objetivo de minimizar las emisiones de metano de cultivo de arroz, medidas formuladas en base a la revisión de datos o información secundaria, a fin de hacer de conocimiento a las autoridades y agricultores para su implementación. Se consideraron 8 medidas, los cuales según Uprety *et al.* (2012) son descritos a continuación:

M.M.A.1. Medida en base al manejo de fertilizantes y de abono.

a. Definición de la medida

El adecuado manejo de los fertilizantes y de abonos en los cultivos de arroz es una medida importante para la mitigación de metano, el mismo que incluye cambios en el tipo y tasa de nutrientes de fertilizantes y abonos, tasas y temporalidad de aplicaciones, y el uso de inhibidores de nitrificación para reducción de metano.

b. Descripción de la medida

Algunos inhibidores de nitrificación no solo tienen la capacidad de mitigar N₂O, sino que también de acuerdo a varios estudios también pueden mitigar las emisiones de metano en cultivos de arroz, por lo cual resulta ser una medida de doble objetivo al reducir la emisión de ambos gases, es así que el uso de los inhibidores de la nitrificación como por ejemplo Nimin o la colocación del supergránulo de urea en los arrozales inundados pueden llegar a ser considerados opciones adecuadas para la mitigación de las emisiones de metano de los cultivos de arroz, sin afectar el rendimiento del grano.

De la misma manera se requiere un uso adecuado y de cambios en el tipo y tasa de fertilizantes, integrando en los cultivos abonos orgánicos como, por ejemplo, el guano de isla concluida la etapa de preparación del terreno, mediante la técnica del boleó, esparciendo uniformemente el abono.

c. Ventajas de la medida

Esta medida puede mejorar en forma efectiva el uso eficiente del fertilizante y al mismo tiempo brinda reducciones importantes e inmediatas en las emisiones de metano.

d. Desventajas de la medida

Los inhibidores de nitrificación suelen ser caros, además pueden dejar residuos en la tierra y pueden perderse mediante volatilización.

e. Barreras de implementación

Los agricultores deben ser informados mediante capacitaciones acerca de los tipos y cantidades adecuadas de fertilizante y abono a aplicar.

M.M.A.2. Medida de manejo del agua mediante drenaje en la mitad de estación.

a. Definición de la medida

Esta medida involucra hacer retiro del agua superficial de los cultivos de arroz anegado durante aproximadamente siete días.

b. Descripción de la medida

La aplicación de esta medida interfiere con las condiciones anaeróbicas, lo cual interrumpe la producción de metano, involucra contener el agua de irrigación por inundación durante un periodo de tiempo determinado hasta evidenciar que el arroz presente síntomas de estrés, para posteriormente proceder a anegar los cultivos lo más rápido posible, siendo necesario cubrir la superficie de la tierra con el fluido para que las plantas puedan iniciar su recuperación.

c. Ventajas de la medida

Se estima que la reducción de las emisiones de metano ante la implementación de esta medida sería entre 7% y 95%, afectando muy poco el rendimiento del arroz.

El drenaje tiene la capacidad de estimular el desarrollo de las raíces y acelerar la descomposición de materiales orgánicos, lo que incrementa el nitrógeno mineralizado disponible como alimento para la planta.

El drenaje a media estación también contribuye al ahorro de agua, pudiendo ser este utilizable para otros fines.

d. Desventajas de la medida

El drenaje a media estación puede ayudar a mitigar el N_2O si un campo está frecuentemente anegado por irrigación intermitente.

Con la implementación de esta medida se retrasa el desarrollo del cultivo, retrasando la floración entre 3 a 4 días y la cosecha o madurez entre 7 a 10 días.

La adopción de la medida puede incrementar la altura de la planta, lo que puede causar que el cultivo sea más proclive a compactarse, sobre todo cuando el rendimiento del grano es alto.

e. Barreras de implementación de la medida

Los agricultores pueden temer los efectos adversos en el rendimiento, debido al estrés de sus plantaciones y por la demora en las etapas del cultivo, por lo cual requieren ser capacitados sobre los beneficios de la implementación de la medida que pasa más por mitigar las emisiones de metano.

M.M.A.3. Medida de aplicación de fertilizante con potasio

a. Definición de la medida

La implementación de esta medida puede reducir significativamente las emisiones de metano de suelos inundados de cultivos de arroz.

b. Descripción de la medida

La implementación de esta medida a los cultivos de arroz previene caída en el potencial redox, logrando disminuir el contenido de sustancias de activa reducción y contenido de Fe^{2+} , por lo cual además de producir mayor biomasa de arroz y de rendimiento de grano, la ejecución de esta medida puede reducir de manera efectiva la emisión de metano de suelos anegados.

c. Ventajas de la medida

Los fertilizantes químicos de acuerdo a estudios mitigan las emisiones de metano más rápidamente que los lentos procesos de aditamentos orgánicos.

Los fertilizantes químicos algunas veces mejoran la salud de los suelos si se utilizan con cuidado para mantener el equilibrio con los nutrientes y el ambiente.

d. Desventajas de la medida

Los fertilizantes químicos aplicados en exceso de la tasa normal usualmente cambian la composición de los nutrientes de la tierra, pudiendo además afectar la estructura física, lo que influye en forma adversa en la oxidación de metano y metanogénesis.

e. Barreras de implementación de la medida

Los costos de los fertilizantes pueden ser un problema, por lo cual urge la necesidad de capacitar acerca del uso apropiado y preciso.

M.M.A.4. Medida de labranza reducida para la mitigación de metano

a. Definición de la medida

Esta medida involucra la plantación o trasplante directo a la tierra con mínima labranza previa.

b. Descripción de la medida

La labranza en suelo húmedo comparado con el cultivo sin arado en tierra seca, tiene la capacidad de generar un brote más temprano de metanogénesis, contribuyendo a una producción más elevada de metano durante la estación de crecimiento, siendo el cultivo sin arado el que genera el nivel más bajo de metano y que es una práctica que utiliza los residuos del cultivo en remplazo de compost.

c. Ventajas de la medida

Menos requerimiento de mano de obra.

Menos tiempo de preparado de terreno para el siguiente cultivo.

Esta medida brinda protección al suelo y mejora su condición.

d. Desventajas de la medida

El desarrollo de esta medida podría hacer vulnerable a plagas y enfermedades en el cultivo de arroz.

Las prácticas de mínimo laboreo requieren un mayor uso de herbicidas y por ende resultan ser menos aceptables.

