



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

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

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Br. Hans Jhoel Rivas Vidal (ORCID: 0000-0002-8630-6822)

ASESOR:

MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco (ORCID: 0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y conservación de recursos naturales

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mis padres María Vidal e Isaias Rivas

por su amor incondicional

AGRADECIMIENTO

A Dios por haber permitido que llegue hasta esta etapa de mi vida y de poder disfrutar de mi familia.

A mis padres y hermanos por apoyarme en cada decisión y ser mi motor durante mi proceso académico y laboral.

A mi sobrino Adriel porque con su llegada nos brindó alegría y por ser una persona especial para mí.

A mis familiares y amigos que me brindaron mensajes de aliento.

A mi Universidad César Vallejo por permitir que sea un profesional, dándome las herramientas necesarias. A cada maestro que formo parte de este proceso académico.

A mi asesor al MSc. Wilber Quijano por sus conocimientos y guía, a la familia Vásquez por su hospitalidad, para el desarrollo de la tesis.

Finalmente, agradezco a quien lea este apartado de mi tesis, por permitir que mi experiencia, investigación y conocimiento influya dentro de su repertorio de información

PÁGINA DEL JURADO

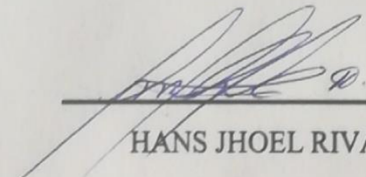
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Hans Jhoel Rivas Vidal, con DNI: 70353484, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 13 de julio del 2019



HANS JHOEL RIVAS VIDAL

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En el cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento antes ustedes la Tesis 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**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Hans Jhoel Rivas Vidal

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	23
2.1 Tipo y Diseño de investigación	23
2.2 Población, muestra y muestreo	25
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	26
2.4 Procedimiento	27
2.5 Método de análisis de datos	39
2.6 Aspectos éticos	39
III. RESULTADOS	40
IV. DISCUSIÓN	55
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES	59
Referencias	60
Anexos	67

RESUMEN

La presente tesis de investigación tuvo por objetivo evaluar la comparación de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano. Se utilizó un tipo de investigación aplicada con enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel de investigación descriptivo. La población fue las 8,6 hectáreas cercanas a la cuenca del río Huascayacu, donde se pudo observar dos diferentes ecosistemas, el primero de aguajal natural y el segundo de cultivos de arroz en una zona de piedemonte. El procedimiento se inició con la caracterización y georreferenciación de la zona de estudio, luego se realizó el establecimiento de las parcelas de muestreo de 1 m² contiguos y en paralelo siendo 3 en aguajales naturales y 3 en cultivos de arroz, seguidamente se tomó muestras de suelo alrededor de 1,5 kg en cada parcela que fueron llevados a un laboratorio especializado para sus análisis químicos. Para el análisis estadístico se utilizaron los softwares excel y SAS. Con los resultados se compararon las características físicas y químicas de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz, el primero obtuvo mayores valores en los parámetros, hubo significancia en el contenido de humedad, porosidad, densidad aparente, pH y materia orgánica. Las condiciones climáticas y la época fue la estación de otoño, cuya temperatura fue de 29 °C y la humedad relativa de 70%. La generación de metano en suelo para el cultivo de arroz fue mayor (0,029 kgCH₄/m²) en comparación a lo generado por el suelo de aguajal natural (0,023 kgCH₄/m²). La producción de metano por hectárea fue de 145 kgCH₄/Há en suelo del cultivo de arroz y 115 kgCH₄/Há en el suelo de aguajal natural.

Palabra claves: metano, aguajal natural, cultivo de arroz, suelo.

ABSTRACT

The objective of this research thesis was to evaluate the comparison of natural water soils and rice cultivation in the generation of methane. A type of applied research with a quantitative approach, non-experimental design and level of descriptive research is applied. The population was 8.6 hectares in the Huascayacu river basin, where two different systems could be observed, the first of natural avocado and the second of rice crops in a piedmont area. The procedure began with the characterization and georeferencing of the study area, then the establishment of the sampling plots of 1 m² contiguous and in parallel being 3 in natural aguajales and 3 in rice crops, followed by samples of soil About 1.5 kg in each plot that were taken to a specialized laboratory for analysis. For the statistical analysis, Excel and SAS software are used. The results compare the physical and chemical characteristics of natural water soils and rice cultivation, the first highest values in the parameters of moisture content, porosity, bulk density, pH and organic matter. The climatic conditions for both cases were different types of texture, however, in the same season (autumn season), temperature (29 °C) and relative humidity (70%). The generation of methane in the soil of the rice crop was higher (0.029 kgCH₄ /m²) compared to that generated in natural aguajal soil (0.023 kgCH₄ /m²). The production per hectare was of 145 kgCH₄ /Ha were obtained in rice cultivation soil and 115 kgCH₄/Ha in natural aguajal soil.

Keywords: methane, natural aguajal, rice cultivation, soil.

I. INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas como los cambios de uso de suelo, deforestaciones y uso de combustibles fósiles han provocado que se incrementen las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, esto ha generado que la temperatura del planeta se eleve considerablemente y provoque una alteración en el comportamiento del clima en el planeta, la cual se manifiesta a través de variaciones en la precipitación, climas más extremos, variación e intensidad en fenómenos, como el del Niño. Estas variaciones en el clima van a causar graves daños a las diferentes especies y ecosistemas del planeta (Pachauri y Meyer, 2014).

En el Perú un aguajal es considerado un humedal y representa un 4% de la superficie del país (MINAM, 2010). Los humedales representan una pequeña parte de la superficie del planeta, entre el 5 – 7%. No obstante, desempeñan el rol de capturar carbono y es ahí donde radica su importancia en el balance y regulación en el ciclo del carbono. Asimismo, en ellos existe producción de metano por las condiciones en las que se desarrollan bacterias metanógenas que cumplen la función de producirlas (Turetsky et al., 2014). El metano (CH_4) es mundialmente conocido como un GEI (gas de efecto invernadero); si bien su concentración es menor que otros GEI como el dióxido de carbono (CO_2), su peligrosidad en la atmósfera radica en que posee una capacidad de absorción de calor 20 veces mayor al del dióxido de carbono (CO_2). Por lo tanto, tiene un potencial de calentamiento global mayor.

En el Perú, se realizó un inventario de gases de efecto invernadero, los resultados de emisiones de metano que se obtuvieron fueron de 55,77 Gg CH_4 generados por los cultivos de arroz y 164,64 Gg CH_4 generados por cambio de uso de suelo (MINAM, 2014). La región San Martín se posiciona como la primera región en producción de arroz con un 27,1% del total generado en el país (MINAGRI, 2018). Cabe recordar, que en los cultivos de arroz es donde existe la producción de GEI hacia la atmósfera, entre ellos, el metano (CH_4) por las condiciones en las que se desarrollan.

En la presente tesis de investigación se presentan las características físicas y químicas más importantes en los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz, la generación de metano en dichos ecosistemas y la producción de metano por hectárea, con la finalidad de conocer la cantidad que se emite al ambiente por cambio de uso de suelo y en los cultivos de arroz.

La realidad problemática de la presente tesis de investigación refiere que en los últimos años, la producción de cultivos de arroz ha incrementado considerablemente llegando a producirse alrededor de 759 millones de toneladas en el planeta (FAO, 2018). En el último informe de coyuntura de cultivo de arroz MINAGRI (2018) menciona que en el Perú la producción de arroz fue alrededor de 3 millones de toneladas, siendo la región San Martín la de mayor producción, dicho aumento en la producción trae consigo un incremento en la producción de GEI emitidos a la atmósfera.

Uno de los ecosistemas que ha ganado vigencia en los últimos años por ser sumidero de carbono, son los aguajales, con gran cantidad de materia orgánica acumulada y que mantiene grandes extensiones de bosques inundables en la región amazónica. En efecto, en la región San Martín, a pesar de la problemática generada por el cambio de uso de suelo y la deforestación, aún se pueden encontrar grandes extensiones de aguajales rodeadas por montañas en el piedemonte oriental en la cuenca del río Huascayacu.

Las actividades antropogénicas han incrementado de manera considerable las concentraciones de GEI en la atmósfera teniendo gases como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) en elevadas concentraciones que en la actualidad son reconocidas como la principal fuente del calentamiento del planeta y una amenaza latente al bienestar de los ecosistemas y vida asociada. En este sentido, la agricultura es una fuente importante de emisiones de GEI, las cuales aumentan de manera considerable debido a la deforestación de áreas donde se acumulan grandes cantidades de carbono y metano, y debido a la pérdida de cobertura vegetal son liberadas a la atmósfera.

Es importante reconocer que los aguajales son una fuente de emisión natural de metano, pero estas emisiones se ven contrarrestadas por su actividad de fijación y captura de carbono, las cuales suelen ser mucho mayores y en efecto tienen mayores beneficios que impactos al ambiente. Naturalmente, los aguajales están asociados con ecosistemas que han almacenado gran cantidad de materia orgánica durante miles de años por lo que su importancia en la mitigación del cambio climático ha tomado vital importancia en la última década. Asociado a estas zonas crecen una serie de especies vegetales y de fauna adaptadas a estas condiciones.

En la zona cercana a la cuenca del río Huascayacu, se evidencia una zona conocida como aguajal por la presencia de palmeras *Mauritia flexuosa* de forma natural que está siendo deforestada por los agricultores de la zona, ya que prefieren aprovechar las condiciones del suelo y realizar un cambio de uso optando por los cultivos de arroz, lo cual se evidencia en el crecimiento exponencial de la producción de arroz en la región San Martín. Para el año 2016 en el país alrededor de 1'409,000 hectáreas de suelo fueron cambiados de uso (MINAM, 2016).

Finalmente, la presente tesis de investigación servirá para brindar información de la comparación de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano. Así como, de las características físicas y químicas más importantes.

En la presente tesis de investigación se revisaron trabajos previos internacionales para sustentar los resultados obtenidos, mencionados a continuación.

Ávila et al. (2016) en su artículo de investigación “Structure of natural regeneration in relation to soil properties and disturbance in two swamp forests” señalaron que, en los ecosistemas de pantano, también conocidos como turberas, tenemos una vegetación típica denominada aguajales en referencia al tipo de vegetación dominantes de *Mauritia flexuosa*. Los autores tuvieron como objetivo obtener mayor información de esta especie en referencia a usos y en relación a sus aportes a la mitigación del cambio climático que aún queda mucho por conocer. Sin embargo, existe una alta presión del hombre por estos ecosistemas debido a la calidad del suelo para el sembrío de arroz. Dentro de los resultados obtuvieron un inventario de 2264 individuos donde arrojaron que la zona con afectación del hombre había llevado a la colonización por especies de las zonas circundantes, también mostraron las diferencias en la disponibilidad de nutrientes en el suelo entre los sitios que influyeron en la distribución de las especies dejando una pregunta aún pendiente por responder en relación a la cantidad de GEI que podrían ser liberados a la atmósfera en caso estas turberas fuesen modificadas por acción antropogénica.

Hergoualc'h y Verchot (2017) en su estudio “Changes in soil CH₄ fluxes from the conversion of tropical peat swamp forests: meta-analysis, reportó que la cuarta parte de la deforestación en la zona sur este de Asia se dieron en bosques inundables tipo turberas, esto se tradujo en el aumento considerable de emisiones de metano, la cual se encontraba

concentrada en el suelo. Por ello, su objetivo principal fue determinar como el cambio de uso de suelo afectó los flujos de metano. Estos suelos fueron convertidos en monocultivos para la agricultura, donde se evidencia que la generación de metano se incrementa mucho más aún en los sembríos de arroz, donde los valores de emisiones de metano se consideraron elevados. Los resultados promedio que obtuvieron fue de 28,6 $\text{kgCH}_4\text{ha}^{-1}$ en turberas vírgenes y de 107,6 $\text{kgCH}_4\text{ha}^{-1}$ en sembríos de arroz, encontrando una relación inversa con el nivel freático del suelo, es decir, entre mayor cantidad de humedad, las emisiones de metano serán menores.

Holm, Miller y Cropper (2015) en su tesis “Population dynamics of the Amazonian palm *Mauritia flexuosa*: model development and simulation analysis” donde tuvieron como objetivo determinar la importancia ecológica y económica de la palmera *Mauritia flexuosa*, donde recalca que los pobladores tienen malas técnicas de cultivo porque cortan el tallo para recuperar la fruta. Los resultados que obtuvieron fue proyectar las cosechas de esta palma que irán en aumento lo que conllevaría a una gran problemática ambiental debido a las grandes cantidades de carbono y metano que se liberaría al ambiente por la tala excesiva de esta y otras especies en turberas inundables. Asimismo, del análisis de elasticidad demostraron que ante una mayor conservación de las especies nativas de las turberas existe menor probabilidad de liberación de GEI a la atmósfera por lo que recomendaron incluir estos en la convención RAMSAR.

Urrego et al. (2016) en su artículo “Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon” tuvieron como objetivo cuantificar la cantidad de carbono fijado en las turberas tropicales y forestales debido a que en estos se encuentran los mayores sumideros de carbono a nivel mundial. Los resultados alcanzaron hasta 1218 MgC por hectárea, además de que albergan una elevada biodiversidad destacando en ella una gran variabilidad de especies de vertebrados terrestres e invertebrados a los que se suministra recursos como alimentos y un lugar donde desarrollarse; además de una serie de servicios ecosistémicos entre los que destacan la regulación de los ciclos hidrológicos, de intercambio de especies así como de almacenamiento y secuestro de GEI como el dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). En ese sentido, las turberas ofrecen gran cantidad de recursos maderables y no maderables para las poblaciones humanas que deben ser utilizadas bajo un sistema de manejo gestionadas de manera que los recursos puedan ser utilizados de manera sostenible.

Strangmann, Bashan y Giani (2017) en su trabajo de investigación “Methane in pristine and impaired mangrove soils and its possible effect on establishment of mangrove seedlings” tuvieron como objetivo determinar la dinámica del metano (CH₄) en suelos de manglares vírgenes y deteriorados (de caminos, construcción, acuicultura y alcantarillado) en Baja California Sur, México. En el estudio los autores detallaron las propiedades e impacto en el establecimiento inicial de plantas pequeñas de mangle. Todos los suelos tenían un pH neutro a alcalino, eran salinos y tenían una variación orgánica en el contenido de carbono y potenciales redox. En el mangle más prístino, los suelos mostraron baja concentración de metano. Sin embargo, en el mangle con suelo deteriorado por acuicultura y por aguas residuales, se mostró una alta concentración de metano, elevadas tasas de producción y una elevada emisión de metano actuando, así como una real fuente de metano. Llegaron a la conclusión de que concentraciones elevadas de metano, similares a los niveles detectados en el suelo de manglar deteriorado, reducen el crecimiento y desarrollo de la vegetación llevando a un envejecimiento precoz del bosque lo que podría llevar a una sucesión acelerada teniendo como consecuencia una acelerada pérdida de la cobertura boscosa y en consecuencia liberación de grandes cantidades de GEI.

Sanchis (2015) en su trabajo de investigación “Emisiones de gases en el cultivo de arroz: efecto de la gestión de la paja” tuvo como objetivo determinar las emisiones de metano durante todo el ciclo de vida de la planta de arroz. Asimismo, pudo determinar que el 90% del metano producido en los suelos de cultivo de arroz es transportada a la atmósfera a través de la planta, esta actúa como una chimenea porque el metano es transportado por el aerénquima de la planta hacia el ambiente. Por otro lado, para su estudio utilizó parcelas de 2x2 metros como muestra, y para medir los flujos de metano el investigador utilizó cámaras estáticas. Los resultados arrojaron que la mayor cantidad de metano generado se dio a partir del día 63 obteniendo un valor de 74,8 gCH₄/m²·h que corresponde a la parte inicial de la floración, respecto a la menor concentración de metano se dio entre la fase de germinación y plántula con un valor entre 0 – 12,4 gCH₄/m²·h.

Ontiveros, Manrique y Franco (2018) en su investigación “Flujos de metano (CH₄) en suelos forestales: dinámica y relación con factores ambientales y edáficos” tuvieron como objetivo determinar la concentración del metano en los suelos y evaluar su

dinámica en las diferentes estaciones del año. Con lo cual, seleccionaron un bosque de galería ubicado al norte de Argentina a una altitud aproximada de 1468 m.s.n.m para desarrollar su estudio basado en medir los flujos de metano emitido desde el suelo a la atmósfera. El estudio se basó en determinar si existía una mayor cantidad de oxidación (secuestro) o reducción (emisión) al ambiente de forma natural. Para ello las mediciones fueron hechas en las estaciones de primavera, verano y otoño a través de cámaras estáticas. Entre los principales resultados, mencionan que se evidencian oxidación (secuestro) de metano en las tres estaciones, siendo en la estación de primavera donde se evidenció la mayor cantidad de oxidación $19,89 \text{ g/m}^2\cdot\text{s}$ aproximadamente y en la estación de otoño solo se pudo evidenciar reducción (emisión) de metano con un valor aproximado de $9,89 \text{ g/m}^2\cdot\text{s}$.

Tauchnitz et al. (2017) en su artículo de investigación “Nitrous oxide and methane fluxes of a pristine slope mire in the German National Park Mountains” tuvieron como objetivo principal monitorear los flujos de metano y óxido nitroso en turberas prístinas cubiertas de suelos histosoles (pantanos). Es conocido que la disponibilidad de oxígeno (O_2) en estos ambientes es baja pero las cantidades de metano y óxido nitroso suelen ser considerables y realmente preocupantes por los efectos negativos de estos GEI. Las turberas reportadas se caracterizan por condiciones anaerobias debido a los altos niveles de la capa freática. El método empleado fue el de cámara cerrada en un área boscosa permanentemente inundada. Los resultados arrojaron emisiones a niveles bajos del nivel freático y durante los periodos de inundación de $0,025 \text{ kgCH}_4\text{ha}^{-1}$ y $0,044 \text{ kgCH}_4\text{ha}^{-1}$, respectivamente. Concluyeron que la mayor cantidad de emisiones de metano la percibieron a niveles bajos de la capa freática.

Adhikari (2018) en su artículo “Economics of organic vs inorganic carrot production in Nepal” tuvo como principal objetivo determinar que los humedales son los ambientes más productivos en la tierra porque juegan un papel importante en el ciclo del carbono y el metano. Los resultados que obtuvo fueron que, en el caso del carbono, éste es capturado por las especies vegetales que se encargan de fijarlo como dióxido atmosférico y lo transforman en sustratos durante la fotosíntesis, lo cual está muy relacionada con la biomasa, principalmente en ecosistemas inundables como es el caso de las turberas. En los humedales también existe liberación de metano, sin embargo, es un proceso que ha existido por miles de años y que no debe ser cuestionada porque su importancia radica

en la fijación de grandes cantidades de carbono. Concluyó, que si estos ecosistemas no existieran o sean substituidos por monocultivos (principalmente de arroz) los impactos ambientales serían muy serios debido a la liberación de todos los GEI almacenados en los suelos y luego por la sucesiva emisión de GEI en la producción del arroz.

