

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



EFFECTO DEL MANEJO CONVENCIONAL DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN
INDICADORES FISICOQUIMICOS DEL SUELO DEL FUNDO MERCEDES Y
PÉREZ EN YURIMAGUAS-LORETO

Tesis para optar el Título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES,
MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

DANIEL TRIGOSO BECERRIL

TINGO MARÍA – PERÚ

2021



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 011-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 02 de marzo de 2021, a horas 11:00 a.m. en la Sala virtual Microsof Teams de del Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DEL MANEJO CONVENCIONAL DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN INDICADORES FISICOQUIMICOS DEL SUELO DEL FONDO MERCEDES Y PÉREZ EN YURIMAGUAS-LORETO”

Presentado por el Bachiller: **TRIGOSO BECERRIL, DANIEL**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 23 de Abril de 2021

Ing. M. Sc. JOSE LEYANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. JAIME J. CHAVEZ MATIAS
MIEMBRO

Ing. M. Sc. ERLE OTTO J. BUSTAMANTE SCAGLIONI
MIEMBRO

Ing. M. Sc. NELINO FLORIDA ROFNER
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 099 - 2021 - CP-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DEL MANEJO CONVENCIONAL DEL ARROZ (Oryza sativa L.) EN INDICADORES FISICOQUIMICOS DEL SUELO DEL FUNDO MERCEDES Y PÉREZ EN YURIMAGUAS-LORETO	DANIEL TRIGOSO BECERRIL	24% Veinticuatro

Tingo María, 01 de julio de 2021


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

DEDICATORIA

A Dios, por orientarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desistir en los problemas que se presentaron, enseñándome a enfrentar y superar las limitaciones sin perder los buenos valores.

A mis queridos padres: Miguel Andrés, Trigoso Arriaga y Julia, Mercedes Becerril; mis hermanas Leticia y Elizabeth Trigoso Becerril por sus consejos, comprensión, amor, que me formaron como persona y permitieron lograr mis objetivos y metas.

A mi esposa Cris Vanessa Robalino Rengifo y mi hijo Matheus Marcello Trigoso Robalino, que han sido mi inspiración durante todo este tiempo; les agradezco por estar cuando los necesité y así aportar en mi proyecto profesional.

El autor

AGRADECIMIENTOS

A Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites disfrutar de todos mis logros que son resultado de tu ayuda, los obstáculos me sirven para mejorar como ser humano. La tesis ha sido una bendición en todo sentido y estaré agradecido, pues la meta está cumplida.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haber permitido formarme, gracias a todos los docentes que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes con sus aportes, que hoy se ve reflejada en la culminación de mi paso por la universidad.

Al Dr. Nelino Florida Rofner, por el asesoramiento en la formulación del proyecto, la ejecución, redacción y sustentación de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Arroz	4
2.1.1. Generalidades	4
2.1.2. Bioclima y clasificación	5
2.2. Requerimiento de suelo y nutrientes	6
2.2.1. Nitrógeno	7
2.2.2. Fosforo	8
2.2.3. Potasio	9
2.3. Sistemas de producción de arroz bajo riego	10
2.4. Preparación del suelo	12
2.4.1. Fangueo en el cultivo del arroz	13
2.4.2. Efectos de la preparación de suelo	14
2.5. Siembra y fertilización	15
2.6. Control de malezas	18
2.7. Antecedentes	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Área de estudio	25
3.2. Clasificación ecogeográfica del área de estudio	26
3.3. Características climáticas	26
3.4. Características hidrográficas	26

3.5.	Materiales y equipos	27
3.6.	Metodología	27
3.6.1.	Tipo y nivel de investigación	27
3.6.2.	Diseño de la investigación	28
3.7.	Áreas en estudio	28
3.7.1.	Arroz con manejo convencional	28
3.7.2.	Bosque secundario	33
3.8	Muestreo y análisis de datos	34
3.8.1.	Análisis físico químico del suelo	34
3.8.2	Análisis estadístico	35
3.9.	Variables de estudio	36
IV.	RESULTADOS	37
4.1.	Indicadores físicos	37
4.2.	Indicadores químicos	38
4.3.	Efecto del manejo convencional sobre indicadores fisicoquímicos	39
V.	DISCUSIÓN	43
5.1.	Sobre indicadores físicos	43
5.2.	Sobre indicadores químicos	44
5.3.	Sobre los efectos del manejo convencional en indicadores fisicoquímicos	47
VI.	CONCLUSIÓN	50
VII.	RECOMENDACIONES	52
VIII.	ABSTRACT	53
IX.	REFERENCIAS	54
X.	ANEXO	59

10.1	Análisis general y estadístico de indicadores físicos	59
10.2.	Análisis estadístico de indicadores químicos	64
10.3.	Análisis de suelo	81