La menor germinación con esta medida requiere de tasas más altas de plantones y por ende implica mayor gasto en semilla.

e. Barreras de implementación de la medida

La falta de familiarización con las técnicas de labranza suele ser una limitación importante para los agricultores locales que practican el cultivo de arroz a pequeña escala.

M.M.A.5. Medida de sembrado directo

a. Definición de la medida

Las semillas pregerminadas o plántones son sembrados de manera directa en la tierra o son dispersados en campos anegados.

b. Descripción de la medida

De acuerdo a diversos autores la siembra directa de arroz da como resultado menores emisiones de metano, ello debido a un periodo más corto de inundación y menor perturbación de la tierra a comparación con el trasplante de arroz en los cultivos.

c. Ventajas de la medida

La siembra directa resulta ser más rápida y menos intensiva en mano de obra.
Reducción del tiempo de preparación del terreno.

d. Desventajas de la medida

De acuerdo a autores como desventajas de esta medida se encuentra una reducción en el rendimiento y mayor concentración de plantas.

e. Barreras de implementación de la medida

Cambiar la tradición o hábitos de siembra resulta ser difícil, por lo cual se debe demostrar a los interesados que no se reducirán significativamente el rendimiento ante la práctica de la siembra directa.

M.M.A.6. Medida de enmienda mediante fertilizante químico

a. Definición de la medida

Los tipos y cantidades de fertilizantes que se apliquen suelen incrementar las emisiones de metano, por lo cual resulta ser de suma importancia controlar las tasas de aplicación y tipo de fertilizante para reducir emisiones.

b. Descripción de la medida

El origen, el método y tasas de aplicación de fertilizantes minerales influyen de manera significativa en la producción y emisión de metano de arrozales inundados, por lo cual resultaría ser eficiente controlar y usar adecuadamente los fertilizantes, dado que

resultados demuestran que por ejemplo las emisiones de cultivos de arroz disminuyen en aproximadamente 18% gracias a las enmiendas con fertilizantes químicos.

c. Ventajas de la medida

Las emisiones se van reduciendo, mientras el crecimiento de los cultivos y sus rendimientos son estimulados a comparación con los fertilizantes sin potencial de mitigación.

d. Desventajas de la medida

Los fertilizantes con potencial más alto de mitigación pueden tener un mayor costo.

e. Barreras de implementación de la medida

Existe la necesidad de brindar mayor información a los agricultores, habiendo la necesidad además de establecer los fertilizantes que son costo-efectivos en cuanto a mejorar el rendimiento como también el potencial de mitigación de GEI, lo cual debe ser de conocimiento de los agricultores.

M.M.A.7. Medida de biotecnología agrícola como opción de mitigación de metano.

a. Definición de la medida

Un enfoque biotecnológico para la medida de mitigación ambiental involucra la identificación de plantas de cultivo de arroz que emitan menos metano.

b. Descripción de la medida

Autores demostraron que existe la probabilidad que las plantas de arroz con sistemas pequeños de raíces, con alta actividad oxidativa en sus raíces, alto índice de cosecha e hijuelos productivos produzcan menos metano que otras plantas cultivares, siendo por ejemplo la planta cultivar Zhongzhou (japonica moderna) que emite menos metano que la Jingyou (híbrido de japonica) y que la Zhonghua (japonica alta). A pesar de haberse identificado plantas cultivares de arroz que emiten poco metano, la reducción de las emisiones de metano obtenida con la selección de plantas cultivares ha llegado a demostrar ser menor que las emisiones obtenidas mediante la modificación de los regímenes de agua o inclusive añadiendo aditamentos orgánicos.

c. Ventajas de la medida

Los agricultores pueden tener la posibilidad de diseñar y seleccionar plantas cultivares de bajas emisiones de metano con alto rendimiento.

d. Desventajas de la medida

Haciendo uso de esta medida, el grado en el que se pueden reducir las emisiones podría no ser de suma importancia.

Las variedades de plantas con características de emisiones bajas podrían ser las de menor rendimiento.

El tiempo para el desarrollo de nuevas variedades, es considerable.

e. Barreras de implementación de la medida

Es la relación positiva entre la emisión de metano y el rendimiento, además de la poca investigación científica al respecto en la zona y de la falta de iniciativa de autoridades para la ejecución de proyectos que involucren estos cultivares.

M.M.A.8. Medida de manejo del agua, mediante la alternación de mucha y poca humedad.

a. Definición de la medida

Medida que tiene la capacidad de ahorrar agua y mitigar el metano, dado a que los cultivos de arroz suelen ser inundados y secados alternadamente.

b. Descripción de la medida

Esta medida es también conocida como irrigación controlada o intermitente, donde el número de días en el cual el cultivo no está anegada puede variar de uno a más de diez días, la medida se centra en que cuando el nivel del agua este a 15 cm por debajo de la superficie del suelo, se debe volver a inundar la tierra a una profundidad de 5 cm aproximadamente en la etapa de floración, debiendo mantenerse la mencionada altura a fin de evitar el estrés de la plantación, lo cual ocasionaría una gran pérdida en el rendimiento de los cultivos de arroz, para monitorear la napa freática o la estabilidad del agua luego de cada irrigación en la altura requerida, es necesario instalar un tubo plástico perforado en el área de cultivo.

c. Ventajas de la medida

En comparación a la inundación continua es posible que con esta medida haya grandes reducciones en las emisiones de metano.

Se economiza y ahorra el agua durante el cultivo de arroz.

Protección de la calidad del agua, debido a un menor uso de este.

Con esta medida, los agricultores podrán conocer la condición del agua en sus áreas de cultivos de arroz, con lo cual es posible equilibrar la irrigación minimizando a la vez las emisiones de metano.

d. Desventajas de la medida

Incremento de emisiones de N_2O y ocasionalmente la productividad disminuye siempre y cuando el estado de estrés hídrico es inducido.

e. Barreras de implementación de la medida

Al aplicar esta medida se requiere que los sistemas de irrigación apliquen control preciso de la temporización de irrigaciones y la profundidad del agua, por lo cual los agricultores deberán ser bien capacitados para la implementación de esta medida, el cual a la vez no representa beneficio económico para los agricultores, pero si para la reducción de las emisiones de metano.