Endress, Horn y Gilmore (2014) en su investigación “*Mauritia flexuosa* palm swamps: composition, structure and implications for conservation and management” tuvieron como principal objetivo documentar la mayor información de los bosques pantanosos que son habitados en su mayoría por palmeras, las que brindan una serie de beneficios económicos a los pobladores, sin embargo, los estudios referentes a palmeras son escasos debido a la dificultad y peligro que representa el acceso a bosques inundables. Por ese motivo, el estudio se tuvo que centrar exclusivamente en la cosecha destructiva de aguajales. Dentro de sus resultados, los autores obtuvieron que la mayor cantidad de área basal de los bosques inundables es representada por las palmeras y que las palmeras de aguaje son las que se encuentran con mayor estrés debido principalmente la cosecha destructiva y a la erosión genética que ha sufrido en las últimas cuatro décadas por lo que sugieren que se establezca una adecuada gestión de este recurso, haciendo un equilibrio entre las prioridades y la demanda de la vida silvestre como humana. Asimismo, recomiendan que la investigación servirá para una mejor comprensión de la composición e interacciones ambientales de los bosques inundables tropicales.

Gyenge et al. (2016) mencionan que el principal objetivo de su trabajo de investigación “Un rol poco conocido de las forestaciones: captura de metano de la atmósfera” fue identificar aquellos sectores de agricultura y vegetación que generan emisiones de gases de efecto invernadero en Tandil, entre ellos el metano. Para ello identificaron tres tipos de suelo para realizar su estudio, en suelos de cultivo de soya y cebada, suelo de pastizal y suelo de pino. Para poder medir los flujos utilizaron cámaras estáticas. Dentro de los resultados obtuvieron que la menor cantidad de emisiones de metano provenía del suelo de pino entre 2 a 12,5 g/m².seg, seguido del suelo de pastizal entre 5,5 a 16,5 g/m².seg y la mayor cantidad de emisiones de metano provenía de los suelos de cultivo de soya y cebada entre 16,5 a 22 g/m².seg.

Pihlatie et al. (2014) en su trabajo de investigación “Comparison of static chambers to measure CH₄ emissions from soils” tuvieron como objetivo estimar las características físicoquímicas más importantes que influyen en la generación de metano en humedales,

por lo cual seleccionaron las siguientes características: pH, materia orgánica, porosidad, densidad aparente y el % de humedad. Las muestras de suelo fueron tomadas en un área de suelos forestales donde predomina la especie *Pinus radiata*, luego las muestras fueron analizadas en el laboratorio obteniendo los siguientes resultados: promedio de 29,04 % de humedad, promedio de 0,7 % de porosidad, pH de 6,13, 9,36 % de materia orgánica y 0,8 g/cm³ de densidad aparente.

Mansilla (2018) desarrolló su investigación “Estimación del secuestro de metano en suelos de forestaciones de la provincia de Buenos Aires” que tuvo por objetivo principal estimar la oxidación y emisión de metano en un periodo de tiempo de un año, incluyendo las cuatro estaciones en bosques de piedemonte andino en la localidad de Tandil. Para ello se le dio seguimiento a dos plantaciones forestales, donde realizó cinco mediciones de concentraciones en un intervalo de tiempo de octubre del 2016 a agosto de 2017 con cámaras estáticas que fueron dejadas aleatoriamente. Los resultados mostraron concentración de metano en el suelo en promedio de $-18,47 \text{ gm}^{-2}\text{s}^{-1}$, donde el valor negativo indica oxidación y/o concentración de metano en el suelo forestal. Asimismo, indica que si se degradan dichos suelos la liberación de metano a la atmósfera será perjudicial para el ambiente.

Bueno-Hurtado et al. (2015) en su investigación “Cambios de uso de suelo y sus efectos sobre la dinámica de GEI en el estado de Durango, México” nos indican que el cambio de uso de suelo es una de las causas a la que no se le ha dado su debida importancia, porque es una de las mayores fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, donde suelos de la selva están siendo cambiados por suelos de cultivo. Con lo cual, se plantearon el objetivo de cuantificar las emisiones y absorciones de GEI. Los autores realizaron su estudio en el estado de Durango. Los resultados arrojaron un crecimiento anual de cambio de uso de suelo de 4,63% lo que significa una gran pérdida de biomasa. Se obtuvieron valores estimados en emisión de dióxido de carbono de 261 GgCO₂ y en emisión de metano de 30 GgCH₄, este último genera un mayor impacto al ambiente por su potencial absorción de calor.

Allen et al. (2017) en su artículo “Magnitude and biophysical regulators of methane emission and consumption in the Australian agricultural, forest, and submerged landscapes: a review” tuvieron como objetivo identificar los factores biofísicos que influyen en la generación de metano en los cultivos de arroz, establecieron parcelas de

muestreo de 1 m², donde se tomaron muestras de suelos para analizar los parámetros fisicoquímicos de contenido de humedad, porosidad, densidad aparente, pH y materia orgánica, estas fueron tomados en tres estaciones del año (verano, invierno y otoño). Para determinar la generación de metano se tomaron muestras de suelo y fueron medidas en cámaras estáticas en un lapso de 12 horas, luego con una jeringa se tomaron los flujos de metano para ser analizados por cromatografía. Los resultados de los parámetros biofísicos fueron los siguientes: contenido de humedad en verano (35,8%), otoño (42,4%), invierno (48,7%); porosidad en verano (0,85%), otoño (0,65%), invierno (0,45%); densidad aparente en verano (0,45%), otoño (0,65%), invierno (0,85%); pH en verano (6.74), en otoño (6,52), en invierno (4,48); materia orgánica en verano (1,49), en otoño (1,24), en invierno (1,32). Por otro lado, obtuvieron un promedio 12 gCH₄/ha.

Capurro et al. (2014) en su trabajo de investigación “Cuantificación de las emisiones de metano y óxido nitroso en el cultivo de arroz” tuvieron como objetivo estimar las emisiones de estos gases porque en Uruguay el 90% metano emitido al ambiente provienen de los cultivos de arroz, debido a muchos factores entre ellos la mala tecnificación en el riego pues hasta ahora siguen utilizando la técnica del riego por inundación. Asimismo, en su análisis estadístico utilizaron el análisis de varianza para comparar el flujo de CH₄ en dos distintos tipos de riego (inundación continua vs controlada). Los resultados hallados determinaron una emisión promedio de metano para el riego controlado (193 kgCH₄/ha) y para el riego por inundación (250 kgCH₄/ha), Con un valor de pH del suelo de 6.3 y con una cantidad de materia orgánica de 2.29 %.

Silva y Valverde (2016) en su trabajo de investigación “Estimación de gases de efecto invernadero en humedales construidos de flujo subsuperficial” tuvieron como objetivo principal determinar los GEI emitidos por humedales con vegetación abundante de la especie *Heliconia psittacorum*, por lo cual utilizaron cámaras estáticas para obtener los flujos de dichos gases emitidos en la interfaz suelo – ambiente, realizaron muestras en tres puntos o sub unidades como ellos lo indican, para determinar su significancia utilizaron el análisis de varianza obteniendo los siguiente resultados, promedio de emisión de dióxido de carbono: 0,00066 kgCO₂/m², de metano: 0,008671 kgCH₄/m², de óxido nitroso; 0,00353 kgN₂O/m². Asimismo, los resultados de emisión de metano no mostraron diferencias significativas y concluyen que las emisiones de GEI pueden variar según la especie abundante.

Herrera et al. (2014) de su investigación “Determinación de emisiones de metano y óxido nitroso generadas en plantaciones de arroz en Guanacaste, Costa Rica” los autores tuvieron como objetivo principal la estimación de las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) en cultivos de arroz, utilizando como muestra 10 plantaciones de arroz, de ellos tomaron muestras de suelo, con lo que pudieron estimar las concentraciones de metano, las cuales oscilaron entre 0,11 – 2,03 g/ha*día en temporada seca y 0,10 – 1,79 kg/ha*día en temporada lluviosa, ellos concluyen que existe una relación directamente proporcional entre el crecimiento de la planta de arroz y el aumento de emisiones del metano; y de las temporada lluviosa con el disminución de las emisiones de metano.

Pereyra (2015) su trabajo de tesis “Emisiones de metano y óxido nitroso en arrozales de la zona este del Uruguay: el manejo de cultivo como factor determinante” consistió en estudiar las emisiones de metano y óxido nitroso en la interfaz suelo – atmósfera de los cultivos de arroz porque las condiciones en las que se desarrollan permiten el desarrollo de las bacterias metanógenas de la familia *Archaea*. También, indica que las características fisicoquímicas del suelo influyen en la generación del metano, estos son el pH y la cantidad de materia orgánica. Para determinar las emisiones de metano usó la técnica de las cámaras estáticas. En el análisis estadístico utilizó el software R. Los resultados arrojados por el software respecto al metano tuvieron como valor una media de 220.14 mgCH₄, la cual comprendía de una poza con una inundación prolongada, por otro lado, la poza con inundación intermitente el valor de metano hallado fue de 101.32 mgCH₄.

Teran et al. (2018) en su trabajo de investigación “Estimatio of the oxidation potential of methane from soils of two adjacent sites with different use: eucalyptus vs naturalized pasture” tuvo como objetivo estimar las emisiones de metano en dos diferentes ecosistemas. Para ello, primero establecieron una parcela de muestreo de 20x20 metros en cada ecosistema, seguidamente tomaron muestras de suelo, estas fueron llevadas a un laboratorio y fueron colocadas en una cámara hermética por un lapso de 24 horas, para luego determinar los valores de flujo de metano, estas mismas acciones lo realizaron cuatro veces durante el período de un año con la diferencia de que cada una fue tomada en una estación distinta del año. Los resultados promedio que obtuvieron fueron: en verano 0,029 kgCH₄ha; primavera 0,024 kgCH₄ha; otoño 0,021 kgCH₄ha; invierno 0,010 kgCH₄ha.

En la presente tesis de investigación se revisaron trabajos previos nacionales para sustentar los resultados obtenidos, mencionados a continuación.

Cumpa (2019) su estudio “Reducción de la emisión del gas metano atmosférico utilizando técnicas de riego en suelo arcilloso en cultivo de *Oriza sativa* en condiciones climáticas” que fue realizado en la región de Lambayeque una zona conocida como Capote que se encuentra dentro del distrito de Picsi, la cual tuvo por objetivo determinar la cantidad de metano emitido a la atmósfera en cultivos de arroz y a su vez comparar con dos distintos tipos de riego. A su vez, tomó como muestra de metano a través de cámaras estáticas de vidrio dejando una salida para el ingreso de una jeringa, realizando 5 evaluaciones en distintas fechas. Los resultados indicaron una mayor emisión de metano en riego por inundación permanente obteniendo un promedio de 330,55 mgCH₄ y un menor valor en el riego por inundación intermitente con un valor de 24,5 mgCH₄. Lo que concluye y recomienda que las técnicas convencionales de riego son muy perjudiciales para el medio ambiente y se deben brindar capacitaciones para mejorar el tipo de riego.

Palmer (2018) en su trabajo de investigación “Aplicación de riegos intermitentes para reducir emisiones de metano en el cultivo de arroz en el fundo el triunfo, distrito de Carajuro, provincia de Utcubamba – región Amazonas, 2017 – 2018” menciona que los riegos intermitentes puede ser una buena opción para minimizar las emisiones de metano provenientes de los cultivos de arroz, por lo cual su objetivo fue determinar su efectividad. La investigación fue realizada en el distrito de Carajuro. Inicialmente, se tomaron muestras del suelo para determinar las características fisicoquímicas, la textura del suelo fue franco arcilloso. Los resultados arrojaron que en el riego inundado el valor de metano encontrado fue de 74,28 ppm y en riego intermitente el valor fue de 32,65 ppm en un área de 1200 m², lo cual la efectividad del riego intermitente redujo en 57% de emisiones de gas metano.

En la presente tesis de investigación se tomaron en cuenta las teorías y definiciones propuestas por diversos autores.

Metano (CH₄): El metano es uno de los seis gases de efecto invernadero que según el protocolo de Kyoto se propone reducir para el año 2030, esto se debe a su peligrosidad y contribución en el cambio climático del planeta (Pachauri y Meyer, 2014).

El metano es muy reactivo químicamente y, por lo tanto, está involucrado en cambios de la composición de la atmósfera. Puede reaccionar con radicales hidroxilos en la troposfera, reduciendo su poder oxidativo, y con contaminantes como cloro-fluorocarbonos (CFCs) que conducen a la producción de otros gases de efecto invernadero (Allen et al., 2016).

En la estratosfera, la reacción del metano forma mayormente vapor de agua, que está relacionada con la disminución de la capa de ozono (Le Mer & Roger, 2015).

Un informe del IPCC (2014) menciona que la carga atmosférica de metano a finales de la década de los 90's era de 4800×10^{12} gramos, actualmente la cantidad ha sido duplicada. Esta duplicación en la carga atmosférica del metano ha contribuido en aproximadamente un 20% al incremento del calentamiento global, debido a emisiones antropogénicas directas, en gran parte, al avance de la actividad agrícola y el uso de combustibles fósiles.

La Figura 1 muestra la variación de la concentración del metano desde la era pre – industrial en ppb.

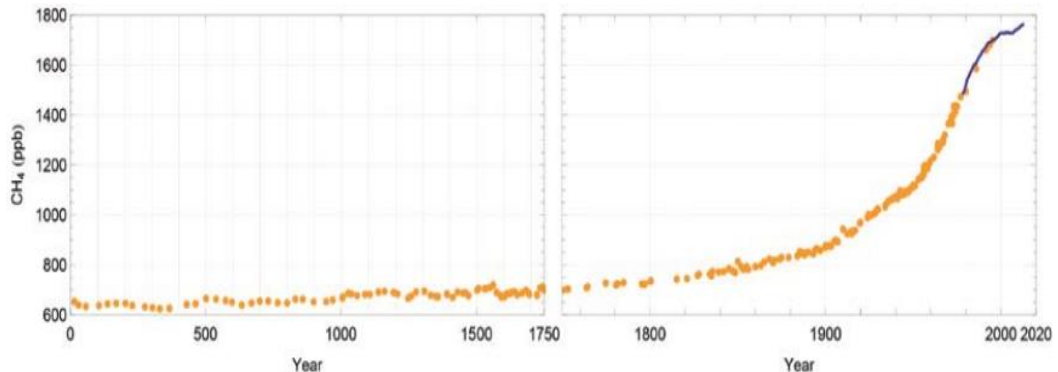


Figura 1 Variación de la concentración de CH₄ en la atmósfera en ppb desde la era pre – industrial (Pachauri y Meyer, 2014)

Fuentes de emisión de metano: Existen tres tipos de fuentes de emisiones de metano dentro de su ciclo biogeoquímico a la atmósfera estas se clasifican en: biogénico, pirogénico y termogénico que indica que se puede originar de forma natural o por intervención del hombre (Pachauri y Meyer, 2014). En la Figura 2 se ilustra el ciclo biogeoquímico del metano.

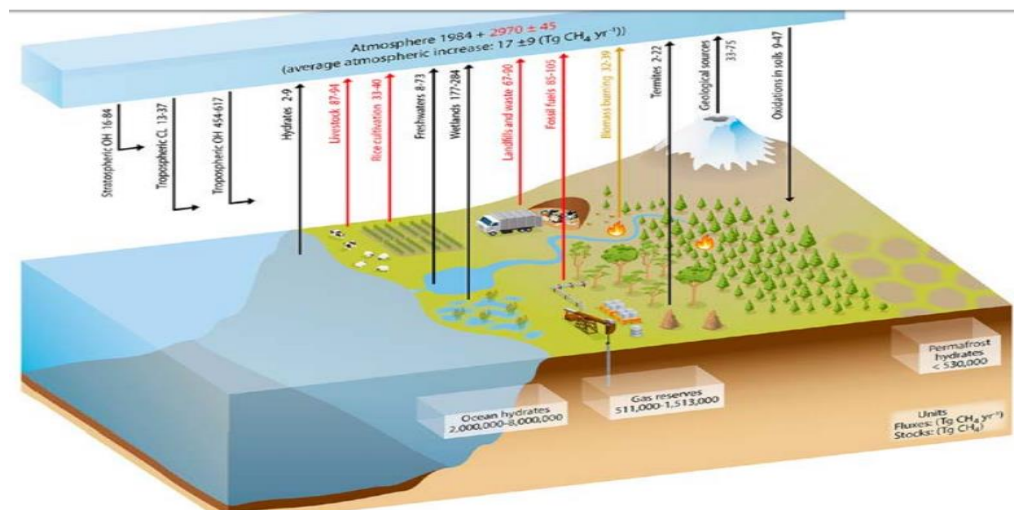


Figura 2 Ciclo biogeoquímico del Metano (Pachauri y Meyer, 2014).

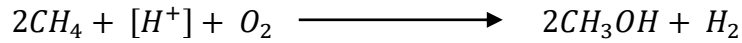
Fuentes biogénicas: Este tipo de fuente está relacionada con la degradación de materia orgánica en condiciones anaerobias (humedales, cultivos de arroz, rellenos sanitarios, fermentación). Dentro del término humedales se incluye una amplia variedad de ecosistemas como pantanos, ciénagas y tierras inundadas, debido a que las emisiones de los humedales varían sensiblemente con los cambios estacionales de temperatura y precipitación, se ha determinado con alta confiabilidad que estas emisiones son el principal promotor de las variaciones interanuales de las emisiones globales de metano, es por ello que en el último inventario realizado entre los años 2010 – 2016 se estima que las emisiones de metano en humedales fueron de 177 a 284 GgCH₄/año. Por otra parte, las emisiones de metano por cultivos de arroz alcanzan valores de 330 a 400 GgCH₄/año (Pachauri y Meyer, 2014).

Fuentes pirogénicas: Estas fuentes están relacionadas con la combustión incompleta de biomasa o de biocombustibles y se estiman entre 32 a 39 GgCH₄/año (Pachauri y Meyer, 2014).

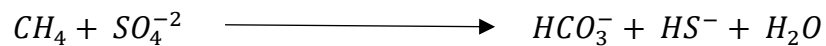
Fuentes termogénicas: Se refiere al metano contenido en los combustibles fósiles, formados a partir de la transformación de materia orgánica por procesos geológicos (Pachauri y Meyer, 2014).

Los suelos como sumidero de metano: Para que un suelo sea sumidero de metano necesita tener las propiedades aeróbicas y anaeróbicas adecuadas para el desarrollo de las bacterias metanógenas que la descomponen, es decir, la oxidación del metano se puede dar con la existencia de oxígeno y con la ausencia de oxígeno. La presencia de las

bacterias metanógenas abunda en la presencia de agua; en el espacio entre el agua y el sedimento en la parte de la rizosfera. La oxidación del metano de forma aeróbica se da con la siguiente reacción (Hernández, 2010).



Asimismo, el metano también puede ser oxidado de forma anaeróbica, este tipo de oxidación se da en humedales, donde la oxidación del metano de forma anaeróbica se da bajo la siguiente reacción (Hernández, 2010).