Índice de cuadros

Cuadro	Página
1. Plan de manejo del cultivo de arroz	31
2. Indicadores fisicoquímicos del suelo a evaluarse	35
3. Modelo del análisis de varianza	36
4. Estadística de las fracciones y clase textural	37
5. Estadística de indicadores químicos de fertilidad	38
6. Estadística de indicadores químicos intercambiables	39
7. Comparaciones múltiples de los indicadores físicos	40
8. Comparaciones múltiples de los indicadores químicos de fertilidad	41
9. Comparaciones múltiples de indicadores químicos intercambiables	42
10. Análisis de fracciones y clasificación de la textura	59
11. Análisis de varianza de la fracción arena en estrato 0.0-0.2 m	60
12. Prueba de Tukey para la fracción arena en estrato 0.0-0.2 m	60
13. Análisis de varianza de la fracción arcilla en estrato 0.0-0.2 m	60
14. Prueba de Tukey para la fracción arcilla en estrato 0.0-0.2 m	61
15. Análisis de varianza de la fracción limo en estrato 0.0-0.2 m	61
16. Prueba de Tukey para la fracción limo en estrato 0.0-0.2 m	61
17. Análisis de varianza de la fracción arena en estrato 0.2-0.4 m	62
18. Prueba de Tukey para la fracción arena en estrato 0.2-0.4 m	62
19. Análisis de varianza de la fracción arcilla en estrato 0.2-0.4 m	62
20. Prueba de Tukey para la fracción arcilla en estrato 0.2-0.4 m	63
21. Análisis de varianza de la fracción limo en estrato 0.2-0.4 m	63
22. Prueba de Tukey para la fracción limo en estrato 0.2-0.4 m	63
23. Análisis general de indicadores químicos de fertilidad	64

24. Análisis general de indicadores químicos intercambiables	65
25. Análisis de varianza del pH en estrato 0.0-0.2 m	66
26. Prueba de Tukey para el pH en estrato 0.0-0.2 m	66
27. Análisis de varianza del pH en estrato 0.2-0.4 m	66
28. Prueba de Tukey para el pH en estrato 0.2-0.4 m	67
29. Análisis de varianza de la MO en estrato 0.0-0.2 m	67
30. Prueba de Tukey para la MO en estrato 0.0-0.2 m	67
31. Análisis de varianza de la MO en estrato 0.2-0.4 m	68
32. Prueba de Tukey para la MO en estrato 0.2-0.4 m	68
33. Análisis de varianza del N en estrato 0.0-0.2 m	68
34. Prueba de Tukey para el N en estrato 0.0-0.2 m	69
35. Análisis de varianza del N en estrato 0.2-0.4 m	69
36. Prueba de Tukey para el N en estrato 0.2-0.4 m	69
37. Análisis de varianza del P en estrato 0.0-0.2 m	70
38. Prueba de Tukey para el P en estrato 0.0-0.2 m	70
39. Análisis de varianza del P en estrato 0.2-0.4 m	70
40. Prueba de Tukey para el P en estrato 0.2-0.4 m	71
41. Análisis de varianza del K ⁺ en estrato 0.0-0.2 m.....	71
42. Análisis de varianza del K ⁺ en estrato 0.2-0.4 m	71
43. Análisis de varianza del Ca en estrato 0.0-0.2 m	72
44. Prueba de Tukey para el Ca ²⁺ en estrato 0.0-0.2 m	72
45. Análisis de varianza del Ca en estrato 0.2-0.4 m	72
46. Prueba de Tukey para el Ca ²⁺ en estrato 0.2-0.4 m	73
47. Análisis de varianza del Mg ²⁺ en estrato 0.0-0.2 m	73
48. Prueba de Tukey para el Mg ²⁺ en estrato 0.0-0.2 m	73

49. Análisis de varianza del Mg^{2+} en estrato 0.2-0.4 m	74
50. Prueba de Tukey para el Mg^{2+} en estrato 0.2-0.4 m	74
51. Análisis de varianza del Al^{3+} en estrato 0.0-0.2 m	74
52. Prueba de Tukey para el Al^{3+} en estrato 0.0-0.2 m	75
53. Análisis de varianza del Al^{3+} en estrato 0.2-0.4 m	75
54. Prueba de Tukey para el Al^{3+} en estrato 0.2-0.4 m	75
55. Análisis de varianza de la CIC en estrato 0.0-0.2 m	76
56. Prueba de Tukey para la CIC en estrato 0.0-0.2 m	76
57. Análisis de varianza de la CIC en estrato 0.2-0.4 m	76
58. Prueba de Tukey para la CIC en estrato 0.2-0.4 m	77
59. Análisis de varianza de las BC en estrato 0.0-0.2 m	77
60. Prueba de Tukey para las BC en estrato 0.0-0.2 m	77
61. Análisis de varianza de las BC en estrato 0.2-0.4 m	78
62. Prueba de Tukey para las BC en estrato 0.2-0.4 m	78
63. Análisis de varianza de la AC en estrato 0.0-0.2 m	78
64. Prueba de Tukey para la AC en estrato 0.0-0.2 m	79
65. Análisis de varianza de la AC en estrato 0.2-0.4 m	79
66. Prueba de Tukey para la AC en estrato 0.2-0.4 m	79
67. Análisis de varianza de la SAI en estrato 0.0-0.2 m	80
68. Prueba de Tukey para la SAI en estrato 0.0-0.2 m	80
69. Análisis de varianza de la SAI en estrato 0.2-0.4 m	80
70. Prueba de Tukey para la SAI en estrato 0.2-0.4 m	81