3.4. Discusión de resultados

Roa (2020), menciona que el sistema de manejo de agua es uno de los parámetros influyentes en la emisión de metano en los arrozales, información que es afirmada con lo evidenciado y encontrado en la presente investigación, dado a que de los posibles factores de emisión se determinó que el régimen de gestión de agua de tipo anegado continuamente es el que mayor valor de factor obtiene, el cual se desarrolla en el ámbito de estudio siendo posible de esta manera la generación de mayor emisión de metano.

Palmer (2018), determinó que a través de un riego intermitente y mediante la aplicación de una adecuada gestión hídrica en los cultivos de arroz, se reducen las emisiones de metano y se ahorra el agua, no afectando la producción y crecimiento del cultivo, información que también lo comparte Cumpa (2017), y que a la vez es afirmada con lo encontrado, dado a que se propone como una de las alternativas que mayor

minimización de metano genera y que las autoridades lo deberían tomar en consideración a fin de implementarla con los agricultores en los cultivos de arroz.

En la presente investigación se determinó que por hectárea de cultivo de arroz se generan 0,2 tCH₄ en base a las hectáreas cosechadas y factor de emisión de tipo de régimen de agua anegado continuamente, resultado que es superior, pero se aproxima al ser comparado con lo encontrado por Rivas (2019), quien determinó en su investigación que por hectárea se generan 0,145 tCH₄ mediante la evaluación de características físicas y químicas del suelo de cultivo de arroz.

En los últimos cinco años de estudio de acuerdo a los resultados de la entrevista, las hectáreas cosechadas de cultivos de arroz muestran un descenso conforme van pasando los años, información que es afirmada con lo evaluado en el perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector del ministerio de agricultura (2019), donde se observa que en el distrito de Rioja las hectáreas totales cosechadas de cultivos de arroz se han disminuido, lo cual se debe al desarrollo de diferentes factores que permiten tal evento.

Méndez (2018), refiere que la quema de residuos agrícolas genera emisiones de CO₂, si bien en la presente investigación no se evaluó a este gas, no puede pasar por desapercibo el problema que se genera al quemar los residuos agrícolas del cultivo de arroz, que, junto a la emisión de metano, se tiende a emitir a la atmósfera dos de los gases de efecto invernadero más importantes y se contribuye de una u otra manera en el cambio climático.

Entre los factores que incrementan las emisiones de metano se encuentra la duración y cantidad de superficies cosechadas, los regímenes de agua antes y en el transcurso del cultivo, además de los abonos inorgánicos y orgánicos utilizados (Carrillo y Manso, 2018), información que es corroborada con lo obtenido en la presente investigación, debido a que se determinó que la cantidad de emisión emitida se redujo durante los últimos años por un descenso de la superficie cosechada, aunque el régimen de agua y uso de abonos orgánicos es una práctica común un poco difícil de cambiar, por lo cual se recomienda centrarse en buenas alternativas que posibiliten la reducción de emisiones sin reducir la producción de arroz.

CONCLUSIONES

A nivel del distrito de Rioja, más del 50% de agricultores cosecharon entre 0,5 y 2,0 ha, de las cuales durante los primeros cuatro años existe una mayor cantidad que cosechó 2,0 ha, en el 2020 se registró que la mayor cantidad de agricultores cosecharon 1,0 ha, debido a problemas como la pandemia; por otro lado, se produjo un descenso de superficies cosechadas entre los años, cosechando 205,0 ha en el 2016 y 154,0 ha en el 2020, determinando en promedio 181,70 ha/año y 2,4 ha/usuario, además, en el primer y quinto año a nivel distrital se cosecharon las mayores (2 681,12 ha) y menores (2 014,11 ha) superficies de cultivo de arroz, con lo cual el promedio total de hectáreas cosechadas por año es de 2 376,39 ha/año.

Se determinaron los factores de emisión para todos los años: 20,0 g/m² como factor de emisión para variaciones estacionales, 1,0 como factor de corrección para fertilizantes orgánicos y 1,0 como factor de escala en el total de agricultores pertenecientes al tipo de régimen de gestión del agua anegado continuamente; siendo el factor de emisión de metano 20,0 g/m² (0,2 t/ha).

Más del 50% de emisiones son entre 0,1 tCH₄/ha y 0,4 tCH₄/ha, al existir una relación directamente proporcional con el número de hectáreas cosechadas, existe un descenso en la generación de emisiones de metano, siendo mayor (41,0 tCH₄) en el año 2016 y menor (30,8 tCH₄) en el 2020, cuyo promedio anual de los cinco años fue 36,34 tCH₄, la mayor y menor emisión promedio por usuario fue 0,46 tCH₄/usu. y 0,35 tCH₄/usu. en el primer y último año de estudio, respectivamente, siendo el promedio anual 0,41 tCH₄/usu.; por otro lado, la emisión total de metano fue mayor en el 2016 (536,22 tCH₄) y menor en el 2020 (402,82 tCH₄), siendo 475,28 tCH₄ el promedio anual total de emisión de metano en Rioja.

En base a las emisiones totales de metano, se determinó el aporte en la huella de carbono CO_{2eq}, encontrando la mayor cantidad en el año 2016 (11 260,72 tCO_{2eq}) y la menor cantidad en el 2020 (8 459,27 tCO_{2eq}), encontrando además un promedio anual de emisiones totales de CO_{2eq} de 9 980,84 tCO_{2eq}; por otro lado, las emisiones totales mayores y menores de huella de carbono por usuario se estimó en el primer y último año

con 9,67 tCO_{2eq}/usr. y 7,27 tCO_{2eq}/usr., respectivamente; y, el promedio en base a los años de estudio por usuario fue 8,57 tCO_{2eq}/usr., siendo la emisión por hectárea cosechada 4,2 tCO_{2eq}/ha.

Se propusieron medidas de mitigación las cuales pueden ser tomadas por autoridades para su implementación y lograr minimizar las emisiones de metano generados por cultivos de arroz, medidas en base al manejo de fertilizantes y de abonos, medida de manejo del agua mediante drenaje en la mitad de estación, medida de aplicación de fertilizante con potasio, de labranza reducida para la mitigación de metano, medida de sembrado directo, de enmienda mediante fertilizante químico, de biotecnología agrícola y medida de manejo del agua mediante alteración de mucha y poca humedad, de todos estos se da a conocer: la definición de la medida, su descripción, ventajas, desventajas y barreras de implementación de la medida, que deben ser tomados en cuenta para su implementación.

RECOMENDACIONES

A los agricultores optar por la práctica en el cambio de tipo de régimen de agua a anegado intermitentemente lo cual permitirá reducir en gran medida las emisiones de metano.