La oxidación del metano por bacterias metanógenas está afectada por el pH, la materia orgánica (MO), así como la porosidad y el contenido de agua, esta última es importante y tiene una relación inversamente proporcional con las emisiones de metano. Asimismo, el consumo de metano depende también de la vegetación, la fauna del lugar, la topografía, el clima. Puede ocurrir, que una misma área se comporte como fuente y sumidero. Por ese motivo, la estimación global de este servicio ambiental tiene una alta incertidumbre. (Tate, 2015).

Los suelos son los únicos sumideros de metano sobre los cuales el hombre tiene alguna incidencia. El suelo en su estado natural sumado a los cambios que se producen por actividades antropogénicas, contribuye al calentamiento global (Le Mer & Roger, 2015).

En la Tabla 1 se muestran las tasas de oxidación (o consumo) expresados en flujos de CH₄ en diferentes ecosistemas.

Tabla 1 Tasas de oxidación (o consumo) de metano vistos como flujos (Allen et al. 2016)

Ecosistema	Región	Promedio de Flujo de CH ₄ (mgCH ₄ m ⁻² h ⁻¹)
Forestación	Boreal	-65 +/- 25
	Templada	-44 +/- 24
	Subtropical	-24 +/- 16
Pastura	Templada	-55 +/- 38
	Subtropical	-8 +/- 16
Cultivo	Boreal	+221

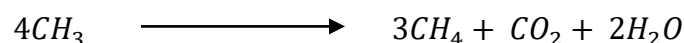
	Templada	-17 +/- 9
	Subtropical	-7 +/- 8
Desierto	Templada	-23

De los valores que se obtuvieron los de signo negativo se encuentran expresadas como oxidación neta de metano, mientras que el valor positivo indica emisión hacia la atmósfera. Los suelos de cultivo presentaron los menores secuestros e incluso se evidenció que son fuentes de metano. Caso contrario, los suelos forestales en su mayoría obtuvieron resultados de mayor oxidación, con lo cual pueden ser considerados como sumideros de metano (Allen et al., 2016).

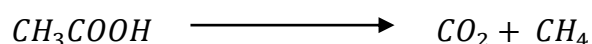
Producción de metano en el suelo: La producción de metano es realizada por diferentes géneros bacterianos y ellos se diferencian porque cada uno utiliza un sustrato diferente (Hernández, 2010).

En su trabajo de investigación Hernández (2010) clasifica los diferentes géneros bacterianos en la producción de metano de la siguiente manera:

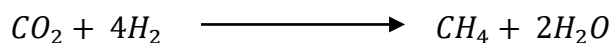
Methanococcus y *Methanobolus*, estas bacterias producen metano utilizando como sustrato compuestos metilados y se explica bajo la siguiente reacción



Methanosaeta, es caracterizado por utilizar al acetato como sustrato y se explica bajo la siguiente reacción



Methanobacterium, *Methanobrevibacter* y *Methanogenium*, estas bacterias producen metano utilizando como sustrato el dióxido de carbono y oxígeno, la cual se explica con la siguiente reacción.



En la figura 3 se evidencia una imagen simplificada de la transformación del CO₂ en condiciones donde exista presencia de gran cantidad de agua.

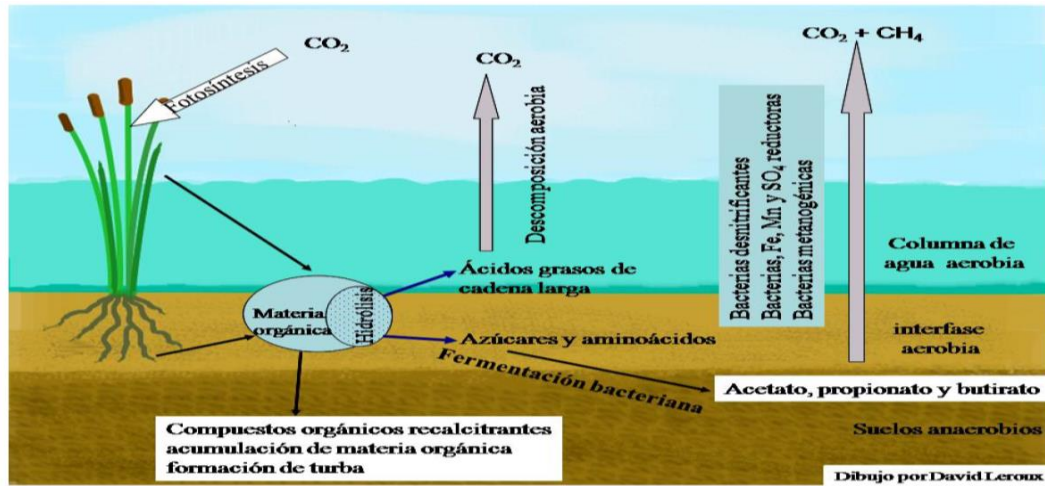


Figura 3 Esquema de la producción de metano (Hernández, 2010)

Emisión de metano del suelo a la atmósfera: El metano producido en el suelo es transportado hacia la atmósfera en tres distintas formas: a través de la planta (por los aerénquimas) la cual actúa como una especie de chimenea, a través del agua de forma muy lenta y/o a través de la ebullición del metano, la cual forma burbujas, siendo este último una forma muy importante de transporte del metano a la atmósfera (Hernández, 2010).

Cabe mencionar, que los árboles de los humedales (por ejemplo, para este estudio predomina el árbol del aguaje) desarrollan el aerénquima tanto en las raíces como en los tallos, su eficiencia en el transporte de metano es menor comparado con las especies herbáceas como los son de los cultivos de arroz (Song et al., 2015).

Por consiguiente, la Figura 4 representa las emisiones de metano en la interfaz suelo – atmósfera.

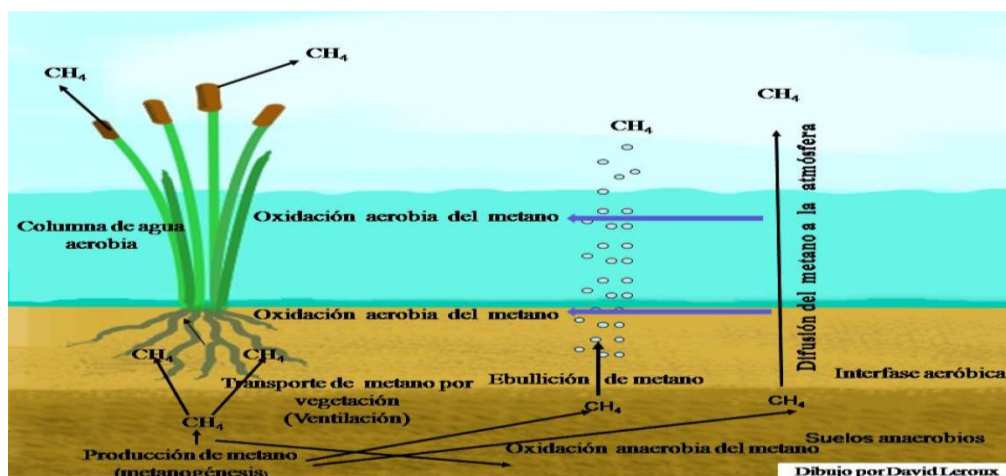


Figura 4 Esquema simplificado del transporte de metano (Hernández, 2010)

Características de los suelos: Las principales características de los suelos que influyen en la producción y el transporte del metano desde el suelo hacia la atmósfera son los siguientes:

pH: este parámetro es importante para determinar la supervivencia de las bacterias metanógenas que son las principales productoras de metano en el suelo.

Cantidad de materia orgánica (M.O): la importancia de este parámetro radica en que existe una relación directamente proporcional con la cantidad de sustrato que pueda ser utilizada por las bacterias.

Contenido de humedad: este parámetro es importante para el transporte de metano desde el suelo hacia la atmósfera, cabe indicar que en temporadas de lluvia se podrá evidenciar una mayor emisión de metano a la atmósfera.

Porosidad: este parámetro es importante para indicar si existen espacios donde el metano pueda ser transportado por el suelo.

Densidad aparente: Cabe señalar que este parámetro sirve como indicador del porcentaje de porosidad.

Asimismo, es necesario entender los siguientes conceptos:

Cuenca hidrográfica: Es la extensión de un terreno más ancha y menos profunda que un valle, cuyas aguas se vierten en un río, lago o en el mar (Pachauri y Meyer, 2014).

Aguajal: Se les conoce a las áreas pantanosas, permanentemente inundadas, donde crece la palmera aguaje (*Mauritia flexuosa*), en formaciones puras y mezcladas con otras palmeras y árboles diversos (Holm, Miller y Cropper, 2015).

En el Perú existe un mapa de distribución de humedales en la que se comprende en 4 unidades: 1) Aguajales y pantanos, 2) Manglares, 3) Bofedales y 4) Humedales costeros (MINAM, 2010).

Arrozal: Los arrozales son terrenos donde se realiza los cultivos de arroz y la forma de vida en torno a él. Los arrozales se suelen construir cerca de los recursos naturales como ríos, pantanos o con menor frecuencia en laderas escarpadas (Holm, Miller y Cropper, 2015).

Cambio climático: Es una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. Se debe tener en cuenta que la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (CMCC), en su Artículo 1, define cambio climático como: un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. La CMCC distingue entre cambio climático atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y variabilidad climática atribuida a causas naturales (Pachauri y Meyer, 2014).

Gas de efecto invernadero: Es un componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie del planeta, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O y CH₄, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Para obtener una lista de los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados (Pachauri y Meyer, 2014).

Deforestación: La deforestación es un proceso provocado generalmente por la acción humana, en el que se destruye la superficie forestal. Está directamente causada por la acción de las personas sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, así como por la obtención de suelo para la agricultura, minería y ganadería (Pachauri y Meyer, 2014).

En el primer semestre del año 2018 la Amazonía peruana perdió cerca de 23,000 hectáreas, la mayor parte (71%) se evidenció en 4 regiones selváticas: San Martín, Madre

de Dios, Ucayali y Loreto, donde en la región San Martín (lugar de estudio) tuvo una pérdida aproximada de 3,000 hectáreas ocasionadas por dicha acción (Gestión, 2018).

Cambio de uso de suelo: Un cambio en el uso o gestión de las tierras por los humanos puede llevar a un cambio en la cubierta de dichas tierras. La cubierta de las tierras y el cambio en el uso pueden tener un impacto en el albedo, la evapotranspiración, y las fuentes y los sumideros de gases de efecto invernadero, u otras propiedades del sistema climático, que puede tener igualmente consecuencias en el clima, ya sea de manera local o mundial (Pachauri y Meyer, 2014).

Por otro lado, el MINAM (2016) en su informe sectorial “La conservación de bosques en el Perú” menciona que la problemática de cambio de uso de suelo influye en el cambio climático, como los bosques son conocidos por ser sumideros de carbono (depósitos) y que un cambio de estos comprendería la liberación de diversos gases de efecto invernadero al ambiente. Asimismo, esta actividad representa un 51% de las emisiones de GEI porque somos un país con grandes extensiones forestales y estamos ubicados en una zona tropical.

La importancia de la presente tesis de investigación se ampara en normas internacionales como, por ejemplo, **el protocolo de Kyoto** de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático que fue adoptado en el año 1997 en Kyoto, Japón durante el tercer período de sesiones. Dicho protocolo contiene ciertos compromisos jurídicamente vinculantes. Asimismo, dentro del anexo b del protocolo se encuentra una lista de los países que firmaron el acuerdo, donde se comprometen a reducir entre los años 2008 y 2012 sus emisiones de gases de efecto invernadero, por lo menos en un 5% en comparación con los niveles de los años 90. Este compromiso entró en vigor el 16 de febrero de 2005 (Pachauri y Meyer, 2014).

Además, del marco normativo internacional también se ampara en un marco normativo nacional, por ejemplo, la **ley marco sobre cambio climático N° 30754** que tiene como objetivo establecer los principios, enfoques, disposiciones generales para coordinar, articular, diseñar, ejecutar políticas públicas para la gestión integral y participativa de adaptación y mitigación al cambio climático y cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Estado. (MINAM, 2018).

Asimismo, dentro del marco normativo nacional el MINAM (2014) publicó un informe “**Primer informe bienal de actualización del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**” en la cual realizaron un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en los diferentes sectores económicos del país. Los resultados que obtuvieron fue un total de emisiones de GEI representadas en dióxido de carbono equivalente de 171309,57 GgCO₂, donde el sector con mayor índice resultó ser los cambios de uso de suelo con 86741,94 GgCO₂ representando un 50,63%, seguido del sector energético con 44637,83 GgCO₂ lo que representa un 26,06%; en tercer lugar se posiciona el sector agrícola con 26043,68 GgCO₂ y un porcentaje del 15,20%, siendo estos tres sectores con una representación porcentual del 91,89% del total de emisiones de GEI evaluados en el inventario.

En la Figura 5 se muestra gráficamente la distribución porcentual de las emisiones de gases de efecto invernadero.

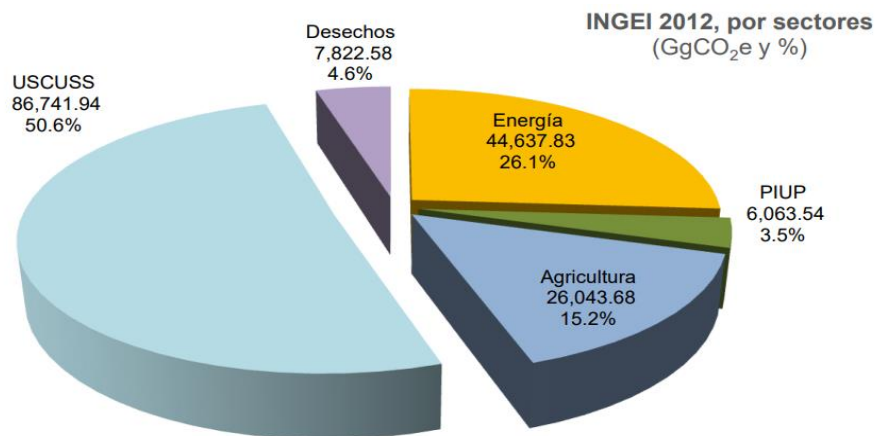


Figura 5 Distribución porcentual de las emisiones GEI por sectores 2012 (MINAM, 2014)

Seguidamente, en la Tabla 2 se evidencia la distribución de gases de efecto invernadero emitidos por cada sector expresado en giga gramos.

Tabla 2 Inventario Nacional de GEI 2012

Fuente	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GEI equivalente en CO ₂
Energía	42147,17	105,12	0,91	44637,83
Industria	6063,54	-	-	6063,54
Agricultura	-	604,87	43,04	26043,68

Cambio de suelo	82660,68	164,64	2,01	86741,94
Desechos	-	345,15	1,85	7822,58
Total	130871,39	1219,78	47,82	171309,57

Fuente: MINAM, 2014

Luego de identificar la realidad problemática de la zona se pudo formular el **problema general**: ¿Cómo será la 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? Asimismo, se plantearon los siguientes **problemas específicos**: ¿Cómo será la comparación de las características físicas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano?; ¿Cómo será la comparación de las características químicas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano?; ¿Cómo será la comparación de las condiciones climáticas para los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano?

La tesis de investigación tiene una **justificación metodológica** basada en un enfoque cuantitativo porque durante su desarrollo se recolectaron datos en campo para contrastar las hipótesis planteadas con un análisis estadístico (Sampieri, Collado & Lucio., 2014). Es transversal porque se realiza de un determinado tiempo y a su vez tiene un nivel de investigación descriptivo de tipo comparativo por lo cual se hace una descripción de las características de las variables estudiadas con la finalidad de poder comparar sus resultados, y cada característica es analizada de forma diferente (Arias, 2012).

Además, presenta una **justificación teórica** porque la tesis de investigación tiene por objetivo comparar las emisiones de metano en dos ecosistemas distintos (aguajal natural y del cultivo de arroz), Terán et al. (2018) tomó muestras de suelo en dos ecosistemas distintos (plantación de eucalipto y pastizal), luego las puso en un recipiente hermético en un lapso de 24 horas para poder determinar la generación de metano y las características fisicoquímicas.

Asimismo, su **justificación social** se basa en tener una mejor perspectiva en el uso y cuidado de nuestros recursos naturales por parte de los pobladores y agricultores, de la misma forma mejorar las técnicas agrícolas como los riegos intermitentes, y disminuir las deforestaciones con la finalidad de obtener una agricultura sostenible (FAO, 2018).

La **justificación económica** basado en el cambio de uso de suelo, motivado por la necesidad social para obtención de recursos económicos, siendo una amenaza para estos ecosistemas y también la contaminación de las cabeceras de cuenca hacen que estos ecosistemas frágiles y altamente sensibles se vean directamente afectados en la riqueza y abundancia de sus especies e individuos, respectivamente debido a un disminución dramática de ambas en determinadas épocas del año haciendo que variables como la tasa de reclutamiento y mortalidad se vean afectadas considerablemente pudiendo en algunos años ocasionar la pérdida de grandes áreas de turberas tropicales en el Alto-Mayo (Harris et al., 2018).

La **justificación ambiental** está basada en brindar información de la dinámica del ciclo del carbono respecto a la generación del metano, con lo cual se pueden tomar medidas para mitigar los impactos que podrían generar al ambiente y sobre todo su aportación en el cambio climático (Pereyra & Mitsch, 2018).

A continuación, se detallan la hipótesis general y las hipótesis específicas de la tesis de investigación:

Hipótesis general

La comparación de suelos de aguajal natural es mayor que la del cultivo de arroz en la generación de metano en la cuenca del río Huascayacu – San Martín – 2019.

Hipótesis específicas

HE1: La comparación de las características físicas de suelos de aguajal natural es mayor que la de cultivo de arroz en la generación de metano.

HE2: La comparación de las características químicas de suelos de aguajal natural es menor que la de cultivo de arroz en la generación de metano.

HE3: La comparación de las condiciones climáticas de suelos de aguajal natural es menor que la de cultivo de arroz en la generación de metano.

Por otro lado, se detallan el objetivo general y los objetivos específicos de la tesis de investigación:

Objetivo general

Evaluar la 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.

Objetivos específicos

OE1: Evaluar la comparación de las características físicas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz.

OE2: Evaluar la comparación de las características químicas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz.

OE3: Evaluar la comparación de las condiciones climáticas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación de la presente tesis es aplicada basada en un enfoque cuantitativo porque durante su desarrollo se recolectaron datos en campo para contrastar las hipótesis planteadas con un análisis estadístico (Sampieri, Collado & Lucio., 2014).

Diseño de investigación

Según Borja (2012) los trabajos de investigación en ingeniería existen muchas características para ser analizadas y que no pueden manipularse, por ello para la presente tesis el diseño es no experimental. Con relación a la generación de metano en el suelo es transversal debido a que se realizó en un único y determinado espacio de tiempo. La finalidad de dicho estudio es realizar un análisis del estado del objeto de estudio, donde se quiere identificar, analizar y determinar los procesos involucrados a fin de estimar la producción por hectárea.