Índice de figuras

Figura	Página
1 Localización geográfica del área de estudio, Fundo Mercedes y Peres (C), Yurimaguas en Alto Amazonas (B) y región Loreto-Peru (A)	25
2. Limpieza del terreno (A), construcción de bordes, accesos y drenes (B)	29
3. Procedimiento de rastreo (A), fangueo (B) y nivelación de pozas (C)	30
4. Instalación en campo definitivo	31
5. Maquinaria cosechadora de arroz	32
6. Bosque secundario	33
7. Muestreo de suelos con arroz de un año (A), cinco años (B y D) y nueve años (C)	34

RESUMEN

El Perú posee áreas con gran potencial para la producción de arroz bajo riego en diferentes regiones, sin embargo, está basada en el manejo convencional del cultivo. Por ello, la investigación evaluó el efecto del manejo convencional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego en indicadores fisicoquímicos del suelo, en los fundos Mercedes y Pérez, en Yurimaguas, provincia Alto Amazonas, región Loreto. Es una investigación no experimental correlacional, con ajuste estadístico de diseño completamente aleatorizado, donde los tratamientos lo constituyen el bosque secundario (BS) y las áreas con manejo convencional del arroz de: uno (A1), cinco (A5) y nueve años (A9); evaluándose indicadores físicos y químicos del suelo. Los resultados mostraron diferencias significativas en las fracciones arena limo y arcilla, con reducción inicial de arena, limo e incremento de arcilla y en el tiempo ligera recuperación de la fracción arena, limo y reducción de arcilla; los indicadores químicos en los diferentes tratamientos y estratos presentan diferencias significativas, excepto el K, el manejo afecta al inicio del proceso productivo (A1) reduciendo los niveles de pH, MO, N, P, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ e incremento de Al³⁺, AC y SAI, y se aprecia una recuperación en el tiempo (A9), excepto los niveles de MO y N que descienden a niveles muy bajos. Se concluye que el manejo convencional aplicado muestra efectos significativos en los diferentes indicadores fisicoquímicos en ambos estratos, afectando negativamente al inicio (A1) y recuperándose con el tiempo (A9), sin embargo, se advierte efectos negativos a largo plazo.

Palabras clave: fertilización química, indicadores físicos, indicadores químicos, materia orgánica, residuos de cosecha.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú posee áreas con gran potencial para la producción de arroz bajo riego en diferentes regiones, que en los últimos 17 años (periodo 2001-2017) se tiene un crecimiento con tendencia ascendente en la producción del país, pues la superficie cosechada creció 2 % y el rendimiento creció 0.4 % promedio por año; las regiones con mayor producción de arroz en cascara son: San Martín con 27 % de participación, Lambayeque 13, Piura 12 %, Amazonas 10 % y la Libertad con 7 % (Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, 2018).

Las regiones donde se obtienen mayores cosechas al 2017, fueron San Martín, Piura y Lambayeque, y un indicador importante es el rendimiento, el promedio nacional es de 7.2 t. ha⁻¹, mientras que Loreto solo presenta una media de 2.9 t. ha⁻¹, ocupando el puesto 13 a nivel nacional. Por lo que, la producción en esta región está lejos de la media nacional y de la media de regiones como Arequipa (13.9 t. ha⁻¹), Ancash (11.9 t. ha⁻¹), Tumbes (8.5 t. ha⁻¹), y Lambayeque con 8 t. ha⁻¹ (MINAGRI, 2018). Además, la producción en estas zonas está basada en el manejo convencional del cultivo, con malas prácticas agrícolas, control de plagas con agroquímicos, control de malezas con herbicidas y uso intensivo de fertilizantes químicos, que han contribuido a que en algunas regiones disminuya el rendimiento medio.

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un grano alimenticio esencial para aproximadamente la mitad de la humanidad (DAS *et al.*, 2014; CAY, 2018; LV *et al.*, 2018), siendo un componente básico en la estabilidad política, económica, social y nuestra supervivencia (QUEVEDO *et al.*, 2019) y con aportes importantes en la economía, solo en Perú, tiene gran impacto en la generación de puestos de trabajo, porque el cultivo se realiza manualmente en más del 95 % del área cultivada, el proceso requiere en promedio 130 jornales. ha⁻¹, el cual generó en el año 2017 un aproximado de 222 mil empleos permanentes (SANJINEZ, 2019). Por tanto, la estabilidad económica y la seguridad alimentaria depende en gran medida de la disponibilidad de este grano (SANJINEZ, 2019; EFFENDI *et al.*, 2021).