De la misma manera, también a los agricultores recomendar el uso controlado teniendo en cuenta el tipo y tasas adecuadas de aplicación de fertilizantes, todo lo cual contribuirá a la reducción de emisiones de metano.

A las autoridades, tomar en consideración las propuestas de mitigación de emisiones de metano generadas por cultivos de arroz para su implementación previa coordinación y sobre todo capacitación a los agricultores a fin de evitar conflictos y posibles pérdidas económicas en las cosechas.

A autoridades e investigadores, tomar en consideración las propuestas y a la vez profundizar en cada uno de ellos, realizando investigaciones o capacitando a los profesionales, con el objetivo de que las enseñanzas obtenidas o resultados obtenidos, sean replicados en el desarrollo de la práctica de cultivo de arroz.

A los docentes y estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, desarrollar investigaciones y estudios referentes al tema tratado y que estos terminen en una propuesta que pueda ser tomada por autoridades, agricultores y público en general, lo que permita aportar a la minimización de emisiones de metano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, D., Mendham, D., Bhupinderpal, S., Cowie, A., et al. (2016). Nitrous oxide and methane emissions from soil are reduced following afforestation of pasture lands in three contrasting climatic zones.
- Awasthi, K. D., Sitaula, B. K., Singh, B. R., y Bajracharya, R. M. (2005). Fluxes of methane and carbon dioxide from soil under forest, grazing land, irrigated rice and rainfed field crops in a watershed of Nepal. *Biology and Fertility of Soils*, 41, 163–172. <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0825-4>
- Benavides, H., y León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
- Berra, A. (2004). El cambio climático global y su influencia en el comportamiento interno de los estados respecto a la producción industrial en general, la agricultura ganadera en particular, como temas importantes para las relaciones intergubernamentales argentinas del siglo XXI. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Cambio Climático. (2008). Cambio Climático Global. Obtenido de Cambio Climático Global Web Side, <http://cambioclimaticoglobal.com/gasesinv>
- Capurro, C., Tarlera, Silvana., Irisarri, P., Cantou, G., Riccetto, J., Scavino, A., Roel, A. (2015). Cuantificación de emisiones de metano y óxido nitroso bajo dos manejos del riego contrastantes en el cultivo de arroz. Serie Técnica 220. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay.
- Cerón, P. (2021). Incidencia del sistema de producción de arroz (*Oryza sativa*) en la huella de carbono en Centro Poblado Valle la Conquista del distrito de Moyobamba. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Moyobamba – Perú.
- Cumpa, V. (2017). Reducción de la emisión del gas metano atmosférico utilizando técnicas de riego en suelo arcilloso en cultivo de *oryza sativa* L en condiciones climáticas. Universidad Cesar Vallejo. Perú.
- Delgado, A. (2018). Huella de carbono en el cultivo de arroz en el distrito de Posic - Rioja, San Martín. Tesis (Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 23 PP.

- Environment Programme (UN). (2021). Methane emissions are driving climate change. Here's how to reduce them. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/methane-emissions-are-driving-climate-change-heres-how-reduce-them>
- Espíndola, C. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. ISSN 0718-0764.
- Fernández, V. (2010). Gases efecto invernadero: impactos e inventario. La Habana.
- González, M., Carbonell, M., Martínez, E., y Flórez, M. (2006). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle Cali, Colombia.
- Hernández, M. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2).
- Holm, J., Miller, C., & Cropper, W. (2015). Population Dynamics of the Dioecious Amazonian Palm *Mauritia flexuosa*: Simulation Analysis of Sustainable Harvesting. *Biotropica*.
- IDEAM C., PNUD, MADS, DNP, Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. (2016). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Plan Nacional de Innovación Agraria en Arroz. 2017. <http://www.inia.gob.pe/programas/arroz>
- Intergovernmental Panel on Climate Change - (IPCC). (2006). The Scientific Basis. New York: Contribution of Working Group.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - (IPCC). (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 2007. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- ISO 9001. Sistemas de Gestión de Calidad. 2015.
- Kurnik, J., y Devine, K. (2022). Innovation in reducing methane emissions from the food sector: Side of rice, hold the methane. World Wildlife Fund Sustainability Works. <https://www.worldwildlife.org/blogs/sustainability-works/posts/innovation-in-reducing-methane-emissions-from-the-food-sector-side>

of-rice-hold-the-methane#:~:text=Rice%2C%20one%20of%20the%20most,of%20total%20greenhouse%20gas%20emissions.

- Klaus, T. (2001). ¿Qué sabemos sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero?: Guía simplificada del informe del IPCC “Cambio Climático 2001”. Santiago de Chile. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Lasso, A. (2017). Cámaras estáticas para la estimación de gases de efecto invernadero en lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Méndez, M. (2018). Determinación de factores de emisión y carbono negro por la quema de residuos agrícolas de algodón cebada y frijol. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México.
- Nelles, D., y Serrer, C. (2005). El pequeño manual del cambio climático.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2017). La población mundial aumentará en 1000 millones para 2030. Naciones Unidas: Departamentos de Asuntos económicos y sociales Nueva York.
- Pachauri, R., & Meyer, L. (2014). Cambio climático 2014 Informe de síntesis. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Palmer, I. (2018). Aplicación de riegos intermitentes para reducir emisiones de metano en el cultivo de arroz en el fundo el Triunfo, distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba – región de Amazonas, 2017 – 2018. Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú.
- Rivas, H. (2019). Comparación de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano en la cuenca del río Huascayacu – San Martín – 2019. Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú.
- Roa, Y. (2020). Distribución espacial, factores y tasas de Emisión de Gases Efecto Invernadero (CH₄, CO₂) emitidos a la atmósfera por parte de cultivos de arroz en Colombia en el 2019. Tesis (Ingeniero Ambiental). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.
- Rodel, L., Ogle, S., Raison, J., et al. (2006). Tierras de Cultivo. *Revista del IPCC*, 5(4).
- Sanchis, E. (2014). Emisiones de Gases en el Cultivo de arroz: Efecto y Gestión de la paja. Trabajo Fin de MÁSTER TIPO B (Máster en Ingeniería Ambiental- Gestión Ambiental). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