Nivel de investigación

El estudio es descriptivo - comparativo debido a que es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un objeto sin intervenir sobre él de ninguna manera, este método implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara de una determinada situación, se utiliza para recoger, resumir, analizar los resultados de las observaciones y mediciones realizadas por el investigador. Posteriormente se elige el estadístico apropiado para el análisis de datos, esto se elegirá de acuerdo a la investigación (Arias, 2012).

VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables

Comparación de suelos de aguajal natural y de cultivos de arroz en la generación de metano en la cuenca del río Huascayacu - San Martín - 2019								
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN			
INDEPENDIENTE: Suelo de aguajal natural y del cultivo de arroz	Se entiende como aguajal natural a las áreas pantanosas donde crece la palmera aguaje y como arrozales son terrenos donde se realiza los cultivos de arroz y la forma de vida en torno a él (Ávila et al., 2016)	Inicialmente se caracterizarán las características físicas del suelo y seguidamente las características químicas del suelo. Respecto a las condiciones ambientales se tomarán en campo	Características físicas de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz	Humedad	%			
				Porosidad	%			
				Densidad Aparente	g/cm ³			
				pH	Rango 1-14			
			Características químicas de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz			Condiciones de uso de suelo de aguajal natural y del cultivo de arroz	Materia Orgánica	%
							Textura	Clase textural
							Temperatura	°C
							Época	Estaciones del año
				Humedad relativa	%			
				Emisión de metano en suelo de aguajal natural	kgCH ₄			
					Estimación de la emisión de metano en suelo de aguajal natural por hectárea	kgCH ₄ ha ⁻¹		
				Emisión de metano en suelo del cultivo de arroz	kgCH ₄			
Estimación de la emisión de metano en suelo del cultivo de arroz por hectárea	kgCH ₄ ha ⁻¹							

Fuente: Elaboración propia

2.2 Población, muestra y muestreo

Población

La población de estudio fueron las 8,6 hectáreas en la cuenca del río Huascayacu – Provincia Moyobamba – Región San Martín. Que presenta extensiones de terreno con la palmera *Mauritia flexuosa* por lo que se considera un aguajal (MINAM, 2010) y cultivos de arroz por lo que se considera un arrozal.

Muestra

Para el presente estudio la muestra fue de 9 kg de suelo tomadas en parcelas representativas. El área de las parcelas representativas de la muestra fue de 1 m² constituida por tres parcelas de aguajal natural y tres parcelas de cultivos de arroz, y se utilizaron 9 bolsas herméticas, donde se colocaron en ellos 1,45 kg de suelo por cada parcela.

Muestreo

El muestreo fue no probabilístico a criterio para el establecimiento de parcelas y considerando que para cada parcela se tomó una muestra de suelo para ser analizada en el laboratorio. En la Tabla 4 se presenta las coordenadas de todas las parcelas, tanto del aguajal natural, como del cultivo de arroz.

Tabla 4 Sistema de recolección de muestras de suelo

Unidad de suelo	N° Parcela	Coordenadas UTM	Unidad de suelo	N° Parcela	Coordenadas UTM
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	267559.13	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	267597.54
		9347165.23			9347455.84
	Parcela 2	267559.13		Parcela 2	267597.54
		9347163.23			9347453.84
	Parcela 3	267559.13		Parcela 3	267597.54
		9347161.23			9347451.84

Unidad de análisis

Suelo de aguajal natural y suelo de cultivos de arroz.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica

Observación, debido a que en la presente investigación se tomó información de campo, esta misma se registró para luego ser procesada y analizada en gabinete. Se considera observación directa cuando el investigador está en contacto personal con el hecho que trata de investigar (Arias, 2012).

Tabla 5 Técnica e instrumentos

ETAPA	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Caracterización del área de estudio y georreferenciación	Observación	Ficha de ubicación de la zona de muestreo	Datos de campo
Establecimiento de las parcelas de muestreo	Observación	Ficha de caracterización de suelos	Parcelas de muestreo identificadas
Toma de muestras de suelo	Observación	-Ficha de caracterización de suelos	3 muestras de suelo de aguajal natural y 3 muestras de suelo de cultivos de arroz
Análisis de las muestras de suelo	Observación	Ficha de resultados de laboratorio	Resultados de laboratorio
Análisis de resultados	Observación	Ficha de registro de resultados del análisis de laboratorio. Laptop.	Resultados que comprueban la generación de metano en suelos de aguajal natural y de cultivos de arroz

Instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada en la presente investigación fue la observación experimental de las variables, por lo que se utilizaron fichas de recolección de datos, para luego de tomar las muestras de suelo, estas sean enviadas a un laboratorio especializado.

Los instrumentos utilizados se describen a continuación:

- **Ficha de ubicación de la zona de muestreo (Anexo 1)**
- **Ficha de caracterización de suelo (Anexo 5)**
- **Ficha de resultados de laboratorio (Anexo 9)**

Los expertos que validaron estos instrumentos son:

- **Ingeniero Químico:** Víctor Kenny Valdiviezo Bravo
(CIP N°): 183071
- **Ingeniero Geógrafo:** Jhonny Jeffry Coronel Ramírez
(CIP N°): 115445
- **Botánico:** Yakov Quinteros Gómez
(CBP N°): 6917

Validez

Para la validación se tomó el análisis y aceptación de expertos que se relacionan con el tema de investigación, quienes evaluaron por separado los instrumentos de la presente investigación. En la Tabla 6 se observa los porcentajes de validez realizado por cada experto para cada instrumento. De los cuales, se obtuvo un promedio de 96% para las Fichas 1 y 2, y un 97% para la Ficha 3.

Tabla 6 Promedio de validación

INSTRUMENTO	PORCENTAJE DE VALIDACIÓN (%)			PROMEDIO
	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	
Ficha 1	99%	93.5%	95%	96%
Ficha 2	95%	93%	99%	96%
Ficha 3	99.5%	92.5%	100%	97%

Confiabilidad

Según Sampieri, Collado y Lucio (2014) para que un instrumento de recolección de datos sea confiable se basa en el grado por el cual lo aplicas repetidamente a un mismo objeto con la finalidad de obtener resultados equitativos. Para la presente tesis de investigación las fichas están respaldados por el juicio de expertos y documentos originales como los resultados de un laboratorio especializado.

2.4 Procedimiento

Caracterización y georreferenciación de la zona de estudio

Según el gobierno regional de San Martín (GOESAM, 2014) menciona que el departamento de San Martín tiene una superficie de 51253 km², la cual representa el 3,9% del total del país, y está situado en la parte septentrional – oriental del territorio

peruano. Limita por el sur con el departamento de Huánuco, por el norte con el departamento de Amazonas, por el este con el departamento de Loreto y por el oeste con el departamento de La Libertad. Abarca importantes áreas de bosques, ecosistemas naturales de aguajales y humedales tipo turberas, que en los últimos años se están viendo seriamente afectados debido a la deforestación y cambio de uso de suelo.

Según SENAMHI (2017) El clima es tropical húmedo con una temporada bien definida de lluvias (Diciembre – Marzo), siendo entre febrero y marzo donde alcanzan sus mayores índices. La precipitación anual y temperatura promedio son 1265 mm y 22,8 °C respectivamente (SENAMHI, 2019). Dicha área es considerada impactada por las actividades humanas. A continuación, se presenta en la Figura 6 el mapa de ubicación de la zona de estudio.

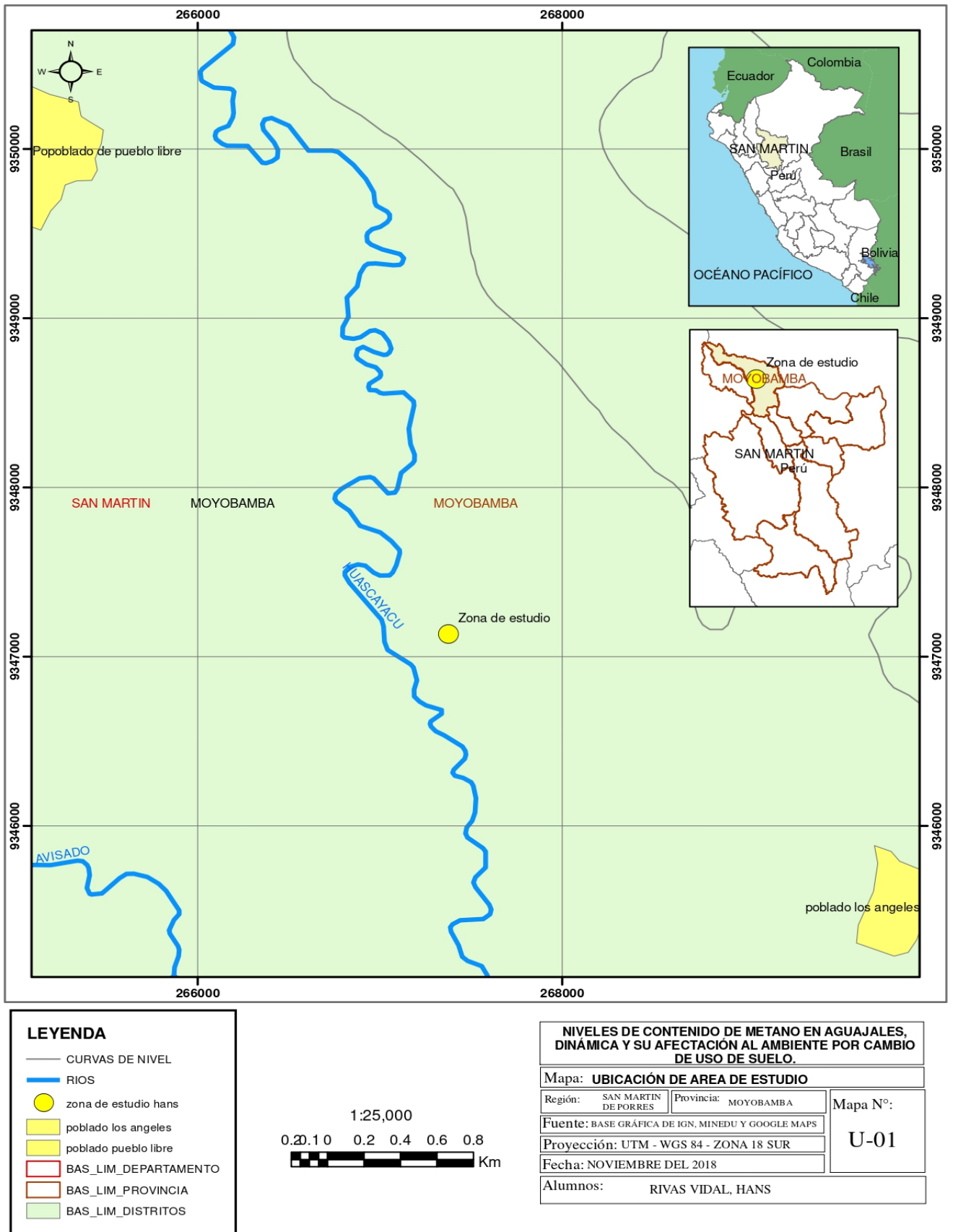


Figura 6 Mapa de Ubicación de la Zona de Trabajo

La investigación fue desarrollada en un bosque húmedo tropical pre montano (SENAMHI, 2017) representado por bosques inundables, se caracteriza como aguajal por la presencia de la palmera *Mauritia flexuosa*, en las siguientes coordenadas: 264390,62 y 9343681,42 UTM, 846 msnm. También, existe presencia de cultivos de arroz, con las siguientes coordenadas: 264344,42 y 9343657,42 UTM, 846 msnm, que se ubican en la cuenca del río Huascayacu – Provincia de Moyobamba – Región San Martín. En la Figura 7 se muestra la zona donde se realizó el establecimiento de las parcelas de muestreo y posteriormente la toma de muestra de suelo, donde se puede evidenciar el aguajal natural contiguo a la zona de cultivos de arroz.



Figura 7 Foto del área de estudio (a) cultivos de arroz (b) aguajal natural

Para el desarrollo de la investigación se realizó inicialmente el establecimiento de las parcelas de muestreo (diciembre), donde la extensión de cultivos de arroz era de 1 hectárea, para la toma de muestras de suelo (mayo) la extensión de cultivos de arroz fue de 2 hectáreas. Además, se tomaron los datos meteorológicos de la estación Moyobamba del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

En la Figura 8 se presenta una muestra fotográfica del área deforestada utilizando el método de la quema de las palmeras de aguaje, por lo que los cultivos de arroz ganaron 1 hectárea más.



Figura 8 Aguajal natural deforestado

Establecimiento de las parcelas de muestreo

En la Figura 9 se grafica el diseño para el establecimiento de las parcelas de muestreo del trabajo de investigación. En el mes de diciembre se establecieron (a) 3 parcelas de 1m² cada una en el aguajal natural y contiguo, (b) separado por un camino donde ingresan los animales de labranza hacia los cultivos de arroz, se estableció (c) 3 parcelas de 1m² cada una en cultivos de arroz.



Figura 9 Diseño de parcelas de muestreo

En la Figura 10 se muestra el establecimiento de las parcelas en la zona de aguajal natural.



Figura 10 Establecimiento de parcelas

Materiales utilizados

A continuación, se menciona todas las herramientas utilizadas para el estudio.

- Tabla de apuntes
- Fichas de campo
- Gps Garmin
- Cámara fotográfica
- Wincha de 50 y 30 metros
- Rollos de rafia
- Tijeras
- Cinta métrica
- Cinta de embalaje
- Bolsas herméticas
- Costales
- Marcador indeleble
- Regla de madera 1.5 m
- Pala pequeña
- Espátulas
- Ropa impermeable

Toma de muestras de suelo de agujal natural y del cultivo de arroz

Para la toma de muestras de suelo se siguió las recomendaciones de la guía para el muestreo de suelos MINAM (2014). Por lo cual, para la presente tesis de investigación se tomaron los siguientes puntos de la guía:

Tipo de muestreo

Según la guía el tipo de muestreo que se asemeja con el objetivo que se desea lograr es el muestreo nivel de fondo (MF) porque este tipo de muestreo tiene como objetivo determinar la concentración de químicos en sitios contiguos, los mismos que se pueden encontrar de forma natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica. Asimismo, menciona que se debe proponer una estrategia de muestreo en base a la fase de identificación y los criterios del especialista.

Técnicas de muestreo

La Figura 11 indica que la toma de muestras de suelo se hizo en base a la técnica del zigzag.

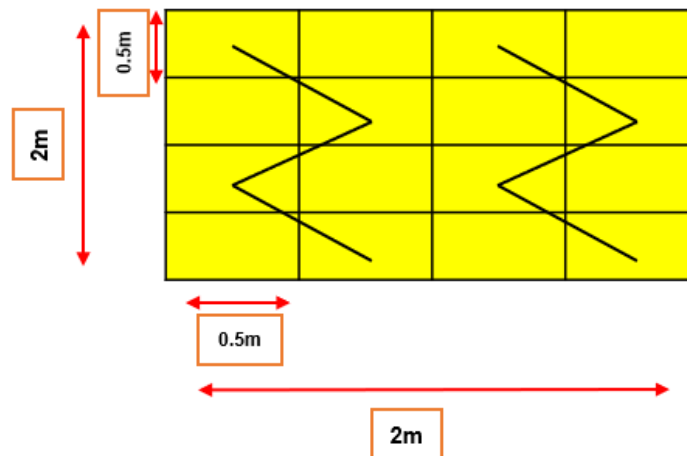


Figura 11 Técnica de muestreo de suelo – zigzag (MINAM, 2014)

Profundidad

Asimismo, en la Tabla 7 nos muestra que según la guía la profundidad en la cual se debe tomar la muestra debe ser en un rango de 30 – 60 cm para suelos agrícolas. En la presente tesis de investigación se han tomado las muestras a una profundidad de 50 cm.

Tabla 7 Profundidad del muestreo según uso del suelo (MINAM, 2014)

USOS DEL SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (CAPAS)
Suelo Agrícola.	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

Estimación del número total de muestras

Según la guía nos indica el número mínimo de puntos de muestreo, ya sea para muestras superficiales o de profundidad. Asimismo, para el muestreo de nivel de fondo menciona que se debe considerar el punto de muestreo donde se obtendrán sub muestras representativas y se considera un mínimo de 3 puntos de muestreo en áreas homogéneas (climáticas y de vegetación similar). En la Tabla 8 se muestran las coordenadas de todos los puntos de muestreo de la presente tesis de investigación.

Tabla 8 Coordenadas de los puntos de toma de muestra de suelo

Ubicación	Coordenadas UTM	
Parcela 1 aguajal natural	264370.62	9343681.42
Parcela 2 aguajal natural	264370.62	9343679.42
Parcela 3 aguajal natural	264370.62	9343677.42
Parcela 1 cultivo de arroz	264350.62	9343681.42
Parcela 2 cultivo de arroz	264350.62	9343679.42
Parcela 3 cultivo de arroz	264350.62	9343677.42

Asimismo, las Figuras 12 y 13 indican la forma en la que se realizó la toma de muestras de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz realizadas en las parcelas de muestreo.



Figura 12 Toma de muestras de suelo de cultivos de arroz



Figura 13 Toma de muestras de suelo de aguajal natural

Envasado e identificación de las muestras

La Figura 14 visualiza como las muestras de suelo fueron envasadas en bolsas herméticas resistentes al transporte y se identificaron con tinta indeleble, donde la rotulación indica: código de muestra, fecha, hora de recolección y coordenadas del punto de monitoreo.

Seguidamente, la totalidad de las muestras fueron llevadas a un laboratorio especializado para la determinación de los resultados de la investigación.



Figura 14 Rotulado de muestra de suelo (a) aguajal natural

Determinación de las características físicas y químicas de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz

Con la información de otros trabajos previos, para la presente tesis de investigación se consideraron los siguientes parámetros, con la finalidad de determinar las características de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz: contenido de humedad, porosidad, densidad aparente, pH y el contenido de materia orgánica.

En cada parcela representativa se tomó una muestra de suelo según en el procedimiento (ítem 2.4) de la presente tesis de investigación. Cada muestra fue tomada a una profundidad de 50 cm, luego fueron homogenizadas hasta obtener aproximadamente 1,5 kg de muestra, que fueron guardadas en bolsas herméticas para el posterior análisis en el laboratorio.

Densidad aparente, fue determinada a través del método del cilindro y fue calculado con la siguiente ecuación.

$$Da = \frac{Ms}{Vc}$$

Siendo:

Da: Densidad aparente (g/cm³)

Ms: Peso seco de la muestra (g) a 105 °C durante 24 horas.