En este contexto, es necesario evaluar los efectos que genera el manejo actual sobre los principales indicadores fisicoquímicos del suelo. Por ello, se formuló el problema general ¿Cuál es la variación de los indicadores fisicoquímicos de los suelos con manejo convencional del arroz bajo riego en los fundos Mercedes y Pérez en la zona de Yurimaguas, provincia Alto Amazonas-Loreto? Ante esta interrogante la respuesta hipotética es “los indicadores fisicoquímicos del suelo varían negativamente con la aplicación del manejo convencional en la producción de arroz bajo riego de los fundos Mercedes y Pérez en la zona de Yurimaguas, provincia Alto Amazonas-Loreto”. Los resultados servirán a los agricultores y a las instituciones de apoyo técnico como información base para mejorar sus propuestas orientadas hacia un manejo viable económica y técnica en la producción, la conservación del suelo y mantener el

potencial productivo en nuestro país. Por ello, la investigación trabajó con los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del manejo convencional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego en indicadores fisicoquímicos del suelo, en los fundos Mercedes y Pérez, en Yurimaguas, provincia Alto Amazonas-región Loreto.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el indicador físico, textura (fracción arena, arcilla y limo) en estratos de 0.0 a 0.2 y 0.2 a 0.4 m de profundidad.
- Determinar indicadores químicos: pH, MO, N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H⁺, CIC, %BC, %AC y %SAI, en estratos de 0.0 a 0.2 y 0.2 a 0.4 m de profundidad
- Determinar el efecto generado por el manejo convencional sobre indicadores fisicoquímicos, a través de las comparaciones múltiples HSD-Tukey, según los tratamientos y estratos de los suelos evaluados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Arroz

2.1.1. Generalidades

Es un grano alimenticio esencial para aproximadamente la mitad de la humanidad (CAY, 2018; LV *et al.*, 2018), siendo un componente básico en la estabilidad política, económica y social, y para en cierto grado, en nuestra supervivencia (QUEVEDO *et al.*, 2019; SANJINEZ, 2019). Además, después del trigo es el cereal más consumido a nivel mundial, cultivándose en la actualidad en más de 113 países a lo largo del planeta, excepto la Antártida, y por la escala de su dependencia; representa la base de la nutrición en un tercio de la población humana (RUIZ *et al.*, 2005). Por tanto, la seguridad de la nutrición depende de la disponibilidad de este grano (EFFENDI *et al.*, 2021).

En el Perú en los últimos 17 años (periodo 2001-2017) la producción nacional experimenta un crecimiento con tendencia ascendente, pues la superficie cosechada creció 2 % y el rendimiento creció 0.4 % promedio por año; las principales regiones productoras en cascara son: San Martín con 27 % de participación, Lambayeque 13, Piura 12 %, Amazonas 10 % y la Libertad con 7 % (Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, 2018). El rendimiento, mostró una tendencia creciente a nivel nacional entre el 2001-2017, en 2001 el rendimiento medio fue de 6.76 t. ha⁻¹ y en 2017 una media de 7.19 t. ha⁻¹, (MINAGRI, 2018; SANJINEZ, 2019).

El arroz cumple un rol importante en el desarrollo agrícola y la economía rural en Latinoamérica y el Caribe; en Perú, tiene gran impacto en la generación de empleo, ya que aproximadamente el 95 % de las actividades en las áreas cultivadas se realizan manualmente, el proceso requiere en promedio 130 jornales. ha⁻¹, generando en el 2017 aproximadamente 222 mil puestos de trabajo estables (SANJINEZ, 2019).

2.1.2. Bioclima y clasificación

El arroz es una planta con exigencias particulares, se cultiva bajo inundación periódica y permanente en la mayor parte de su ciclo vegetativo (RUIZ *et al.*, 2016). Además, se cultiva en una variedad de climas, que van desde los 45° de LN a los 40° de LS y desde 0 hasta 2500 msnm (MORALES, 2004).

En lo relativo a temperatura, necesita mínimo 10-13 °C y una máxima entre 30 y 35 °C, para una óptima germinación. El crecimiento en general requiere temperaturas próximas a 23 °C, superiores a ésta hay mayor crecimiento, pero, con tejidos poco resistentes al ataque de enfermedades (SANJINEZ, 2019); se considera un cultivo muy particular adaptado a zonas de climas cálidas y húmedas con altas temperaturas; estas condiciones permiten que la temperatura, longitud del día, disponibilidad de agua sean muy variadas (MORALES, 2004; SANJINEZ, 2019).

El arroz se clasifica, según JARA (2003) como sigue:

Reyno: Vegetal

División: Embryophitas

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Monocotiledónea

Orden: Graminedaes

Familia: Gramineae

Subfamilia: Panicoidea

Tribu: Orizeae

Género: *Oryza*

Especie: *Oryza sativa* L.

2.2. Requerimiento de suelo y nutrientes

SANJINEZ (2019) afirma que los suelos más adecuados para el arroz bajo riego son los de texturas finas, entre ellas: arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa; el terreno debe ser plano o ligeramente inclinado en caso de siembra en seco. Se recomienda no cultivar en suelos ácidos o fuertemente ácidos ($\text{pH} \leq 4.5$) y suelos salinos ($\text{pH} \geq 8.0$), el óptimo varía entre 5.5 y 6.5. Además, la presencia de sales es perjudicial para la planta y los suelos con influencia de mareas no se recomiendan para el cultivo de arroz; los suelos arenosos también no son recomendables, por tener baja capacidad de intercambio, poca habilidad para retener agua y perder nutrientes por lavado.