- Setyanto, P., Makarim A. K., Fagi A. M., Wassmann, R., and Buendia L. V. (2000). Crop management affecting methane emissions from irrigated and rainfed rice in Central Java (Indonesia). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 58, 85–93. <https://doi.org/10.1023/A:1009834300790>
- Sistema integrado de estadísticas agrarias (SIEA), Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI). (2018). Tabla de Excel Anuario de producción agrícola 2017. Lima, Perú. Consultado 19 ago. <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=anuario-estadistico-de-produccion-agricola2017>
- Umali, D. (2022). Greening the rice we eat. World Bank Blogs. <https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/greening-rice-we-eat>
- Uprety, D.C., Dong, D., Kimball, B., Garg, A., y Upadhyay. (2012) Tecnologías para la mitigación del cambio climático-sector agrario-. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN: 978-87-93130-63-0.
- Urry, J. (2015). “Climate Change and Society,” in *Why the Social Sciences Matter*, Palgrave Macmillan, pp. 45–59.
- Useros, J. (2013). El Cambio Climático: sus causas y efectos medioambientales. *Real Acad. Med. y Cirugía Valladolid*, 50, 71-98. ISSN 0210-6523. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817473>
- Wassman, R., Lantin, R., & Urrinch, H. (2000). Methane Emissions from Major Rice Ecosystems in Asia. 1era. ed. Vol. 58. Núm. 1-3. Estados Unidos: Library of Congress Cataloging -in- publication data.
- Zhan, M., Cao, C., Wang, J., Jiang, Y., Cai, M., Yue, L., & Shahrear, A. (2011). Dynamics of methane emission, active soil organic carbon and their relationships in wetland integrated rice-duck systems in Southern China. *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, 1, 1–13. Disponible en: 10.1007/s10705-010-9371-7.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario

Anexo 2. Ficha de validación de cuestionario

Anexo 3. Ubicación de área de estudio y hectáreas de cultivos de arroz

Anexo 4. Figuras

Anexo 5. Registro fotográfico

Anexo 1. Cuestionario



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARTÍN**

El presente cuestionario a realizar es parte de un proyecto de trabajo de investigación denominado:

“DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE METANO (CH₄) GENERADOS POR CULTIVOS DE ARROZ EN EL DISTRITO DE RIOJA Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL”.

A través del cual se busca conocer la opinión de agricultores que cultivan arroz en el ámbito del distrito de Rioja, el mismo que será de mucha utilidad para determinar las emisiones de metano generados por la práctica de este cultivo y poder formular una propuesta de medidas mitigación ambiental para la posterior utilización por los agricultores.

¡Por lo cual su opinión es muy valiosa e importante!

1. ¿Cuántos años lleva realizando la práctica del cultivo de arroz?
De 5 a 9 años..... De 10 a 14 años..... ≥ 15 años.....
2. ¿En los últimos 5 años, cuántas hectáreas por cada año ha cosechado?
Año 1:..... Año 4:.....
Año 2:..... Año 5:.....
Año 3:.....
3. ¿Cuál es el tipo de sistema de riego que utiliza en el cultivo de su arroz?
De regadío: Anegado continuamente.....
De regadío: Anegado intermitentemente, aeración sencilla.....
De regadío: Anegado intermitentemente, aeración múltiple.....

De secano: Anegadizos.....

De secano: Expuesto a la sequía.....

Aguas profundas: Profundidad del agua 50-100 cm.....

Aguas profundas: Profundidad del agua > 100 cm.....

4. ¿Tipos de fertilizantes que utiliza?

Fertilizantes orgánicos.....

Fertilizantes inorgánicos.....

5. ¿Ah escuchado alguna vez sobre los GEI y en particular sobre el gas metano (CH₄)?

Si No No opina

6. Ante el desconocimiento acerca del tema (si no conociera) y después de una explicación sobre ello ¿Es consciente que a través de la emisión del gas metano (CH₄) contribuye al calentamiento global?

Si No No opina

7. Ante la formulación de propuestas de mitigación ambiental ¿Estaría usted de acuerdo en poner en práctica dicha medidas y así contribuir a la reducción de emisiones del gas metano (CH₄)?

Si No No opina

8. ¿Estaría usted de acuerdo en participar en capacitaciones acerca del tema por parte de entidades municipales y demás entidades del estado?

Si No No opina

¡MUCHA GRACIAS!

Bach. Yessenia Torres Fernandez

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Anexo 2. Ficha de validación de cuestionario

INFORME DE OPINIÓN RESPECTO A INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Apellidos y Nombres del experto : Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles
 Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín
 Docente nombrado/investigador

Instrumento motivo de evaluación: Encuesta sobre determinación de emisiones de metano (CH₄) generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y propuesta de medidas de mitigación ambiental

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)


ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, es decir libre de ambigüedades.					x
Objetividad	Los ítems del instrumento permitirán mensurar las variables de estudio en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operacionales.				x	
Actualidad	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico y legal inherente sobre actividades de emisiones de metano generados por cultivos de arroz.				x	
Organización	Los ítems del instrumento traducen organicidad lógica en concordancia con la definición operacional y conceptual de las variables y sus dimensiones e indicadores, de manera que permitan hacer abstracciones e inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				x	
Suficiencia	Los ítems del instrumento expresan suficiencia en cantidad y calidad en la redacción				x	
Intencionalidad	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para el examen de contenido y mensuración de las evidencias inherentes sobre actividades de emisiones de metano generados por cultivos de arroz.					x
Consistencia	La información que se obtendrá, mediante los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.					x
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan coherencia entre las variables e indicadores.					x
Metodología	Los procedimientos insertados en el instrumento responden al propósito de la investigación.					x
Pertinencia	El instrumento responde al momento oportuno o más adecuado					x
SUBTOTAL					1 6	30
TOTAL		46				

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: El instrumento de investigación materia de revisión, evidencia una buena sistematicidad en los diferentes criterios y coherencia de cada uno de los ítems con la variable de estudio y sus respectivas dimensiones; por tanto, tiene validez de contenido y es aplicable a los sujetos muestrales.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: (4,6 puntos) Excelente

Moyobamba, julio del 2022


 Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles
 DNI 00818283

INFORME DE OPINIÓN RESPECTO A INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Apellidos y Nombres del experto : Ing. MSc. Ángel Tuesta Casique
 Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín
 Docente nombrado/investigador

Instrumento motivo de evaluación: Encuesta sobre determinación de emisiones de metano (CH₄) generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y propuesta de medidas de mitigación ambiental