Vc: Volumen del cilindro (cm³)

Contenido de humedad, fue determinada a través del método gravimétrico y fue calculado con la siguiente ecuación (Mansilla, 2018).

$$W \text{ (método gravimétrico)} = \frac{Mt - Ms}{Mt} \times 100$$

Siendo:

W: Contenido de humedad (%)

Mt: Peso de la muestra humedad (g)

Ms: Peso de la muestra seca (g)

Porosidad, fue determinada con el valor de la densidad aparente y fue calculado con la siguiente ecuación.

$$Po = 1 - \frac{Da}{Dr}$$

Siendo:

P: Porosidad (%)

Da: Densidad aparente (g/cm³)

Dr: Densidad real (2.65 g/cm³)

pH, fue determinada con 50 g de la muestra de suelo y 50 ml de agua destilada, con lo que se tiene una proporción de 1:1. Se removió la mezcla suelo – agua durante 30 segundos con 3 repeticiones, luego se dejó reposar la mezcla por 5 minutos para finalmente medir el pH.

Contenido de materia orgánica, fue determinada a través del método de calcinación, la cual se basa en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas (Mansilla, 2018). Por consiguiente, se tomó una sub muestra de

50 g, la cual inicialmente fue secada a 105 °C por 24 horas, se pesó en una balanza analítica y posteriormente fue secada nuevamente a 360 °C por 3 horas, se registró el peso en una balanza analítica. La diferencia de pesos, nos determina la cantidad de materia orgánica y fue calculado con la siguiente ecuación.

$$M.O. = \frac{\text{Peso a } 105\text{ }^{\circ}\text{C} - \text{Peso a } 360\text{ }^{\circ}\text{C}}{\text{Peso a } 105\text{ }^{\circ}\text{C}} \times 100$$

Siendo:

M.O: Cantidad de materia orgánica (%)

Determinación de las condiciones climáticas en los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz

Para determinar las condiciones climáticas en los suelos de aguajal natural y de cultivos de arroz se tomó como indicadores: la estación del año, temperatura (°C) y la textura. La Figura 15 muestra la toma de datos en campo de las condiciones climáticas.

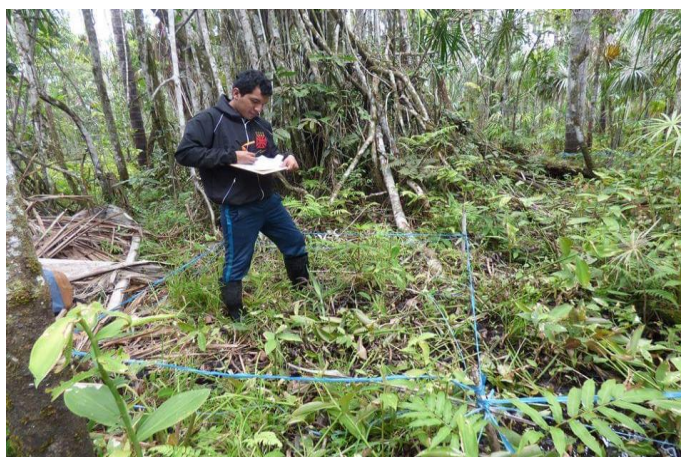


Figura 15 Toma de datos de campo

Determinación de la generación de metano de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz

Para la determinación de la concentración de metano se tomaron muestras de suelo y fueron llevados a un laboratorio especializado para su análisis.

El laboratorio tomó 200 gramos de muestra de suelo tomadas en las diferentes parcelas de muestreo, luego lo colocó en un recipiente hermético que tenía una conexión a una manguera también hermética.

Según Terán et al. (2018) se recomienda que la muestra de suelo repose un lapso de 24 horas en un recipiente hermético para que luego se pueda tomar los valores de metano. Después de transcurrido el tiempo recomendado se conectó a la salida de la manguera el equipo RKI – 6000, como muestra la Figura 16. Con este procedimiento se pudo obtener los valores de metano en suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz.



Figura 16 Determinación de la concentración de metano (Laboratorio Certifical, 2019)

2.5 Método de análisis de datos

El método dependerá del tipo de dato recolectado durante el estudio, puede ser que se aplique una estadística inferencial con lo cual puedes permitir que los resultados de la muestra se generalicen. En este caso los resultados estadísticos para la muestra se denominan estadígrafos los cuales son inferidos desde el punto de vista del investigador (Borja, 2012).

En la presente tesis de investigación se necesitaron los softwares Microsoft Excel 2013 para registrar los resultados, y SAS para los resultados estadísticos de análisis de varianza y comparación de medidas con Tukey ($\alpha = 0.05$).

2.6 Aspectos éticos

Antes de las salidas de campo se realizó una reunión participativa con los dueños de la zona de estudio con la finalidad de obtener la autorización para realizar el trabajo de campo. Asimismo, el código de ética en investigación con resolución N° 126-2017, el reglamento de investigación con resolución 313-2017 y la guía de investigación y tesis para pregrado con resolución 89-2019 de la Universidad Cesar Vallejo.

III. RESULTADOS

Características físicas del suelo de aguajal natural

Se obtuvieron los resultados de humedad, porosidad y densidad aparente del suelo de aguajal natural de las muestras de suelo tomadas en cada parcela. En la Tabla 9 se puede observar los resultados que tuvo el laboratorio especializado.

Tabla 9 Resultados de las características físicas del suelo de aguajal natural

Suelo de aguajal	Humedad (%)	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
Parcela 1	45,30	0,66	0,75
Parcela 1	45,10	0,65	0,75
Parcela 1	45,70	0,69	0,74
Promedio Parcela 1	45,38	0,67	0,75
Parcela 2	43,20	0,72	0,73
Parcela 2	43,20	0,68	0,74
Parcela 2	43,40	0,69	0,74
Promedio Parcela 2	43,27	0,69	0,74
Parcela 3	45,90	0,65	0,75
Parcela 3	45,70	0,70	0,74
Parcela 3	45,70	0,68	0,74
Promedio Parcela 3	45,77	0,68	0,74

De la misma forma, la Figura 17 grafica los promedios de las características físicas de los suelos de aguajal natural, tomadas en cada parcela de muestreo.

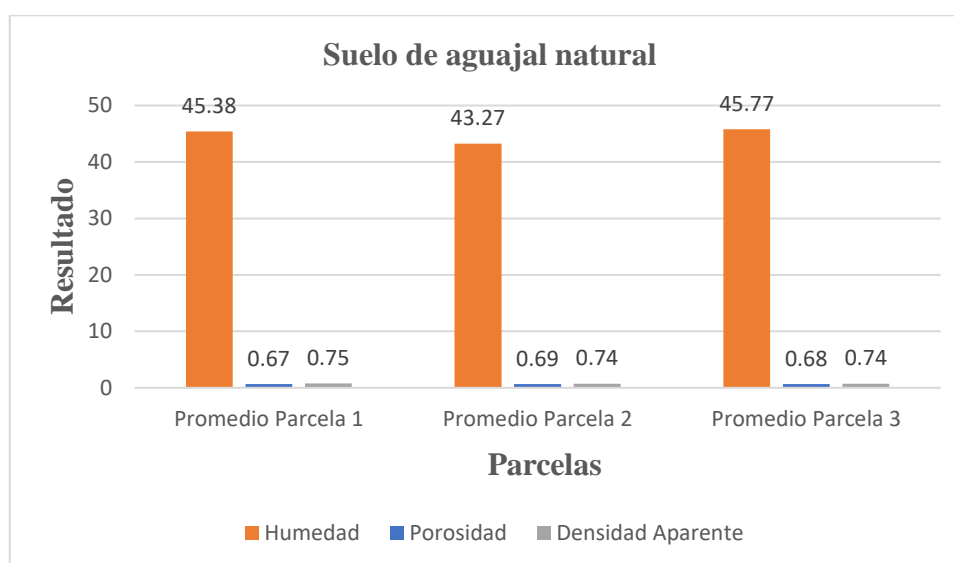


Figura 17 Promedio de las características físicas del suelo de aguajal natural por parcela

Los resultados fueron, mayor contenido de humedad en la parcela 3 con 45,9% y menor contenido en la parcela 2 con 43,2%; la porosidad fue alta en la parcela 2 con 0,72% y la más baja en la parcela 1 y 3 con 0,65%; los valores de densidad aparente oscilaron entre 0,74 y 0,75 g/cm³.

Características físicas del suelo del cultivo de arroz

Se obtuvieron los resultados de humedad, porosidad y densidad aparente del suelo del cultivo de arroz de las muestras de suelo tomadas en cada parcela. En la Tabla 10 se puede observar los resultados que tuvo el laboratorio especializado.

Tabla 10 Resultado de las características del suelo del cultivo de arroz

Suelo de arrozal	Humedad (%)	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm³)
Parcela 1	38,36	0,64	0,76
Parcela 1	38,37	0,56	0,79
Parcela 1	38,34	0,66	0,75
Promedio Parcela 1	38,36	0,62	0,77
Parcela 2	39,46	0,60	0,77
Parcela 2	39,53	0,68	0,74
Parcela 2	39,53	0,64	0,76
Promedio Parcela 2	39,51	0,64	0,76
Parcela 3	38,35	0,68	0,74
Parcela 3	38,40	0,73	0,73
Parcela 3	38,45	0,63	0,76
Promedio Parcela 3	38,40	0,68	0,74

De la misma forma, la Figura 18 grafica los promedios de las características físicas de los suelos del cultivo de arroz, tomadas en cada parcela de muestreo.

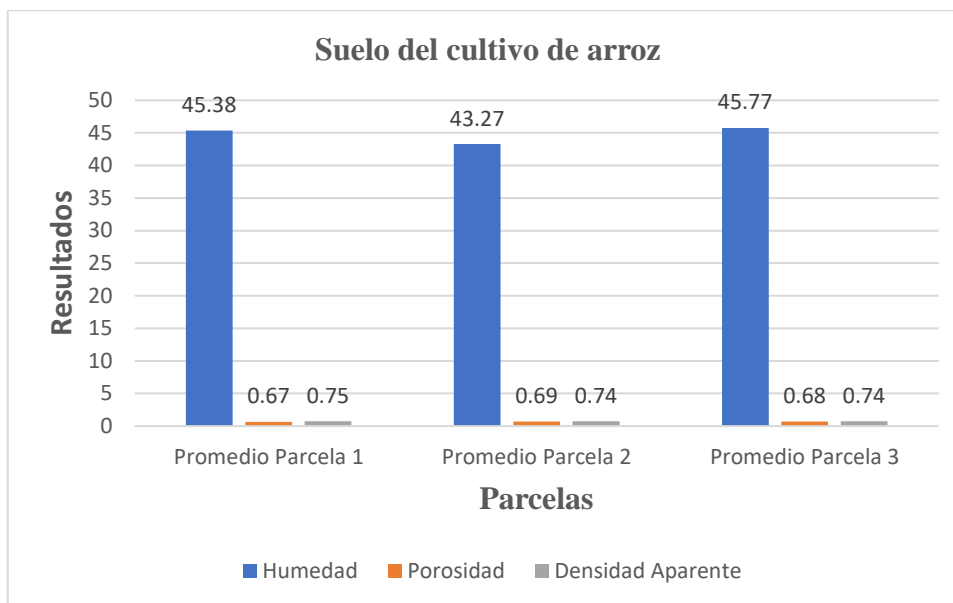


Figura 18 Promedio de las características físicas del suelo del cultivo de arroz por parcela

Los resultados fueron, mayor contenido de humedad en la parcela 2 con 39,53% y menor contenido en la parcela 1 y 3 con 38,4%; la porosidad fue alta en la parcela 3 con 0,73% y la más baja en la parcela 1 y 2 con 0,56%; los valores de densidad aparente oscilaron entre 0,73 y 0,79 g/cm³.

Características químicas del suelo de aguajal natural

Se obtuvieron los resultados de pH y materia orgánica del suelo de aguajal natural de las muestras de suelo tomadas en cada parcela. En la Tabla 11 se puede observar los resultados que tuvo el laboratorio especializado.

Tabla 11 Resultados de las características químicas del suelo de aguajal natural

Suelo de aguajal	pH	Materia orgánica (%)
Parcela 1	6,80	1,43
Parcela 1	6,79	1,42
Parcela 1	6,81	1,41
Promedio Parcela 1	6,80	1,42
Parcela 2	4,47	1,90
Parcela 2	4,48	1,84
Parcela 2	4,46	1,88
Promedio Parcela 2	4,47	1,87
Parcela 3	6,48	1,18
Parcela 3	6,47	1,25
Parcela 3	6,49	1,23

Promedio Parcela 3	6,48	1,22
--------------------	------	------

De la misma forma, la Figura 19 grafica los promedios de las características químicas de los suelos de aguajal natural, tomadas en cada parcela de muestreo.

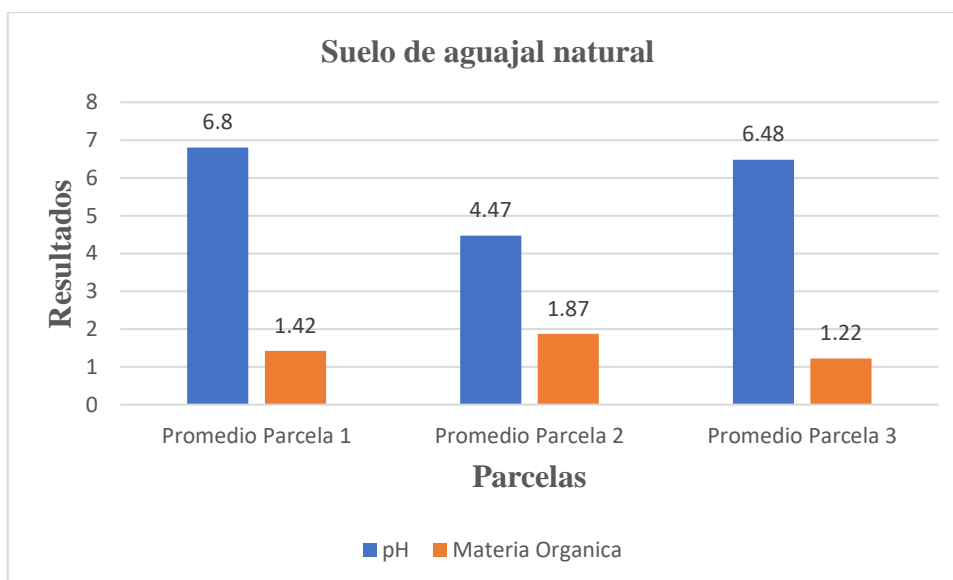


Figura 19 Promedio de las características químicas de suelos de aguajal natural

Los resultados tuvieron mayor resultado de pH en la parcela 1 y un menor valor en la parcela 2, por otro lado, hay mayor porcentaje de materia orgánica en la parcela 2 y un resultado menor en la parcela 3, con lo que se puede indicar que existe una relación inversamente proporcional entre el pH y la materia orgánica.

Características químicas del suelo del cultivo de arroz

Se obtuvieron los resultados de pH y materia orgánica del suelo del cultivo de arroz de las muestras de suelo tomadas en cada parcela. En la Tabla 12 se puede observar los resultados que tuvo el laboratorio especializado.

Tabla 12 Resultados de las características químicas del suelo del cultivo de arroz

Suelo de aguajal	pH	Materia orgánica (%)
Parcela 1	4,43	1,42
Parcela 1	4,39	1,43
Parcela 1	4,42	1,44
Promedio Parcela 1	4,41	1,43
Parcela 2	6,30	1,25

Parcela 2	6,32	1,24
Parcela 2	6,31	1,23
Promedio Parcela 2	6,31	1,24
Parcela 3	6,21	1,41
Parcela 3	6,22	1,40
Parcela 3	6,23	1,43
Promedio Parcela 3	6,22	1,41

De la misma forma, la Figura 20 grafica los promedios de las características químicas de los suelos de aguajal natural, tomadas en cada parcela de muestreo.

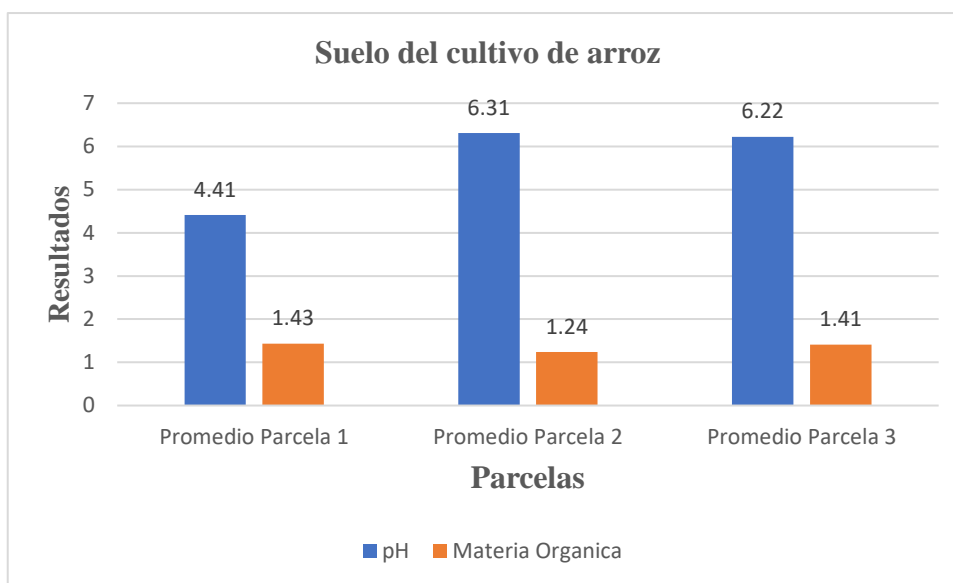


Figura 20 Promedio de las características químicas de suelos del cultivo de arroz

Los resultados fueron, un mayor resultado de pH en la parcela 2 y un menor valor en la parcela 1, por otro lado, los porcentajes de materia orgánica en la parcela 1 y 3 son muy cercanos, siendo el de mayor valor, respecto a la parcela 2, esta alcanza el menor valor promedio.

Condiciones climáticas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz

Para la presente tesis las condiciones climáticas de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz se realizó bajo las condiciones de textura, temperatura, humedad relativa y época, de los cuales sus resultados se detallan en la Tabla 13.

Tabla 13 Valores de textura, tiempo y época

Textura de suelo de aguajal natural	Arena	Limo	Arcilla
	18%	32%	50%
Textura de suelo del cultivo de arroz	Arena	Limo	Arcilla
	20%	45%	35%
Tiempo	26 °C		
Época	Otoño		
Humedad relativa	70%		

Los resultados que se obtuvieron son: el suelo de aguajal natural tiene una textura arcillosa y la textura de suelo del cultivo de arroz es franco limoso arcilloso, la toma de muestras fue realizada a 26 °C en el mes de mayo, por lo que corresponde a la estación de otoño con una humedad relativa de 70%.

Generación de metano en suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz

De la Tabla 14, se obtuvieron los resultados de la generación de metano, tanto en suelo de aguajal natural, como en suelo del cultivo de arroz, los resultados fueron determinados por el laboratorio Certifical, utilizando el equipo RKI-6000, la cual fue determinada por muestras de suelo tomadas en cada parcela.