2.2.1. Nitrógeno

En suelos con producción de arroz, el N es un macronutriente esencial y limitante, con capacidad de controlar la productividad primaria de los cultivos, en especial del arroz. Conocer las transformaciones del N en sistemas inundadas es importante para mantener los niveles deseados y para conservar

la calidad del agroecosistema. La mineralización del N se da en tres etapas: aminización, transformación de proteínas en aminas; amonificación, transformación de aminas en NH_4^+ ; y nitrificación, transformación del amonio a nitrato, con una etapa intermedia corta de formación de NO_2 . Las tasas de mineralización del N dependen de la temperatura, relación C/N, pH, tipo de arcillas y humedad del suelo (GABRIEL, 2014).

El nitrógeno presenta distintos estados de oxidación -3 (NH_3) a +5 (NO_3^-), y debido a este amplio rango en el número de oxidación provoca numerosas reacciones de oxido-reducción, los procesos de mineralización y disponibilidad del nitrógeno del suelo están limitadas por diversos factores ambientales y técnicas de manejo de los cultivos, incluyen las plantas no deseadas presentes en el área que compiten entre ellas; los factores como temperatura, humedad y distintas técnicas de manejo, adición de enmiendas orgánicas, fertilizantes y encalados, influyen sobre la mineralización y su disponibilidad en el suelo.

El nitrógeno mineral en suelos cultivados presenta mayores niveles en comparación a los no cultivados, por la disminución en las pérdidas y al suministro de N mineral a través de la fertilización durante el proceso de producción del arroz (MORALES, 2004). El nitrógeno es un elemento esencial que actúa como regulador del crecimiento y promueve la reproducción celular, y por ende, el crecimiento en general de la planta (BARAHONA *et al.*, 2019).

2.2.2. Fosforo

Es el segundo macronutriente del suelo que influye en la producción del arroz, por su participación en la producción de materia seca. El P en el suelo está compuesto por el P en solución, lábil y no lábil; el primero es el P adsorbido a la superficie de la fase sólida en equilibrio con la solución del suelo, y se encuentra formando ligandos con el Al estructural de las arcillas. En caso de suelos rojos ácidos esta unión está vinculada a los óxidos de hierro. En suelos con altos contenidos de Ca y de carbonatos, presenta comportamientos similares a los anteriores (MORALES, 2004).

El comportamiento del P en suelos bajo riego es distinto a los de secano; la dinámica del P en suelos total o parcialmente inundado contempla procesos muy complejos, frecuentemente inicialmente genera ligero incremento en la disponibilidad de P nativo y se observa luego una disminución en la etapa de anegamiento. Este comportamiento ha sido asociado con los cambios del estado de oxidación y reducción del Fe (AGUILAR, 2010).

BACHA (2002) explica que el aumento de los niveles de P en la solución del suelo es debido a:

- La transformación de fosfatos férricos a fosfatos ferrosos.
- La disponibilidad de fosfatos solubles en soluciones reductoras, provocado por la disolución de capas previamente oxidadas alrededor de las partículas de fosfatos.
- La hidrólisis del P en suelos ácidos que se encuentran ligados al hierro y al aluminio.

- El aumento del P orgánico por la mineralización en suelos ácidos inducido por el incremento del pH, cercanos a la neutralidad.
- El aumento de la solubilidad de minerales como la apatita en suelos calcáreos provocado por el descenso del pH a consecuencia del incremento del CO₂.

El fósforo es un elemento muy importante ya que se transloca en mayor proporción al grano, afectando la capacidad de llenado del grano y el tamaño de la espiga, influenciando en el rendimiento del cultivo (AGUILAR, 2010).

2.2.3. Potasio

Los cationes metálicos como: K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y sodio se encuentran en estado reducido, por el cual no son afectados por la reducción del suelo; Esto hace presumir un comportamiento similar de estos cationes metálicos bajo condiciones de un suelo aeróbico. Las importantes cantidades de iones NH₄⁺, Fe²⁺ y Mn²⁺ liberados después de la inundación desplazan el Mg²⁺ de los sitios de intercambio de los minerales o de la materia orgánica, hacia la solución del suelo; este hecho es provocado por el incremento de la conductividad eléctrica del suelo (BACHA, 2002).

El desplazamiento del K⁺ intercambiable puede hasta duplicar la concentración de K⁺ en la solución del suelo; esto fue observado en suelos inundados, siendo más evidente en suelos con texturas arenosas, ricos en materia orgánica y posiblemente asociados a los contenidos de Mn²⁺ solubles.

Por el contrario, la disponibilidad y absorción del K^+ para las plantas tiende a disminuir en condiciones de inundación, pues forma complejos insolubles con el Al^{3+} y el Fe reducido (MORALES, 2004).