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CRITERIOS	INDICADORES				X	
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, es decir libre de ambigüedades.				X	
Objetividad	Los ítems del instrumento permitirán mensurar las variables de estudio en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operacionales.				X	
Actualidad	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico y legal inherente sobre actividades de emisiones de metano generados por cultivos de arroz.				X	
Organización	Los ítems del instrumento traducen organicidad lógica en concordancia con la definición operacional y conceptual de las variables y sus dimensiones e indicadores, de manera que permitan hacer abstracciones e inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
Suficiencia	Los ítems del instrumento expresan suficiencia en cantidad y calidad en la redacción					X
Intencionalidad	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para el examen de contenido y mensuración de las evidencias inherentes sobre actividades de emisiones de metano generados por cultivos de arroz.					X
Consistencia	La información que se obtendrá, mediante los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.					X
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan coherencia entre las variables e indicadores.					X
Metodología	Los procedimientos insertados en el instrumento responden al propósito de la investigación.					X
SUBTOTAL					2 0	2 5
TOTAL		45				

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: El instrumento de investigación materia de revisión, evidencia una buena sistematicidad en los diferentes criterios y coherencia de cada uno de los ítems con la variable de estudio y sus respectivas dimensiones; por tanto, tiene validez de contenido y es aplicable a los sujetos muestrales.

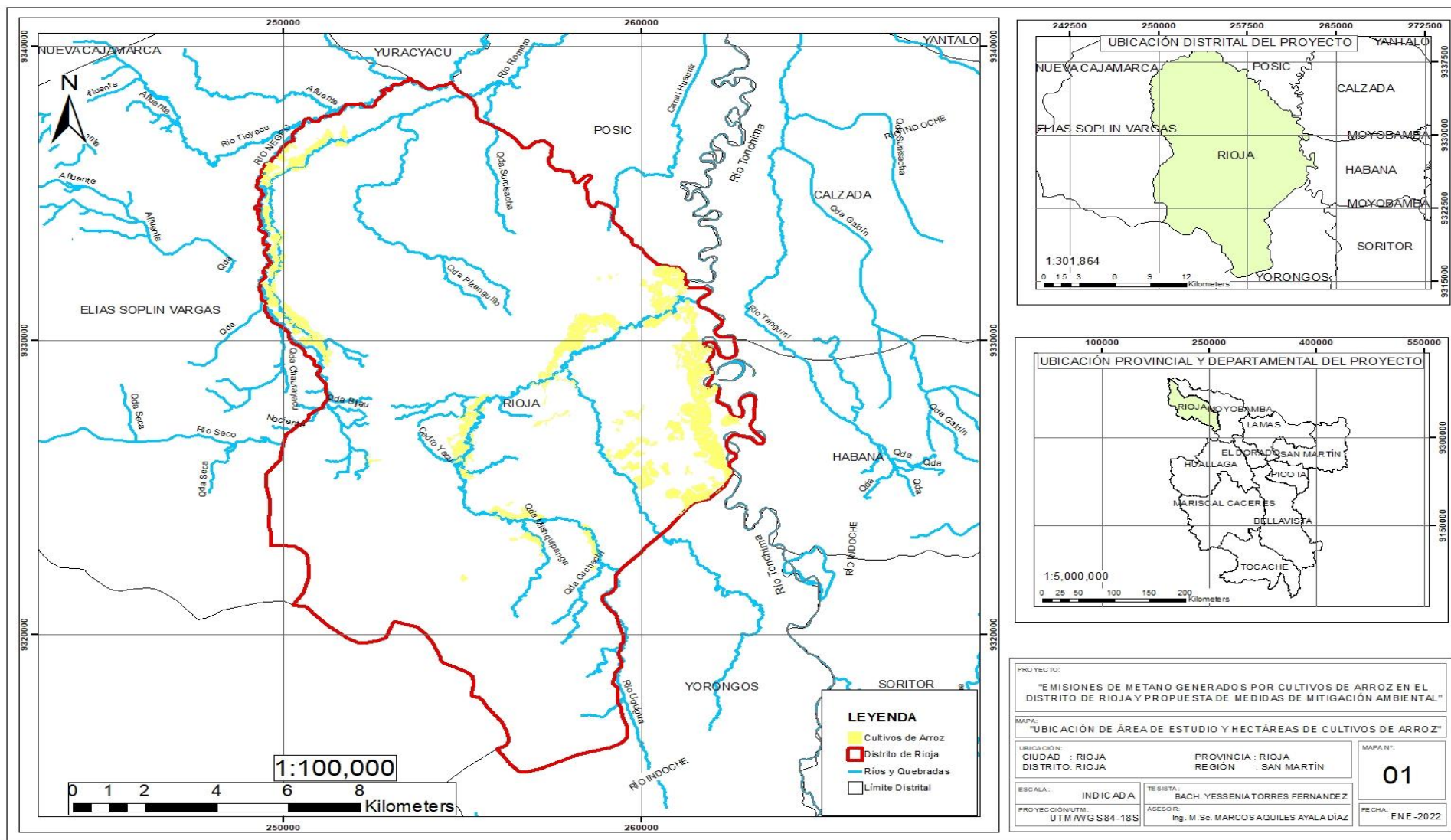
PROMEDIO DE VALORACIÓN: (4,5 puntos) Excelente