Tabla 14 Resultado de la generación de metano en cada unidad de suelo

Unidad de suelo	Parcela	Metano (kgCH₄/m²)	Unidad de suelo	Parcela	Metano (kgCH₄/m²)
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	0.027	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	0.032
		0.025			0.031
		0.026			0.03
	Parcela 2	0.025		Parcela 2	0.028
		0.019			0.029
		0.022			0.03
	Parcela 3	0.017		Parcela 3	0.027
		0.022			0.025
		0.024			0.026

Además, en la Figura 21 se grafica la comparación promedio en la generación de metano entre las parcelas de suelo de aguajal natural y la del cultivo de arroz.

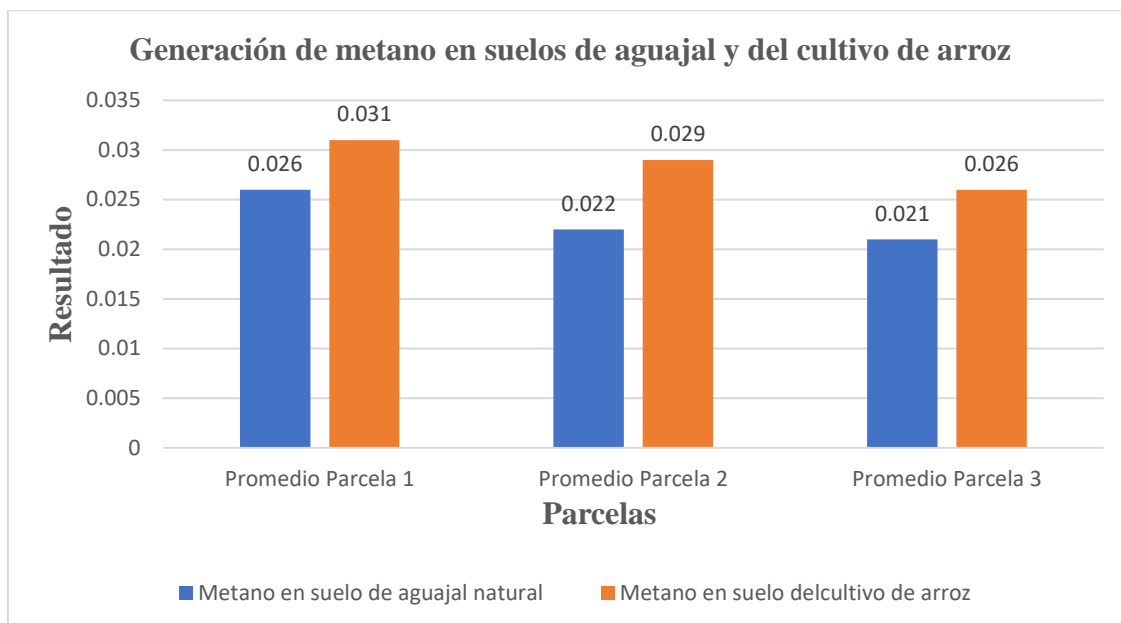


Figura 21 Promedios de la generación de metano en suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en cada parcela

Análisis estadístico

De la Tabla 15. Se obtuvieron los resultados del contenido de humedad, se puede observar que existe un mayor contenido de humedad en el suelo de aguajal natural, con un promedio de 44,80% por otro lado, el suelo de cultivo de arroz tuvo un promedio de 38,75%.

Tabla 15 Resultado del contenido de humedad

Unidad de suelo	Parcela	Humedad (%)	Unidad de suelo	Parcela	Humedad (%)
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	45,30	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	38,36
		45,10			38,37
		45,70			38,34
	Parcela 2	45,38		Parcela 2	38,36
		43,20			39,46
		43,20			39,53
	Parcela 3	43,40		Parcela 3	39,53
		43,27			39,51
		45,90			38,35
	Promedio	44,80		Promedio	38,75

En la Tabla 16 el análisis de varianza (ANVA) indicó una diferencia significativa, con lo cual se concluye que los resultados de cada parcela son diferentes estadísticamente.

Tabla 16 Análisis de varianza del contenido de humedad

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Valor	Pr > F
Entre Parcelas	5	177,8384278	35,5676856	1715,94	<,0001
Error	12	0,2487333	0,0207278		
Suma total	17	178,0871611			

De la Tabla 17, los resultados que se obtuvieron en la prueba de contraste de Tukey mostraron que se formaron cinco grupos de significancia, por lo que se concluye que en la parcela 3A hay un mayor contenido de humedad, seguido de la parcela P1A, ambas del suelo de aguajal natural.

Tabla 17 Prueba de contraste de Tukey

Parcelas	Promedios	Significancia
P3A	45,77	A
P1A	45,37	B
P2A	43,2667	C
P2B	39,5067	D
P3B	38,4	E
P1B	38,3567	E

Asimismo, en la Figura 22 se grafica la prueba de contraste de Tukey, donde la letra A significa: suelo de aguajal natural y B: suelo del cultivo de arroz.

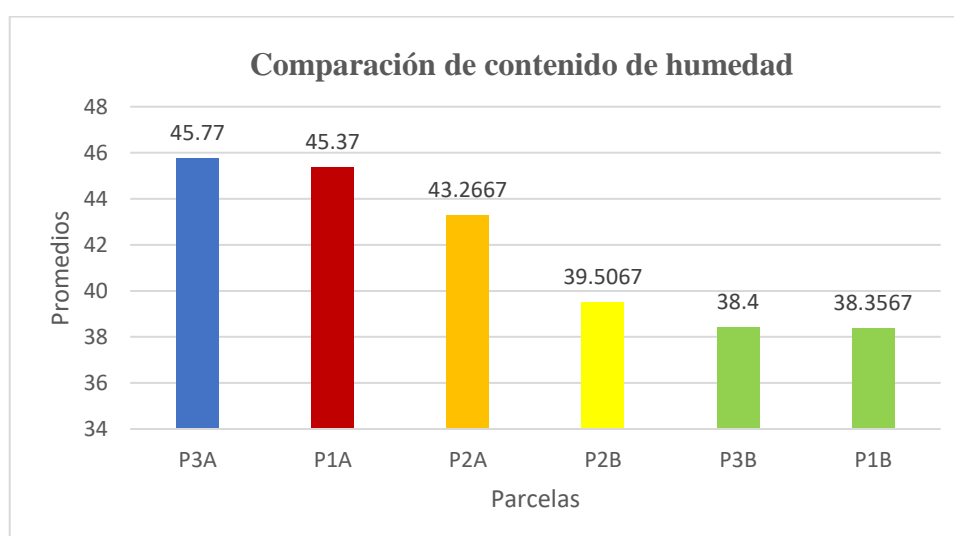


Figura 22 Comparación del contenido de humedad entre parcelas

De la Tabla 18. Se obtuvieron los resultados de la porosidad, se puede observar que existe una mayor porosidad en el suelo de aguajal natural, con un promedio de 0,68% por otro lado, el suelo de cultivo de arroz tuvo un promedio de 0,65%.

Tabla 18 Resultado de la porosidad

Unidad de suelo	Parcela	Porosidad (%)	Unidad de suelo	Parcela	Porosidad (%)
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	0,66	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	0,64
		0,65			0,56
		0,69			0,66
	Parcela 2	0,67		Parcela 2	0,62
		0,72			0,60
		0,68			0,68
	Parcela 3	0,69		Parcela 3	0,64
		0,69			0,64
		0,65			0,68
	Promedio	0,68		Promedio	0,65

En la Tabla 19 el análisis de varianza (ANVA) indicó que no existe diferencia significativa entre las parcelas, con lo cual se concluye que existe igualdad estadística. Asimismo, no es necesario realizar una prueba de contraste de Tukey.

Tabla 19 Análisis de varianza de porosidad

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Valor	Pr > F
Entre Parcelas	5	0,01200000	0,00240000	1,71	0,2058
Error	12	0,01680000	0,00140000		
Suma total	17	0,02880000			

De la Tabla 20. Se obtuvieron los resultados de la densidad aparente, se puede observar que existe una mayor densidad aparente en el suelo de aguajal natural, con un promedio de 0,74 g/cm³ por otro lado, el suelo de cultivo de arroz tuvo un promedio de 0,76 g/cm³.

Tabla 20 Resultado de la densidad aparente

Unidad de suelo	Parcela	Densidad aparente (g/cm ³)	Unidad de suelo	Parcela	Densidad aparente (g/cm ³)
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	0,75	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	0,76
		0,75			0,79
		0,74			0,75

	Parcela 2	0,75		Parcela 2	0,77
		0,73			0,77
		0,74			0,74
	Parcela 3	0,74		Parcela 3	0,76
		0,74			0,76
		0,75			0,74
	Promedio	0,74		Promedio	0,76

En la Tabla 21 el análisis de varianza (ANVA) indicó que no existe diferencia significativa entre las parcelas, con lo cual se concluye que existe igualdad estadística. Asimismo, no es necesario realizar una prueba de contraste de Tukey.

Tabla 21 Análisis de varianza de la densidad aparente

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Valor	Pr > F
Entre Parcelas	5	0,00170533	0,00034107	1,69	0,2102
Error	12	0,00241467	0,00020122		
Suma total	17	0,00412000			

De la Tabla 22. Se obtuvieron los resultados del pH, se puede observar que existe un mayor pH en el suelo de aguajal natural, con un promedio de 5,92 por otro lado, el suelo de cultivo de arroz tuvo un promedio de 5,65.

Tabla 22 Resultado del pH

Unidad de suelo	Parcela	pH	Unidad de suelo	Parcela	pH
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	6,80	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	4,43
		6,79			4,39
		6,81			4,42
	Parcela 2	6,80		Parcela 2	4,41
		4,47			6,30
		4,48			6,32
	Parcela 3	4,46		Parcela 3	6,31
		4,47			6,31
		6,48			6,21
	Promedio	5,92		Promedio	5,65

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 23 el análisis de varianza (ANVA) indicó una diferencia significativa, con lo cual se concluye que los resultados de cada parcela son diferentes estadísticamente.

Tabla 23 Análisis de varianza del pH

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Valor	Pr > F
Entre Parcelas	5	16,76624444	3,35324889	21556,6	<,0001
Error	12	0,00186667	0,00015556		
Suma total	17	16,76811111			

De la Tabla 24, los resultados que se obtuvieron en la prueba de contraste de Tukey mostraron que se formaron seis grupos de significancia, por lo que se concluye que en la parcela 1A hay un mayor valor de pH, seguido de la parcela P3A, ambas del suelo de aguajal natural.

Tabla 24 Prueba de contraste de Tukey

Parcelas	Promedios	Significancia
P1A	6,8	A
P3A	6,48	B
P2B	6,31	C
P3B	6,22	D
P2A	4,47	E
P1B	4,41	F

Asimismo, en la Figura 23 se grafica la prueba de contraste de Tukey, donde la letra A significa: suelo de aguajal natural y B: suelo del cultivo de arroz.

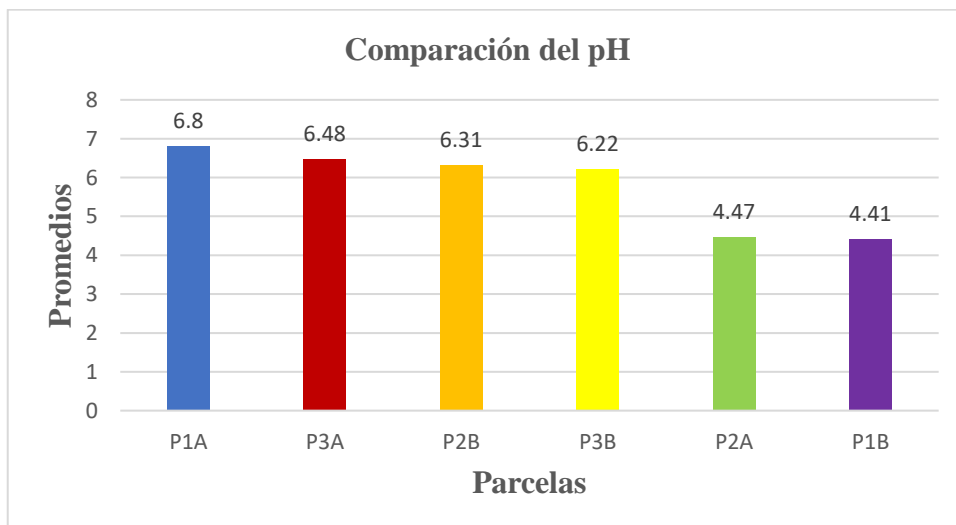


Figura 23 Comparación del pH entre parcelas

De la Tabla 25. Se obtuvieron los resultados de la materia orgánica, se puede observar que existe un mayor contenido de materia orgánica en el suelo de aguajal natural, con un promedio de 1,50% por otro lado, el suelo de cultivo de arroz tuvo un promedio de 1,36%.

Tabla 25 Resultado de la materia orgánica

Unidad de suelo	Parcela	Materia orgánica (%)	Unidad de suelo	Parcela	Materia orgánica (%)
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	1,43	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	1,42
		1,42			1,43
		1,41			1,44
	Parcela 2	1,42		Parcela 2	1,43
		1,90			1,25
		1,84			1,24
	Parcela 3	1,88		Parcela 3	1,23
		1,87			1,24
		1,18			1,41
	Promedio	1,50		Promedio	1,36

En la Tabla 26 el análisis de varianza (ANVA) indicó una diferencia significativa, con lo cual se concluye que los resultados de cada parcela son diferentes estadísticamente.

Tabla 26 Análisis de varianza de la materia orgánica

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Valor	Pr > F
Entre Parcelas	5	0,83122778	0,16624556	360,53	<,0001
Error	12	0,00553333	0,00046111		
Suma total	17	0,83676111			

De la Tabla 27, los resultados que se obtuvieron en la prueba de contraste de Tukey mostraron que se formaron tres grupos de significancia, por lo que se concluye que en la parcela 2A hay un mayor contenido de materia orgánica, que pertenece al aguajal natural seguido de la parcela P1B y P1A, que pertenecen al cultivo de arroz y al aguajal natural, respectivamente.

Tabla 27 Prueba de contraste de Tukey

Parcelas	Promedios	Significancia
P2A	1,87	A
P1B	1,43	B
P1A	1,42	B
P3B	1,41	B
P2B	1,24	C
P3A	1,22	C

Asimismo, en la Figura 24 se grafica la prueba de contraste de Tukey, donde la letra A significa: suelo de aguajal natural y B: suelo del cultivo de arroz.

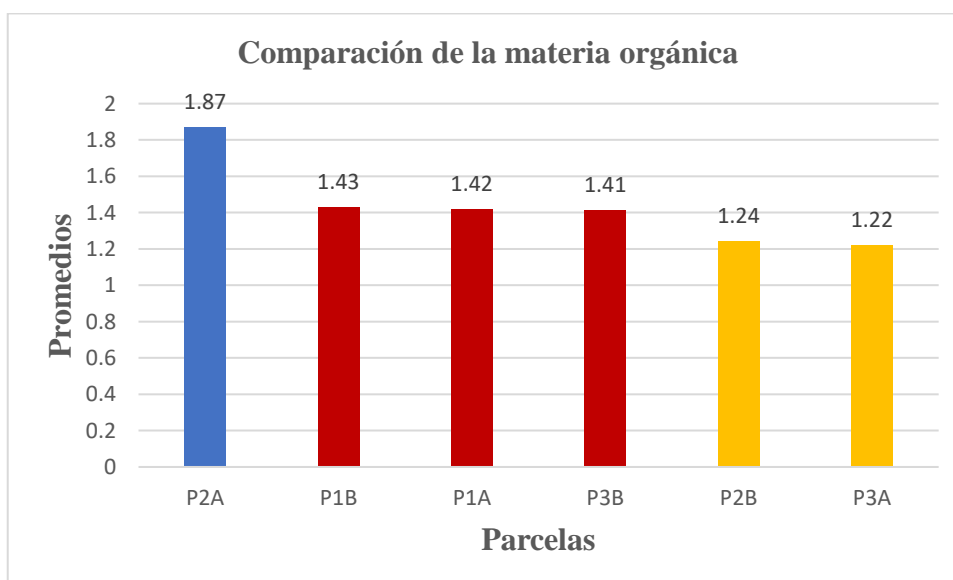


Figura 24 Comparación de la materia orgánica entre parcelas
Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 28. Se obtuvieron los resultados de la generación de metano, se puede observar que existe una menor generación en el suelo de aguajal natural, con un promedio de 1,50% por otro lado, el suelo de cultivo de arroz tuvo un promedio de 1,36%.

Tabla 28 Resultado del metano

Unidad de suelo	Parcela	Metano (kgCH ₄ /m ²)	Unidad de suelo	Parcela	Metano (kgCH ₄ /m ²)
Suelo de aguajal natural	Parcela 1	0,027	Suelo de cultivo de arroz	Parcela 1	0.032
		0,025			0.031
		0,026			0.03
	Parcela 2	0,026		0.028	
		0,025		0.029	
		0,019		0.03	
	Parcela 3	0,022		0.027	
		0,022		0.025	
		0,017		0.026	
	Promedio	0,023		Promedio	0,029

En la Tabla 29 el análisis de varianza (ANVA) indicó una diferencia significativa, con lo cual se concluye que los resultados de cada parcela son diferentes estadísticamente.

Tabla 29 Análisis de varianza del metano

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Valor	Pr > F
Entre Parcelas	5	0,00022450	0,00004490	10,36	0,0005
Error	12	0,00005200	0,00000433		
Suma total	17	0,00027650			

De la Tabla 30, los resultados que se obtuvieron en la prueba de contraste de Tukey mostraron que se formaron dos grupos de significancia, los promedios dentro del grupo A entre ellos no son diferentes estadísticamente, ahí se encuentran las parcelas P1B, P2B, P1A y P3B, siendo estas cuatro parcelas según la conclusión estadística las de mayor generación de metano.

Tabla 30 Prueba de contraste de Tukey

Parcelas	Promedios	Significancia
P1B	0.031	A
P2B	0.029	A
P1A	0.026	AB
P3B	0.026	AB
P2A	0.022	B
P3A	0.021	B

Asimismo, en la Figura 25 se grafica la prueba de contraste de Tukey, donde la letra A significa: suelo de aguajal natural y B: suelo del cultivo de arroz.