2.3. Sistemas de producción de arroz bajo riego

Son áreas sometidas total o parcialmente al riego con frecuencia y duración controlada circunstancias que permite el predominio de vegetación típicamente adaptada a estas condiciones de suelo saturado; esta definición es usada por el National Resources Conservation Service (NRCS) y la Environmental Protection Agency (EPA) (MORALES, 2004).

Según GABRIEL (2014) este sistema utiliza alta tecnología, requiere de terrenos planos, bien nivelados, fértiles, pH óptimos y con una fuente segura de agua, utiliza maquinaria agrícola (segadoras, trilladoras o maquinas combinadas), variedad de arroz mejoradas y semillas certificadas. Además, incluyen planes de fertilización con dosis variables de fertilizantes como 12 – 24 - 12, 15 – 30 - 8 y 10 – 20 - 10, los cuales se aplican de forma fraccionada del nitrógeno en forma de urea (46 % N) u otro fertilizante nitrogenado, a los 30 y 60 días después de la siembra, independiente del ciclo y la variedad (BARAHONA *et al.*, 2019).

Los sistemas bajo riego ofrecen mayores rendimientos ya que el agua controlada en el riego reduce los factores que limitan el desarrollo de la planta, siendo estos sistemas menos complejos, más estables y uniformes; el riego del suelo crea condiciones físicas, químicas y biológicas diferentes a los

existentes en suelos secos, para MORALES (2004) estas condiciones influyen sobre:

- Absorción de nutrientes.
- Disponibilidad y pérdida de nutrientes.
- Retardo en el intercambio gaseoso.
- Reducción del suelo.
- Cambios electroquímicos, como:
 - Incremento del pH en suelos ácidos y disminución en los calcáreos.
 - Pérdida de nitrógeno por desnitrificación.
 - Acumulación de sustancias de los microorganismos anaeróbicos.
 - Reducción del hierro y manganeso, aumentando su biodisponibilidad por el cultivo.
 - Aumento en la disponibilidad P y Si
 - Acumulación de amonio.
- Fijación simbiótica del N.
- Control de malezas.
- Control de estrés por sequía.

2.4. Preparación del suelo

El arroz se cultiva en dos sistemas de siembra, el inundado y el seco; el sistema de seco utiliza maquinaria agrícola para el arado a 20-30 cm; la primera pasada permite eliminar todas las malezas presentes en el campo y propicia la germinación del banco de semillas, después de la siembra y la aplicación de herbicida (VIGNOLA *et al.*, 2018). La segunda pasada de rastra permite una interacción efectiva entre el suelo y la semilla, y obtener, una óptima

germinación del arroz (GUZMÁN, 2006). El manejo bajo riego prepara el suelo con una niveladora, condición necesaria para el control de la lámina de riego, finalmente, un tractor de rueda fangueadora remueve y suaviza el lecho para eliminar poros y mejorar la capacidad del suelo de retención del agua y nutrientes (GUZMÁN, 2006; VIGNOLA *et al.*, 2018).

En general, la eficiencia en el manejo del cultivo, principalmente el manejo y control del agua, dependen en gran medida de la preparación del suelo. La preparación de los suelos se realiza con el objetivo de mullir y desmenuzar y suavizar el terreno, actividad que se realiza antes de la siembra, con el fin de crear un lecho adecuado para la siembra, crecimiento, desarrollo de las plantas y mejora de los rendimientos del cultivo (VIGNOLA *et al.*, 2018).

Los objetivos de la preparación son:

- Mejorar la retención de agua.
- Incrementar la absorción por la raíz.
- Mayor desarrollo radicular.
- regular la infiltración del agua en el suelo.
- Reducir la escorrentía y la erosión del suelo.
- En el caso del cultivo de arroz inundado, el suelo está en forma permanente en condiciones reductoras, que favorece a la amonificación, sin embargo, en el tiempo puede afectar el crecimiento radical.

2.4.1. Fangueo en el cultivo del arroz

Es una técnica específica de preparación de suelos para el cultivo del arroz, consiste en la captación de agua en un área y el posterior laboreo del suelo con ayuda de animales o maquinaria agrícola (RUIZ *et al.*, 2005), que invierten y remueven el suelo desde una profundidad de 10 a 15 cm, hasta formar un fango o lodo fino, obteniéndose una mezcla homogénea de agua y suelo (PÉREZ *et al.*, 2002). Esta labor permite eliminar plantas indeseables y ahorrar agua. Sin embargo, los agregados son fraccionados y la densidad aparente como resultado se incrementa, afectándose la relación suelo-agua (RUIZ *et al.*, 2005).