Ing. Angel Tuesta Casique
 DNI 00839617

Moyobamba, julio del 2022

Anexo 3. Ubicación de área de estudio y hectáreas de cultivos de arroz



Anexo 4. Figuras

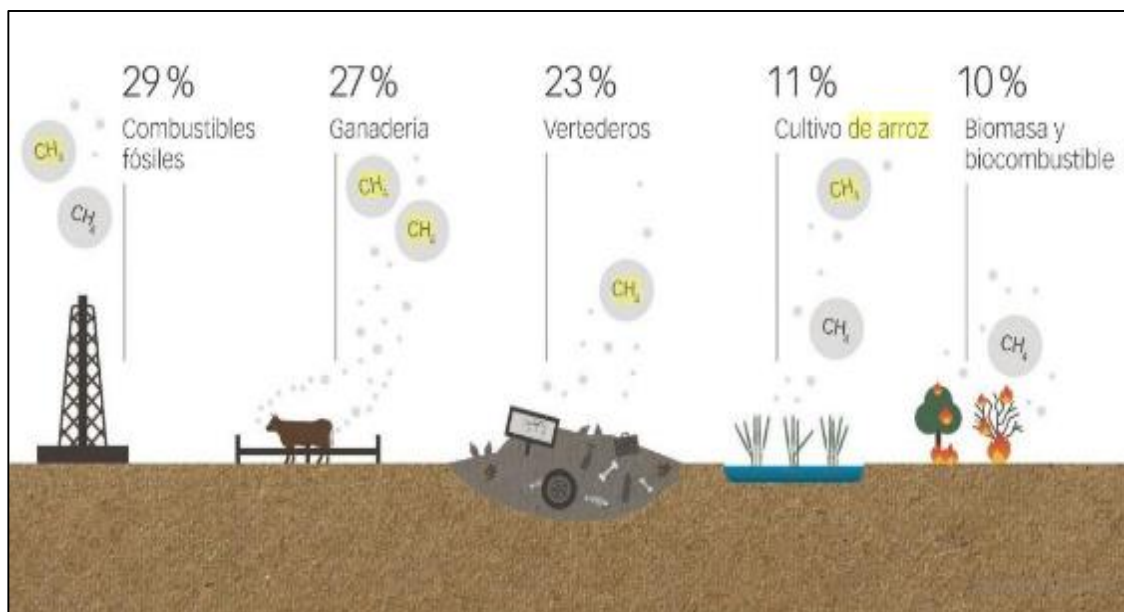


Figura 22. Emisiones globales de metano creadas por los seres humanos.

Fuente: NELLES & CHRISTIAN (2005).

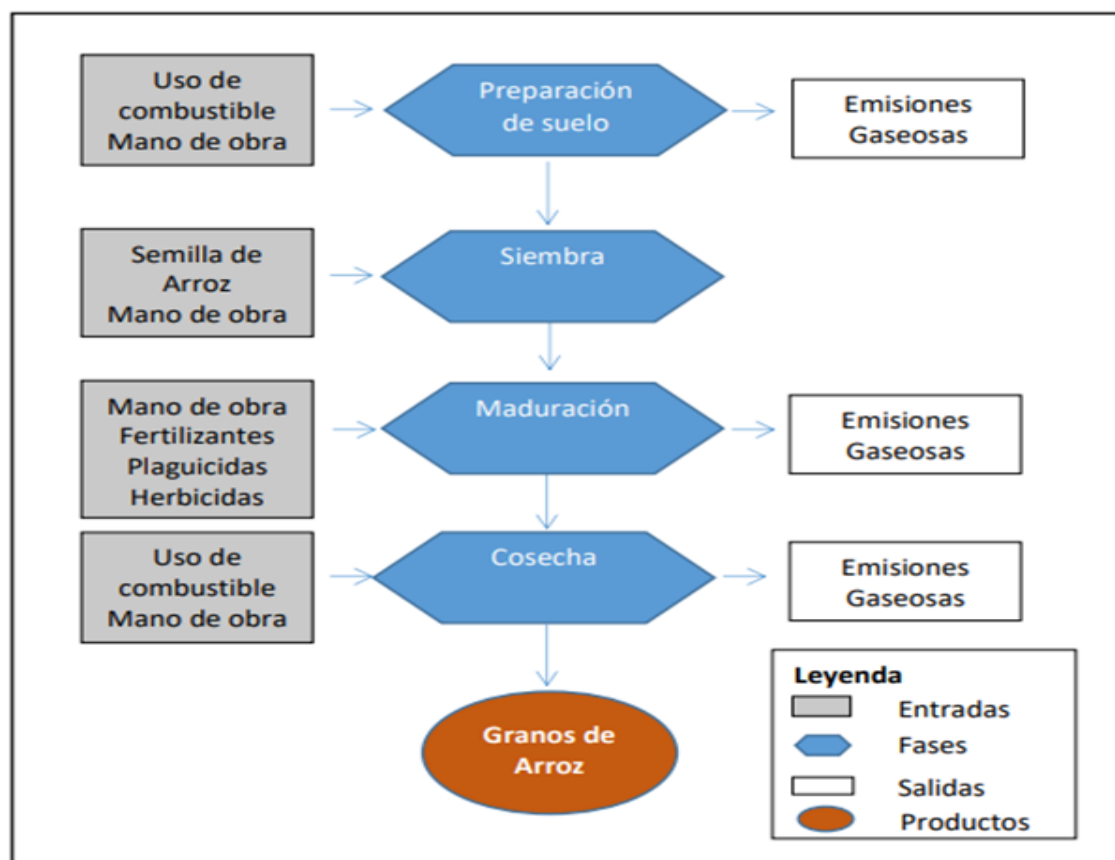


Figura 23. Sistema de producción de arroz.

Fuente: DELGADO, (2018).

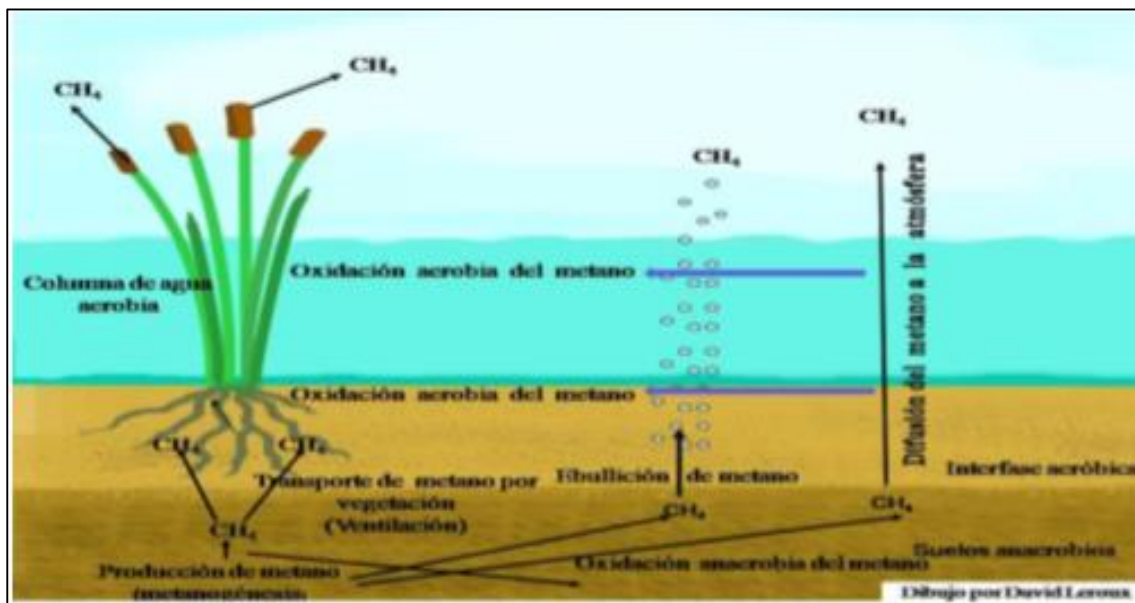


Figura 24. Esquema simplificado del transporte de metano.