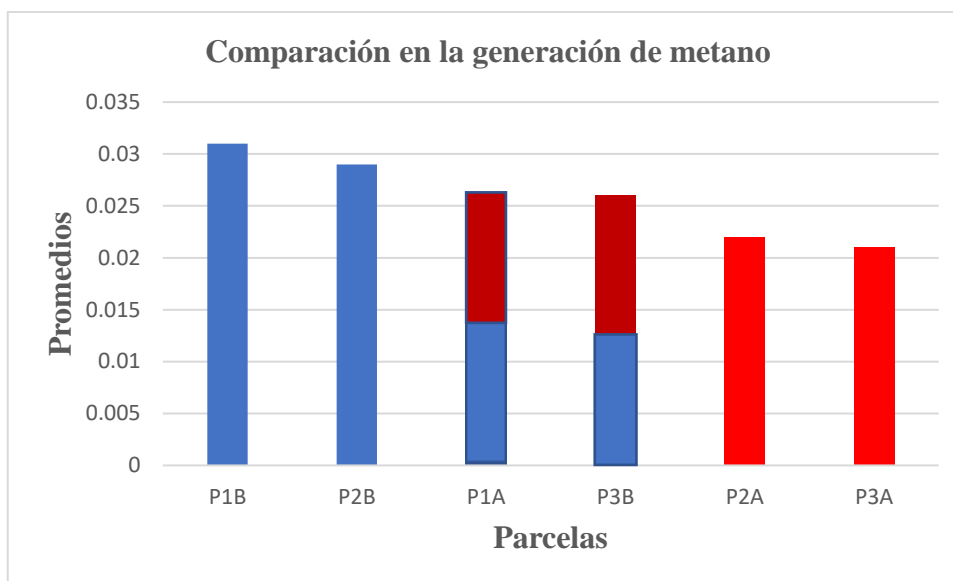


Figura 25 Comparación de la generación de metano entre parcelas

Producción de metano por hectárea en suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz.

Con los resultados de laboratorio se pudo estimar la generación de metano por cada hectárea, tanto en suelo de aguajal natural como en la del cultivo de arroz. La tabla 31, muestra los resultados de la producción de metano por cada hectárea para cada tipo de suelo.

Tabla 31 Proyección de generación de metano

Unidad de suelo	Promedio de metano generado (kgCH ₄ /m ²)	Proyección de metano por hectárea
Aguajal natural	0,023	115 kgCH ₄ /ha
Cultivo de arroz	0,029	145 kgCH ₄ /ha

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de la producción en la generación de metano por hectárea, indican que en total se estarían generando 290 TnCH₄ porque hasta la fecha hay 2 hectáreas de cultivo de arroz. Por otro lado, el área restante aproximadamente es de 6,6 hectáreas que corresponde al aguajal natural, que al deforestar y realizar el cambio de uso de suelo estaría generando unas emisiones de 759 TnCH₄.

IV. DISCUSIÓN

La zona de estudio corresponde a un humedal conocido como aguajal MINAM (2010) por la abundancia vegetal de la palmera *Mauritia flexuosa*, en sus distintas clases de crecimiento, cerca de dicho ecosistema se encuentra una zona de cultivo de arroz. En el primer caso las parcelas de muestreo se ubicaron más próximo a la cuenca, donde el nivel de inundación suele llegar incluso a los 2 metros por otro lado, en los cultivos de arroz tienen un bajo nivel de inundación ($< 1\text{m}$) Ávila et al. (2006).

En la presente tesis se obtuvo la generación de metano en suelos de aguajal natural que en promedio fue de $0,023 \text{ kgCH}_4/\text{m}^2$, dicho resultado guarda cierta relación con Silva y Valverde (2016), Allen et al. (2016), Bueno-Hurtado et al. (2015), Ontiveros, Manrique y Franco (2018) y Teran et al. (2018) que realizaron un estudio en humedales con las mismas condiciones, pero con la diferencia de la especie vegetal abundante. Con respecto a la generación de metano en suelos del cultivo de arroz en promedio se obtuvo $0,029 \text{ kgCH}_4/\text{m}^2$, este resultado guarda relación con Sanchis (2015), Capurro et al. (2014), Palmer (2018), Mansilla (2018), Tate et al. (2015) quien realizaron estimaciones de gases de efecto invernadero (entre ellos el metano) en cultivos de arroz en las diferentes etapas de su crecimiento; el resultado de la generación de metano guarda relación con la fase de floración de la planta de arroz. En ambos casos se realizaron el método de las parcelas representativas de muestreo en zonas inundables y/o pantanosas a fin de captar diferencias estructurales en los resultados que nos permitan realizar estimaciones más acertadas Harris et al. (2018).

Para la comparación de las condiciones climáticas en suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz, principalmente se tomó como referencia que las parcelas representativas sean contiguas y en paralelo (Adhikari, 2018). La comparación de las condiciones climáticas fue en textura, temperatura, humedad relativa y época en la que se tomaron las muestras. La textura del suelo de aguajal natural fue arcillosa y con respecto a la textura del cultivo de arroz hubo concordancia con Palmer (2018) con una textura franco limoso arcilloso, respecto a la época fue tomada en la estación de otoño la cual concuerda con Ontiveros, Manrique y Franco (2018), Mansilla (2018) y Terán et al. (2018), la temperatura promedio fue de $29 \text{ }^\circ\text{C}$, con una humedad relativa del 70%.

Respecto a las características físicas y químicas del suelo de aguajal natural, estas influyen en la generación de metano. Hernández (2010) considera importante conocer

los resultados de pH, materia orgánica, contenido de humedad, densidad aparente y porosidad para entender el crecimiento y sobrevivencia microbiana de las bacterias metanógenas; y la oxidación, transporte y emisión de metano en la interfaz suelo y atmósfera. De la misma forma Pereyra (2015) y Dalal et al. (2017) realizó un análisis de los parámetros antes mencionados en las estaciones de primavera, otoño y verano. Por tal motivo, en la tesis se tomaron muestras de suelo para analizar las características físicas y químicas tanto en suelos de aguajal natural como del cultivo de arroz.

Los resultados promedio las características físicas del suelo de aguajal natural fueron: contenido de humedad (44,80%), porosidad (0,68%) y densidad aparente entre (0,76 g/cm³), estos valores se encuentran en concordancia con los valores hallados Ontiveros, Manrique y Franco (2018) y Bueno-Hurtado et al. (2015) para la estación del año en la que fue analizada. Por otro lado, para el suelo del cultivo de arroz los resultados promedios fueron: contenido de humedad (38,75%), este valor guarda relación con Sanchis (2015) en la fase de floración de la planta de arroz. Asimismo, se obtuvo resultados promedios de porosidad (0,65%) y densidad aparente (0,74%) que concuerdan con lo estimado con Capurro et al. (2014) y Palmer (2018)

Los resultados promedio de las características químicas del suelo de aguajal natural fueron: pH (5,92) y contenido de materia orgánica (1,50%), que guardan relación con lo estimado por Allen et al. (2016) y Ontiveros, Manrique y Franco (2018). Por otro lado, para el suelo del cultivo de arroz los promedios fueron: pH (5,65) y contenido de materia orgánica (1,36), los mismos tienen relación con lo estipulado por Palmer (2018) y Cumpa (2019).

Es importante indicar también que la producción de metano concuerda con el inventario de gases de efecto invernadero elaborado por el MINAM (2014) respecto a las emisiones de metano en cultivos de arroz, ya que si estimamos la generación de metano del presente trabajo de investigación (145 kgCH₄/ha) con lo estipulado por MINAGRI (2018) respecto a la superficie sembrada en miles de hectáreas (389) se obtiene un valor aproximado de 56,41 GgCH₄, cuando los resultados del inventario son de 55,77 GgCH₄. Con respecto, a la producción de metano en suelos de aguajal natural, no existe mucha concordancia ya que, el resultado del trabajo de investigación fue (115 kgCH₄/ha) y este valor multiplicado con la superficie de cambio de uso de suelo en humedales estipulado por el MINAM (2016) que son 1,033,768 hectáreas se obtiene un valor

aproximado de 118,88 GgCH₄ y el inventario nos menciona un valor de 164,64 GgCH₄, esto puede ser porque el cambio de uso de suelo no solo se realiza en el sector agrícola, sino también en otros sectores económicos.

Los resultados de la presente investigación fueron muy particulares porque poco coinciden con estudios similares. El autor considera, que éstas son producto de las distintas condiciones abióticas que en se encuentran ubicadas las zonas de estudio. Además, considera importante este estudio debido a que no existen datos de investigaciones en aguajales de altura (piedemonte) que reporten las mismas variables evaluadas.

V. CONCLUSIONES

- La cantidad promedio de metano generado por el suelo de aguajal natural fue de $0,023 \text{ kgCH}_4/\text{m}^2$ y con una producción de $115 \text{ kgCH}_4/\text{ha}$, siendo menor en comparación con el suelo del cultivo de arroz donde la generación promedio fue $0,029 \text{ kgCH}_4/\text{m}^2$ y con una producción de $145 \text{ kgCH}_4/\text{ha}$.
- Las características físicas del suelo de aguajal natural fueron en promedio: contenido de humedad 44.80% , porosidad con $0,68\%$ y densidad aparente con 0.76 g/cm^3 , siendo mayor en comparación con el suelo del cultivo de arroz donde en promedio fueron: contenido de humedad $38,75\%$, porosidad 0.65% y densidad aparente $0,74 \text{ g/cm}^3$.
- Las características químicas del suelo de aguajal natural fueron en promedio: pH con $5,92$ y contenido de materia orgánica con $1,50\%$, siendo mayor en comparación con el suelo del cultivo de arroz donde en promedio fueron: pH $5,65$ y contenido de materia orgánica $1,36\%$.
- Las condiciones climáticas en suelos de aguajal natural fueron las mismas en comparación con los del cultivo de arroz en época, temperatura y humedad relativa, siendo otoño, $29 \text{ }^\circ\text{C}$ y 70% respectivamente. Por otro lado, difieren en textura, siendo la de aguajal natural arcillosa, y la del cultivo de arroz franco limoso arcilloso.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda delimitar la zona de estudio de manera previa utilizando marcadores de distinto color, ya que por la geografía y el clima es difícil ubicar nuevamente los puntos de muestreo, con ello se podrá conseguir mejor información de acuerdo a los objetivos planteados.
- Se recomienda continuar con la investigación durante todas las estaciones del año, ya que las variables climáticas son diferentes. Asimismo, se pueda extender también en todas las fases de crecimiento de la planta de arroz con lo cual se podrá entender mejor las emisiones de metano tanto en los cultivos de arroz como en los agujales naturales.
- Se recomienda que se pueda extender la investigación a niveles de carbono para poder obtener mejores resultados en el balance del carbono de los agujales naturales.
- Se recomienda realizar una valorización económica y ambiental del aguajal natural para que la población del lugar pueda entender los beneficios de conservar dicho ecosistema y tal vez minimizar el cambio de uso de suelo.
- Se recomienda gestionar de mejor manera los recursos naturales del lugar para que la interacción económica, social y ambiental pueda desarrollarse de manera sostenible, las autoridades locales y regionales también debe hacerse presentes con capacitaciones a los agricultores de arrozales y salvaguardar los agujales naturales. Asimismo, diversos estudios recomiendan un riego intermitente para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero provocados por los cultivos de arroz.

Referencias

- Adhikari, R. K. (2018). Economics of Organic Vs Inorganic Carrot Production in Nepal. *Journal of Agriculture and Environment*, 10, 27–33. <https://doi.org/10.3126/aej.v10i0.2127>
- Allen, D. E., Mendham, D. S., Bhupinderpal-Singh, Cowie, A., Wang, W., Dalal, R. C., & Raison, R. J. (2016). Nitrous oxide and methane emissions from soil are reduced following afforestation of pasture lands in three contrasting climatic zones. *Soil Research*, 47(5), 443. <https://doi.org/10.1071/sr08151>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición*. Caracas, Venezuela: FIDIAS G. ARIAS ODÓN.
- Ávila, M. A., Souza, S. R., Veloso, M. D. M., Santos, R. M., Fernandes, L. A., & Nunes, Y. R. F. (2016). STRUCTURE OF NATURAL REGENERATION IN RELATION TO SOIL PROPERTIES AND DISTURBANCE IN TWO SWAMP FORESTS. *CERNE*, 22(1), 1–10. <https://doi.org/10.1590/01047760201622012086>
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Bueno-Hurtado, P., López, A., Sánchez, I., Velásquez, M. A., & González, J. L. (2015). Cambios de uso de suelo y sus efectos sobre la dinámica de GEI en el estado de Durango, México. SciELO - Scientific Electronic Library Online. Recuperado 26 setiembre, 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext
- Capurro, M. C., Cantou, G., Roel, A., Irisarri, P., & Tarlera, S. (2013). Cuantificación de emisiones de metano y óxido nitroso bajo dos manejos de riego contrastantes en el cultivo de arroz. Recuperado 28 setiembre, 2018, de https://www.researchgate.net/publication/304538890_Cuantificacion_de_emisiones_de_metano_y_oxido_nitroso_bajo_dos_manejos_de_riego_contrastantes_en_el_cultivo_de_arroz

- Carrera, L. (2015). AGUAJE (MAURITIA FLEXUOSA) A PROMISING CROP OF THE PERUVIAN AMAZON. *Acta Horticulturae*, (531), 229–236. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2000.531.37>
- Cumpa, V. M. (2019, 21 mayo). Reducción De La Emisión Del Gas Metano Atmosférico Utilizando Tecnicas De Riego En Suelo Arcilloso En Cultivo De Oryza Sativa L En Condiciones Climáticas. Recuperado 28 mayo, 2019, de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/33165>
- Endress, B. A., Horn, C. M., & Gilmore, M. P. (2014). *Mauritia flexuosa* palm swamps: Composition, structure and implications for conservation and management. *Forest Ecology and Management*, 302, 346–353. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.051>
- FAO. (2018, 27 abril). EST: Seguimiento del Mercado del Arroz (SMA). Recuperado 28 septiembre, 2018, de <http://www.fao.org/economic/est/publications/publicaciones-sobre-el-%20arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
- Gestión. (2018, 4 agosto). Amazonía peruana pierde 23,000 hectáreas de bosques en el primer semestre. Recuperado 18 octubre, 2018, de <https://gestion.pe/economia/amazonia-peruana-pierde-23-000-hectareas-bosques-primer-semester-240567>
- GORESAM. (2014, 17 julio). Portal Institucional Gobierno Regional de San Martín. Recuperado 28 noviembre, 2018, de <https://www.regionsanmartin.gob.pe/>
- Gyenge, J., Fernandez, M. E., Juliarena, P., Priano, M. E., Fusé, V., Berkovic, A., Guzmán, S. (2016). Un rol poco conocido de las forestaciones: captura de metano de la atmósfera. Recuperado 28 setiembre, 2018, de <https://inta.gob.ar/documentos/un-rol-poco-conocido-de-las-forestaciones-captura-de-metano-de-la-atmosfera>
- Harris, E., Ladreiter-Knauss, T., Butterbach-Bahl, K., Wolf, B., & Bahn, M. (2018). Land-use and abandonment alters methane and nitrous oxide fluxes in mountain

grasslands. *Science of The Total Environment*, 628-629, 997–1008.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.119>

- Herrera, J., Beita, V. H., Solórzano, D., Argüello, H., & Rodríguez, A. (2014). Determinación de emisiones de metano y óxido nitroso generadas en plantaciones de arroz en Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 0(46).
<https://doi.org/10.15359/rca.46-2.1>
- Hergoualc'h, K. A., & Verchot, L. V. (2017). Changes in soil CH₄ fluxes from the conversion of tropical peat swamp forests: a meta-analysis. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 9(2), 93–101.
<https://doi.org/10.1080/1943815x.2012.679282>
- Hernandez, M. E. (2010, abril). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139–147. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018757792010000200005
- Holm, J. A., Miller, C. J., & Cropper, W. P. (2015). Population Dynamics of the Dioecious Amazonian Palm *Mauritia flexuosa*: Simulation Analysis of Sustainable Harvesting. *Biotropica*, 40(5), 550–558. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00412.x>
- Le Mer, J., & Roger, P. (2015). Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: A review. *European Journal of Soil Biology*, 37(1), 25–50.
[https://doi.org/10.1016/s1164-5563\(01\)01067-6](https://doi.org/10.1016/s1164-5563(01)01067-6)
- Mansilla, E. G. (2018, 14 junio). Estimación del secuestro de metano en suelos de forestaciones de la Provincia de Buenos Aires. Recuperado 28 junio, 2019, de <http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1722>

- MINAGRI. (2018). *Informe de coyuntura de arroz - 2018*. Recuperado de http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/nota-coyuntura-arroz-280818_2.pdf
- MINAM. (2018, 18 abril). Ley Marco sobre Cambio Climático. Recuperado 29 octubre, 2019, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-marco-cambio-climatico>
- MINAM. (2016). Cambio de uso de tierra. Recuperado 5 octubre, 2018, de <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/cambio-uso.php>
- MINAM. (2016). La conservación de bosques en el Perú (2011 – 2016) . Recuperado 10 octubre, 2018, de <http://www.minam.gob.pe/informesectoriales/wp-content/uploads/sites/112/2016/02/11-La-conservaci%C3%B3n-de-bosques-en-el-Per%C3%BA.pdf>
- MINAM. (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
- MINAM. (2014). INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 2012. Recuperado 29 octubre, 2019, de <http://infocarbono.minam.gob.pe/annios-inventarios-nacionales-gei/ingei-2012/>
- MINAM. (2010). Mapa de humedales del Perú, 2010. Recuperado 29 octubre, 2019, de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-humedales-peru-2010>
- Ontiveros, S., Manrique, S., & Franco, J. (2018, 23 marzo). Flujos de metano (CH₄) en suelos forestales: dinámica y relación con factores ambientales y edáficos. Recuperado 18 octubre, 2018, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65768>
- Palmer, I. G. (2018, 24 agosto). “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”. Recuperado 28 septiembre, 2019, de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/18336>

- Pachauri, R. & Meyer, L. (2014). *Cambio climático 2014 Informe de síntesis. IPCC*
Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Pedraza, A. C., Chona, J. A. R., Maldonado, J. I. M., & Carrillo, J. L. O. (2016). Kinetic study of methanogenic bacteria at different temperatures. *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS*, 14(1), 38.
<https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2016.1690>
- Pereyra, A. S., & Mitsch, W. J. (2018). Methane emissions from freshwater cypress (*Taxodium distichum*) swamp soils with natural and impacted hydroperiods in Southwest Florida. *Ecological Engineering*, 114, 46–56.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.04.019>
- Pereyra, V. (2015). Emisiones de metano y óxido nitroso en arrozales de la zona este del Uruguay: el manejo de cultivo como factor determinante. Recuperado 28 septiembre, 2018, de <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1456>
- Pihlatie, M. K., Christiansen, J. R., Aaltonen, H., Korhonen, J. F., Nordbo, A., Rasilo, T., Pumpanen, J. (2014). Comparison of static chambers to measure CH₄ emissions from soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 171-172, 124–136.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.11.008>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F, México: McGraw-Hill Education.
- Sanchis Jiménez, E. (2015, 6 marzo). Emisiones de gases en el cultivo del arroz: efecto de la gestión de la paja. Recuperado 28 octubre, 2018, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/47780>
- SENAMHI. (2019, febrero). Senamhi - Ultimos Datos. Recuperado 11 mayo, 2019, de https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000378