2.4.2. Efectos de la preparación de suelo

El riego, la mecanización y aplicación de fertilizantes y otras actividades mal balanceadas es la causa fundamental de la degradación las propiedades físicas del suelo, manifestadas en compactación, erosión y mal drenaje, estas influyen de forma directa, obstaculizando el crecimiento de las raíces en las plantas e indirectamente, reduciendo el contenido de oxígeno y alterando la flora microbiana (RUIZ *et al.*, 2005).

a) **Efectos físicos.** – El fangueo es una actividad importante del laboreo del suelo, sin embargo, en el tiempo genera compactación, por la transformación de los macroporos en microporos. Esto se produce por el uso de maquinaria en condiciones de suelo inundado, que, inicialmente puede generar correlación positiva entre el estado físico del suelo y el desarrollo morfofisiológico de la planta (CASTILLO, 2000), pero, no se descarta correlación negativa en el

largo plazo. Por ello, es necesario vigilar que los valores de densidad aparente (D_a) deben estar entre 1.3- 1.5 g.cm⁻³, la resistencia a la penetrabilidad R_p 1.5- 2.5 kg.cm⁻², los de porosidad total (P_t) de 36-40 % y la infiltración entre 7 a 10 mm/hora, estos niveles permitirá el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de arroz.

Las investigaciones también muestran que el fangueo al disminuir la porosidad total reduce el agua disponible para las plantas y aumenta el deterioro de la estructura del suelo, por la compactación generada; estos, son factores que limitan algunos aspectos agronómicos del cultivo, entre ellos, el desarrollo radicular, el macollamiento y la susceptibilidad al acamado (RUIZ, 2005). Además, existe evidencia que el encharcamiento puede generar percolamiento, lo que provoca la pérdida de partículas finas, arcilla y limo (CASTILLO, 2000; ALEJANDRO, 2016).

b) **Efectos químicos.** - Los sistemas de manejo de arroz bajo riego, provocan una serie de transformaciones que terminan afectando la calidad química del suelo, debido al uso intensivo del Rotovator y los altos volúmenes de agua utilizados durante la preparación, que inducen a un fuerte lavado de bases intercambiables y un continuo proceso de acidificación del suelo (RUIZ *et al.*, 2016). Además, se ha puesto en evidencia que los ciclos sucesivos de oxidación-reducción en los suelos por el cultivo continuado de arroz bajo riego, conducen al establecimiento de un horizonte iluvial compacto, poco permeable, enriquecido en hierro y manganeso, y otro eluvial empobrecido, que se

manifiesta por un lavado intenso de bases (CASTILLO, 2000; NAVARRO *et al.*, 2001).

La MO es un indicador fuertemente alterado, y es como consecuencia de permanecer en condiciones de alto encharcamiento, que genera falta de aire por ende produce cambios, reduciendo los contenidos de materia orgánica y acidificando el suelo; que quizá no sea problema para este cultivo, pero si se está generando un daño al suelo haciéndolo improductivo para otro tipo de cultivos (CASTILLO, 2000; NAVARRO *et al.*, 2001; ALEJANDRO, 2016). Además del anegamiento, la pérdida de MO está relacionada al tránsito de maquinaria agrícola que compacta el suelo y altera la disponibilidad de oxígeno (ALEJANDRO, 2016).

Frente a pérdidas de la MO una alternativa en crecimiento es el desarrollo de una agricultura de conservación (AC) aplicado al cultivo de arroz bajo riego, aun poco investigado, sin embargo, DOMÍNGUEZ *et al.* (2020) muestra tendencias de incremento de la materia orgánica de 2,41 a 3,66 % respecto a la línea base, reflejo de un efecto favorable de la AC sobre el suelo. se considera normal para el desarrollo del cultivo, valores superiores al 3%. Además, utilizar los residuos de cosecha podrían aumentar los contenidos de carbono del suelo, además de mejorar la calidad en la capa superficial (LIQUN *et al.*, 2014)

2.5. Siembra y fertilización

En arroz bajo riego la siembra es directa o por medio del trasplante manual, en este último caso se instala primero un almácigo, una vez germinada las semillas se espera hasta que las plántulas alcancen entre 15 a 20 cm para

proceder al trasplante (TINOCO y ACUÑA, 2009; VIGNOLA *et al.*, 2018). Respecto al plan de fertilización que se aplicara, se considera las concentraciones y niveles de nutrientes presentes en el suelo; además, de considerar las curvas de absorción del cultivo para poder aportar en cada fase fenológica los nutrientes necesarios para su debido desarrollo (TINOCO y ACUÑA, 2009; VIGNOLA *et al.*, 2018) y evitar desequilibrios en el agroecosistema (LV *et al.*, 2015)

Se ha investigado y calculado planes de fertilización y se ha propuesto recomendaciones generales de fertilización, estos sugieren aplicar en distintas etapas fenológicas del desarrollo del cultivo, como aplicar al momento de la siembra, mayor dosis en P (12- 24-12; 10-30-10 ó 18-46-0) para promover el desarrollo radicular, el crecimiento y la floración (VIGNOLA *et al.*, 2018). Además, se ha comprobado que una adecuada disponibilidad de K mejora la regulación hídrica de la planta, resistencia a plagas y enfermedades. También, se recomiendan aplicaciones a base de N y K al inicio del macollamiento con dosis de 0-0-60; 20-0-20; 26-0-26 o 15-3-31 (RODRÍGUEZ, 1999). En el caso del K, en general la formula recomendada varía entre 80-150 kg de K_2O ha^{-1} y para el fosforo desde los 50-80 kg de P_2O_5 ha^{-1} (ALEJANDRO, 2016), en cada campaña de producción.