Fuente: HERNÁNDEZ, (2010).

Anexo 5. Registro fotográfico



Fotografía 1: Identificación de tipo de régimen de regadíos.



Fotografía 2: Entrevista personal a agricultores.



Fotografía 3: Encuesta personal a agricultores.



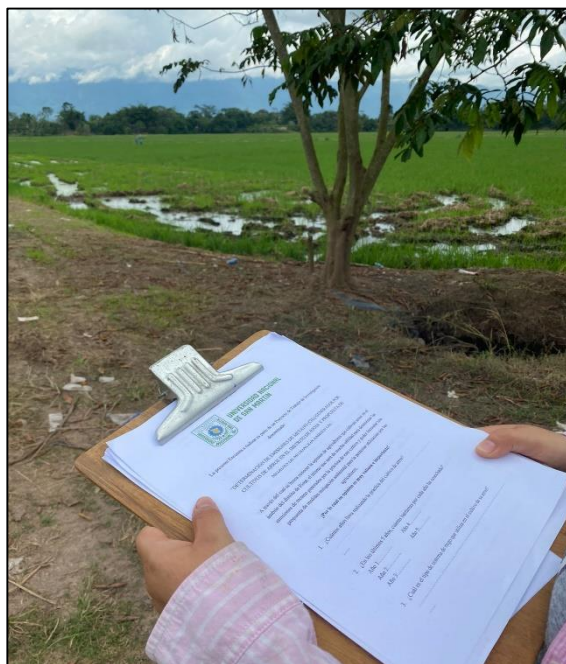
Fotografía 4: Encuesta personal a agricultores.



Fotografía 5: Encuesta personal a agricultores.



Fotografía 6: Encuesta personal a agricultores.




Fotografía 7: Encuesta para entrevista a agricultores.



Fotografía 8: Cultivo de arroz anegado continuamente en el ámbito de estudio.

ANEXO 1. Encuesta



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARTÍN**

La presente encuesta a realizar es parte de un proyecto de trabajo de investigación denominado:

"DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE METANO (CH₄) GENERADOS POR CULTIVOS DE ARROZ EN EL DISTRITO DE RIOJA Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL".

A través del cual se busca conocer la opinión de agricultores que cultivan arroz en el ámbito del distrito de Rioja, el mismo que será de mucha utilidad para determinar las emisiones de metano generados por la práctica de este cultivo y poder formular una propuesta de medidas mitigación ambiental para la posterior utilización por los agricultores.

¡Por lo cual su opinión es muy valiosa e importante!

- ¿Cuántos años lleva realizando la práctica del cultivo de arroz?
De 5 a 9 años..... De 10 a 14 años..X... ≥ 15 años.....
- ¿En los últimos 5 años, cuántas hectáreas por cada año ha cosechado?
Año 1:..2,0... Año 4:..2,0...
Año 2:..2,0... Año 5:..2,0...
Año 3:..2,5...
- ¿Cuál es el tipo de sistema de riego que utiliza en el cultivo de su arroz?
De regadío: Anegado continuamente..X...
De regadío: Anegado intermitentemente, aeración sencilla.....
De regadío: Anegado intermitentemente, aeración múltiple.....
De secano: Anegadizos.....

Fotografía 9: Encuesta para entrevista a agricultores.

De secano: Expuesto a la sequía.....
Aguas profundas: Profundidad del agua 50-100 cm.....
Aguas profundas: Profundidad del agua > 100 cm.....

- ¿Tipos de fertilizantes que utiliza?
Fertilizantes orgánicos..... Fertilizantes inorgánicos..X...
- ¿Ah escuchado alguna vez sobre los GEI y en particular sobre el gas metano (CH₄)?
Si..... No..X... No opina.....
- Ante el desconocimiento acerca del tema (si no conociera) y después de una explicación sobre ello ¿Es consciente que a través de la emisión del gas metano (CH₄) contribuye al calentamiento global?
Si..X... No..... No opina.....
- Ante la formulación de propuestas de mitigación ambiental ¿Estaría usted de acuerdo en poner en práctica dichas medidas y así contribuir a la reducción de emisiones del gas metano (CH₄)?
Si...X... No..... No opina.....
- ¿Estaría usted de acuerdo en participar en capacitaciones acerca del tema por parte de entidades municipales y demás entidades del estado?
Si..X... No..... No opina.....

¡MUCHAS GRACIAS!

Bach. Yessenia Torres Fernandez
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Fotografía 10: Cultivo de arroz anegado continuamente en el ámbito de estudio.

Emisiones de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y propuesta de medidas de mitigación ambiental

por Yessenia / Torres Fernandez

Fecha de entrega: 13-jul-2023 12:06p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2130644603

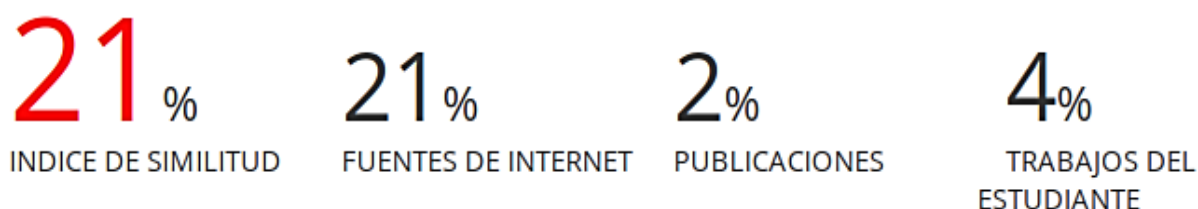
Nombre del archivo: ING._AMBIENTAL_-_Yessenia_Torres_Fernandez_1.docx (6.71M)

Total de palabras: 18174

Total de caracteres: 94117

Emisiones de metano generados por cultivos de arroz en el distrito de Rioja y propuesta de medidas de mitigación ambiental

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.tech-action.org Fuente de Internet	5 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
3	infocarbono.minam.gob.pe Fuente de Internet	3 %
4	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	3 %
5	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2 %
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	www.senasa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
8	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1 %