- SENAMHI. (2017). *Atlas de zona de vida del Perú*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-9.pdf>
- Silva Vinasco, J., & Valverde Solís, A. (2016). Estimación de gases de efecto invernadero en humedales construidos de flujo subsuperficial. *Ingeniería Y Universidad*, 15(2). Retrieved from <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/2039>
- Song, C., Yan, B., Wang, Y., Lou, Y., & Zhao, Z. (2015, 1 diciembre). Fluxes of carbon dioxide and methane from swamp and impact factors in. Recuperado 10 octubre, 2018, de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02901769>
- Strangmann, A., Bashan, Y., & Giani, L. (2017). Methane in pristine and impaired mangrove soils and its possible effect on establishment of mangrove seedlings. *Biology and Fertility of Soils*, 44(3), 511–519. <https://doi.org/10.1007/s00374-007-0233-7>
- Tauchnitz, N., Brumme, R., Bernsdorf, S., & Meissner, R. (2017). Nitrous oxide and methane fluxes of a pristine slope mire in the German National Park Harz Mountains. *Plant and Soil*, 303(1-2), 131–138. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9493-0>
- Tate, K. R. (2015). Soil methane oxidation and land-use change – from process to mitigation. *Soil Biology and Biochemistry*, 80, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.10.010>
- Teran, E., Priano, M., De Bernardi, M., & Guzman, S. (2018, marzo). Estimation of the oxidation potential of methane from soils of two adjacent sites with different use: eucalyptus plantation vs naturalized pasture. Recuperado 10 octubre, 2018, de https://www.researchgate.net/publication/325606769_Estimacion_del_potencial_de_oxidacion_de_metano_de_suelos_de_dos_sitios_adyacentes_con_distinto_uso_plantacion_de_eucaliptos_vs_pastizal_n

- Turetsky, M. R., Kotowska, A., Bubier, J., Dise, N. B., Crill, P., Hornibrook, E. R. C., Wilmking, M. (2014). A synthesis of methane emissions from 71 northern, temperate, and subtropical wetlands. *Global Change Biology*, *20*(7), 2183–2197. <https://doi.org/10.1111/gcb.12580>
- Urrego, L. E., Galeano, A., Peñuela, C., Sánchez, M., & Toro, E. (2016). Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. *Plant Ecology*, *217*(10), 1207–1218. <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0647-0>

Anexos

Anexo 1: Instrumento 1

FICHA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO			
Datos generales			
Nombre del estudio			
Elaborado por			
Departamento			
Provincia			
Descripción de la zona de muestreo			
Coordenadas UTM de la zona 1			
Coordenadas UTM de la zona 2			
Datos específicos			
Fecha		Hora	
Época		Tiempo	

Fuente: Elaboración propia

Yaroy Quinteros
CBP: 6917

Victor Kenny

VICTOR KENNY
VALDIVIESO BRAVO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 162071

Johnny Jeffrey Coronel Ramirez
 JOHNNY JEFFRY CORONEL RAMIREZ
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 74257

Anexo 2: Validación del instrumento 1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Quinteros Gómez, Yakov
 1.2. Cargo e institución donde labora: profesor - UAEM
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Botánico
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de ubicación de la zona de muestreo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Hans, Inoel Rivas Vidal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

99 %

Lima, 27 de octubre del 2018

Yakov Quinteros
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....6917.....
 DNI No..... Telf:.....

Anexo 3: Validación de instrumento 1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Valdiviezo Brava Kenny Victor
 1.2. Cargo e institución donde labora: Dir. de proyectos en área 2 zona
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Química
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de ubicación de la zona de muestreo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Hans Joel Rivas Vidal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

93.5 %

Lima, 20 de octubre del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP. 183031

DNI No. Telf.:

Anexo 4: Validación de instrumento 1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Coronel Ramirez, Johnny Jeffrey
 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental - J.T.C. Aspa Asociados
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. geógrafo
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de ubicación de la zona de muestreo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Herns, Joel Rivas U. del

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 26 de octubre del 2018

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP. 11.55.41.....

DNI No..... Telf:.....

Anexo 5: Instrumento 2

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS			
Datos generales			
Nombre del estudio			
Elaborado por			
Departamento			
Provincia			
Datos del punto de muestreo			
Nombre y ubicación del punto de muestreo			
Descripción del punto de muestreo			
Coordenadas UTM			
Datos de la muestra			
Etiqueta		Textura	
Fecha		Hora	
Diámetro		Profundidad	

Fuente: Elaboración propia

Yaroy Quinteros
CBP: 6917

Victor Kenany

VICTOR KENANY
VALDIVIESO BRAVO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 162071

Johnny Jeffry Coronel Ramirez
 JOHNNY JEFFRY CORONEL RAMIREZ
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 74257

Anexo 6: Validación de instrumento 2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dunkes Gónez, Yaxov
 1.2. Cargo e institución donde labora: profesor - V.AEM
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Batúnico
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Hans Joel Rivas Vidal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 27 de octubre del 2018.

Yaxov Dunkes
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 69.17
 DNI No. Telf:

Anexo 7: Validación de instrumento 2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valdiviazo Bravo, Víctor Kenny
 1.2. Cargo e institución donde labora: Jefe de proyectos - Mesa 2 zona
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Química
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Hans Noel Rivas Vidal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

93 %

Lima, 20 de octubre del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP...182071.....

DNI No..... Telf:.....

Anexo 8: Validación de instrumento 2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Coronel Ramirez, Johnny Jeffry
 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental - J.J. Corp. Asociados
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Geografía
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de suelos
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Hans Thael Rivas Vidal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

99 %

Lima, 26 de octubre del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 115495
 DNI No. Telf:

Anexo 9: Instrumento 3

FICHA DE RESULTADOS DE LABORATORIO					
Datos generales					
Nombre del estudio					
Elaborado por					
Departamento					
Provincia					
Unidad de suelo	Parcela	Repeticiones	Parámetro	Unidad	Resultado

Fuente: Elaboración propia

Yaroy Quinteros
CBP: 6917

[Signature]

VICTOR KENNY
VALDIVIESO BRAVO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP Nº 152071

[Signature]
JOHNNY JEFFRY CORONEL RAMIREZ
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. del Colegio de Ingenieros Nº 74257

Anexo 10: Validación de instrumento 3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Quinteros Gomez, Yaker
 1.2. Cargo e institución donde labora: Profesor - UAEM
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Botánico
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de resultados de Laboratorio
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Haus, Thael, Rivas Vidal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S ₁

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

99.5 %

Lima, 27 de octubre del 2018

Yaker Quinteros
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP...6.217.....
 DNI No..... Telf:.....

Anexo 12: Validación de instrumento 3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Rojas Ramirez, Johnny Jeffry
 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental - TJCORPA Asociados
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Geografía
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de resultados de laboratorio
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Hous J. del Rivas Vidal

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

100 %

Lima, 26 de octubre del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 115495
 DNI No. Telf.:

Anexo 13: Informe de ensayo de laboratorio



INFORME DE ENSAYO N° 190560-001

Nombre del Solicitante : HANS JHOEL RIVAS VIDAL
Domicilio Legal : Calle Los Mercurios Mz. J1 Lote 11 Urb. Rosario del Norte - San Martin de Porres
Solicitado Por : HANS JHOEL RIVAS VIDAL

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Cuenca del Río Huascayacu - Provincia Moyobamba - Departamento San Martín
Plan de Muestreo : Realizada por CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C. (**)
Referencia : NS 19023087
Cantidad de Muestras : 9
Fecha de Muestreo : 05 de Mayo de 2019
Fecha de Recepción : 05 de Mayo de 2019
Fecha de Inicio de Ensayos : 05 de Mayo de 2019
Condiciones de Recepción : En aparente buen estado

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Humedad (%)	ASTM D2216 - 19
Porosidad (%)	-
Densidad (g/cm³)	ASTM D1556 / D1556M - 15e1
pH (°)	EPA METHOD 8045 D Rev. 4
TRICHALOMETANOS (TMH) (°)	EPA Method 8260 C Rev. 3
Materia Orgánica (%)	-

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Observaciones:

Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

INFORME DE ENSAYO N° 190560-001

		Parcela 1	Parcela 1	Parcela 1
Código de Cliente				
Código de Laboratorio		NS 19023087(1)	NS 19023087(2)	NS 19023087(3)
Tipo de Producto		SUELO (Aguajal Natural)	SUELO (Aguajal Natural)	SUELO (Aguajal Natural)
Fecha de Muestreo		10/05/2019	10/05/2019	10/05/2019
Hora de Muestreo		09:30 a.m.	09:30 a.m.	09:30 a.m.
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E 264370.62 N 9343681.42	E 264370.62 N 9343681.42	E 264370.62 N 9343681.42
Ensayos	Unidad	Resultados		
Humedad	%	45,3	45,1	45,7
Porosidad	%	0,66	0,65	0,69
Densidad	g/cm ³	0,75	0,75	0,74
pH	-	6,8	6,79	6,81
Materia Orgánica	%	1,43	1,42	1,41
Metano	kgCH ₄	0,027	0,025	0,026

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

		Parcela 2	Parcela 2	Parcela 2
Código de Cliente				
Código de Laboratorio		NS 19023087(1)	NS 19023087(2)	NS 19023087(3)
Tipo de Producto		SUELO (Aguajal Natural)	SUELO (Aguajal Natural)	SUELO (Aguajal Natural)
Fecha de Muestreo		10/05/2019	10/05/2019	10/05/2019
Hora de Muestreo		10:00 a.m.	10:00 a.m.	10:00 a.m.
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E 264370.62 N 9343681.42	E 264370.62 N 9343681.42	E 264370.62 N 9343681.42
Ensayos	Unidad	Resultados		
Humedad	%	43,2	43,2	43,4
Porosidad	%	0,72	0,68	0,69
Densidad	g/cm ³	0,73	0,74	0,74
pH	-	4,47	4,48	4,46
Materia Orgánica	%	1,9	1,84	1,88
Metano	kgCH ₄	0,025	0,019	0,022

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

		Parcela 3	Parcela 3	Parcela 3
Código de Cliente				
Código de Laboratorio		NS 19023087(1)	NS 19023087(2)	NS 19023087(3)
Tipo de Producto		SUELO (Aguajal Natural)	SUELO (Aguajal Natural)	SUELO (Aguajal Natural)
Fecha de Muestreo		10/05/2019	10/05/2019	10/05/2019
Hora de Muestreo		10:30 a.m.	10:30 a.m.	10:30 a.m.
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E 264370.62 N 9343681.42	E 264370.62 N 9343681.42	E 264370.62 N 9343681.42
Ensayos	Unidad	Resultados		
Humedad	%	45,9	45,7	45,7
Porosidad	%	0,65	0,7	0,68
Densidad	g/cm ³	0,75	0,74	0,74
pH	-	6,48	6,47	6,49
Materia Orgánica	%	1,18	1,25	1,23
Metano	kgCH ₄	0,017	0,022	0,024

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Emitido en Lima, el 16 de Mayo de 2019

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC



Ing. Erick Angeles Peña
Coordinador de Laboratorio Ambiental
CIP N° 153765



INFORME DE ENSAYO N° 190560-002

Nombre del Solicitante : HANS JOEL RIVAS VIDAL
Domicilio Legal : Calle Los Mercurios Mz. J1 Lote 11 Urb. Rosario del Norte - San Martín de Porres
Solicitado Por : HANS JOEL RIVAS VIDAL

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Cuenca del Río Huascayacu - Provincia Moyobamba - Departamento San Martín
Plan de Muestreo : Realizada por CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C. (**)
Referencia : NS 19023087
Cantidad de Muestras : 9
Fecha de Muestreo : 05 de Mayo de 2019
Fecha de Recepción : 05 de Mayo de 2019
Fecha de Inicio de Ensayos : 05 de Mayo de 2019
Condiciones de Recepción : En aparente buen estado

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Humedad (*)	ASTM D2216 - 19
Porosidad (*)	-
Densidad (*)	ASTM D1556 / D1556M - 15e1
pH (*)	EPA METHOD 5045 D Rev. 4
TRICHALOMETANOS (TMH) (*)	EPA Method 8260 C Rev. 3
Materia Orgánica (*)	-

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Observaciones:

Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un período de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

INFORME DE ENSAYO N° 190560-002

Código de Cliente	Parcela 1	Parcela 1	Parcela 1	
Código de Laboratorio	NS 19023087(1)	NS 19023087(2)	NS 19023087(3)	
Tipo de Producto	SUELO (Cultivo de Arroz)	SUELO (Cultivo de Arroz)	SUELO (Cultivo de Arroz)	
Fecha de Muestreo	10/05/2019	10/05/2019	10/05/2019	
Hora de Muestreo	11:00 a.m.	11:00 a.m.	11:00 a.m.	
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 264364.62 N 9343681.42	E 264364.62 N 9343681.42	E 264364.62 N 9343681.42	
Ensayos	Unidad	Resultados		
Humedad	%	38,36	38,37	38,34
Porosidad	%	0,64	0,56	0,66
Densidad	g/cm ³	0,76	0,79	0,75
pH	-	4,43	4,39	4,42
Materia Orgánica	%	1,42	1,43	1,44
Metano	kgCH ₄	0,032	0,031	0,03

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Código de Cliente	Parcela 2	Parcela 2	Parcela 2	
Código de Laboratorio	NS 19023087(1)	NS 19023087(2)	NS 19023087(3)	
Tipo de Producto	SUELO (Cultivo de Arroz)	SUELO (Cultivo de Arroz)	SUELO (Cultivo de Arroz)	
Fecha de Muestreo	10/05/2019	10/05/2019	10/05/2019	
Hora de Muestreo	11:30 a.m.	11:30 a.m.	11:30 a.m.	
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 264364.62 N 9343681.42	E 264364.62 N 9343681.42	E 264364.62 N 9343681.42	
Ensayos	Unidad	Resultados		
Humedad	%	39,46	39,53	39,53
Porosidad	%	0,6	0,66	0,64
Densidad	g/cm ³	0,77	0,74	0,76
pH	-	6,3	6,32	6,31
Materia Orgánica	%	1,25	1,24	1,23
Metano	kgCH ₄	0,028	0,029	0,03

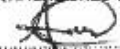
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Código de Cliente	Parcela 3	Parcela 3	Parcela 3	
Código de Laboratorio	NS 19023087(1)	NS 19023087(2)	NS 19023087(3)	
Tipo de Producto	SUELO (Cultivo de Arroz)	SUELO (Cultivo de Arroz)	SUELO (Cultivo de Arroz)	
Fecha de Muestreo	10/05/2019	10/05/2019	10/05/2019	
Hora de Muestreo	12:00 p.m.	12:00 p.m.	12:00 p.m.	
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 264364.62 N 9343681.42	E 264364.62 N 9343681.42	E 264364.62 N 9343681.42	
Ensayos	Unidad	Resultados		
Humedad	%	38,35	38,4	38,45
Porosidad	%	0,68	0,73	0,63
Densidad	g/cm ³	0,74	0,73	0,76
pH	-	6,21	6,22	6,23
Materia Orgánica	%	1,41	1,4	1,43
Metano	kgCH ₄	0,027	0,025	0,026

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Emitido en Lima, el 16 de Mayo de 2019

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC



Ing. Erick Angeles Peña
Coordinador de Laboratorio Ambiental
CIP N° 153765

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE.

OTORGA la presente Renovación de la Acreditación a:

CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C. - CERTIFICIAL S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración,
para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: Av. Sucre N° 1361, Pueblo Libre, distrito de Lima, provincia de Lima, y departamento de Lima.

Fecha de Acreditación: 22 de agosto de 2015

Fecha de Vencimiento: 22 de agosto de 2019

Registro N° LE - 045
Fecha de emisión: 05 de enero de 2016
DA-acr-01P-02M Ver. 00

Augusto Mello Romero
Director - Dirección de Acreditación

Anexo 14: Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES											
			Comparación de suelos de aguajal natural y de cultivos de arroz en la generación de metano en la cuenca del río Huascayacu - San Martín - 2019											
			VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN						
¿Cómo será la 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?	Evaluar la 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.	La comparación de suelos de aguajal natural es mayor que la del cultivo de arroz en la generación de metano en la cuenca del río Huascayacu – San Martín – 2019.	INDEPENDIENTE: Suelo de aguajal natural y del cultivo de arroz	Se entiende como aguajal natural a las áreas pantanosas donde crece la palmera aguaje y como arrozales son terrenos donde se realiza los cultivos de arroz y la forma de vida en torno a él (Ávila et al., 2016)	Inicialmente se caracterizarán las características físicas del suelo y seguidamente las características químicas del suelo. Respecto a las condiciones ambientales se tomarán en campo	Características físicas de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz	Humedad	%						
							Porosidad	%						
							Densidad Aparente	gr/cm3						
¿Cómo será la comparación de las características físicas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano? ¿Existe alguna relación en el contenido de metano en zonas donde predominan los aguajales adultos, jóvenes y no presencia de aguajales?	Evaluar la comparación de las características físicas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz.	La comparación de las características físicas de suelos de aguajal natural es mayor que la de cultivo de arroz en la generación de metano.				INDEPENDIENTE: Suelo de aguajal natural y del cultivo de arroz	Se entiende como aguajal natural a las áreas pantanosas donde crece la palmera aguaje y como arrozales son terrenos donde se realiza los cultivos de arroz y la forma de vida en torno a él (Ávila et al., 2016)	Inicialmente se caracterizarán las características físicas del suelo y seguidamente las características químicas del suelo. Respecto a las condiciones ambientales se tomarán en campo	Características químicas de los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz	pH	Rango 1-14			
										Materia Orgánica	%			
									¿Cómo será la comparación de las características	Evaluar la comparación de las características químicas de suelos de	La comparación de las características químicas de suelos de	INDEPENDIENTE: Suelo de aguajal natural y del cultivo de arroz	Se entiende como aguajal natural a las áreas pantanosas donde crece la palmera aguaje y como arrozales son terrenos donde se realiza los cultivos de arroz y la forma de vida en torno a él (Ávila et al., 2016)	Inicialmente se caracterizarán las características físicas del suelo y seguidamente las características químicas del suelo. Respecto a las condiciones ambientales se tomarán en campo
Tiempo	°C													
Época	Estaciones del año													
Humedad Relativa	%													

químicas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano?	aguajal natural y del cultivo de arroz.	aguajal natural es menor que la de cultivo de arroz en la generación de metano.	DEPENDIENTE: Generación de metano	El metano es uno de los seis gases de efecto invernadero que según el protocolo de Kyoto se propone reducir para el año 2030 por su peligrosidad y contribución en el cambio climático del planeta (IPCC, 2014).	Para estimar el contenido de metano en el suelo, se tomaron muestras tanto en aguajales y arrozales, y en el laboratorio se determinó la cantidad de metano con el equipo GX-6000	Generación de metano en suelos de aguajal natural arroz	Emisión de metano en suelo de aguajal natural	
¿Cómo será la comparación de las condiciones climáticas para los suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz en la generación de metano?	Evaluar la comparación de las condiciones climáticas de suelos de aguajal natural y del cultivo de arroz.	La comparación de las condiciones climáticas de suelos de aguajal natural es menor que la de cultivo de arroz en la generación de metano.				Generación de metano en suelos de cultivo de arroz	Emisión de metano en suelo del cultivo de arroz	kgCH4
							Estimación de la emisión de metano en suelo del cultivo de arroz por hectárea	kgCH4ha-1