Respecto a la fertilización con N debe aplicarse considerando la etapa fenológica del cultivo, ya que aplicar mayores dosis a la recomendada producen susceptibilidad en la planta a enfermedades (principalmente *Pyricularia sp*). En la etapa de macollamiento se aplica de un 19-40-50,

constituye casi el 50% de todo el N requerido para todo el ciclo del cultivo; mientras que en la fase de diferenciación floral se debe aplicar el 50% restante para el cultivo, esto favorece la formación de hijos productivos y aumenta el rendimiento. Algunas fuentes comúnmente utilizadas son: urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio, en seco se aplica incorporado al momento de la preparación del suelo, para evitar la volatilización (TINOCO & ACUÑA, 2009). En general se recomienda dosis media de 150 kg. N. ha⁻¹, aplicando el 75 % como abonado de fondo y 25 % a la iniciación de la panícula (ALEJANDRO, 2016).

La aplicación de fertilizantes representa entre 12% y 14% (US \$ 25 por tonelada) de los costos de producción del cultivo de arroz y en los últimos años, las dosis de fertilización se han incrementado para lograr mejores rendimientos, aspecto que influye en los costos de producción debido a que la mayoría de estos productos son importados (FEDEARROZ, 2001; ALVAREZ *et al.*, 2008). Además, la fertilización orgánica es una alternativa; sin embargo, requiere la aplicación de grandes cantidades de enmiendas orgánicas a base de residuos vegetales, residuos orgánicos de animales, compost, entre otros (CASTILLA, 2000). Sin embargo, no se han tenido rendimientos elevados, afectando la rentabilidad del cultivo de arroz, por lo que, algunos investigadores sugieren la aplicación de enmiendas orgánicas acompañada por una fertilización química adecuada (ALVAREZ, 2005).

La fertilización del arroz según PAREDES y BECERRA (2015) debe contemplar los siguientes fertilizantes:

- Nitrógeno (Urea): Al momento de la siembra (maquina sembradora) se debe aplicar como máximo el 20% del total, para evitar perdida por volatilización.
- Fósforo (Super Fosfato Triple): es recomendable aplicar el 100 % antes de la siembra, durante la preparación del terreno.
- Potasio (Muriato de Potasio): también se recomienda aplicar el 100 % antes de la siembra, teniendo en cuenta que, sobre la hilera de siembra, no debe usarse más de 60 unidades de potasio (lo que corresponde a 100 kilos de muriato de potasio). Cantidades altas de potasio sobre la hilera de siembra, produce toxicidad en el arroz. Si los niveles en el suelo son aceptables, aplicar junto con la úrea, antes de la inundación definitiva.

Antes de iniciar el proceso de preparación del suelo es necesario realizar los análisis de caracterización, para optimizar la dosis de los fertilizantes que se aplicaran, o al historial de rendimientos alcanzados en el área. Además, la inundación definitiva se realiza cuando el arroz tiene de 3 a 4 hojas, inmediatamente después de fertilizar con urea, para evitar la pérdida del fertilizante por volatilización y se realiza cubriendo solamente tres cuartos de su altura sobre el agua. El manejo de la lámina de agua se realiza de acuerdo con el crecimiento de las plantas, no superando los 15 a 20 cm de altura, en las etapas avanzadas de desarrollo reproductiva y madurez (PAREDES y BECERRA, 2015).

2.6. Control de malezas

El control de malezas en arroz es muy importante ya que estos son excelentes competidores por los nutrientes disponibles en el área; además estas

plantas funcionan como hospederos de enfermedades y plagas (BIGNOLA *et al.*, 2018). El control efectivo de malezas es influenciado por las condiciones del agroecosistema (humedad en el suelo), el uso de herbicidas y las especies de malezas dominantes en el área (GUZMÁN, 2006). Además, la inundación del terreno genera condiciones propicias para un control efectivo de malezas, ya que las semillas en ausencia de oxígeno y bajas temperatura se inhibe la germinación. Sin embargo, el control recomendado es la eliminación manual (BIGNOLA *et al.*, 2018).

Las malezas son el principal factor biológico limitante factor en la producción mundial de arroz, con pérdidas que varían de un país a otro, dependiendo del sistema de cultivo, comunidades de malezas predominantes y métodos de control de malezas empleados por los agricultores; en todo el mundo, se estima que las malas hierbas causan el 9% de las pérdidas de cultivos de arroz (RAMÍREZ, 2017). Sin embargo, el uso de herbicidas se ha convertido en el método más utilizado en todo el mundo y existen muchas preocupaciones relacionadas con uso de herbicidas; aunque resuelve el problema de trabajo manual en muchos países, el uso incorrecto causa problemas como resistencia en las malezas, cambios en las poblaciones, menor disponibilidad de nuevos herbicidas y problemas ambientales (GUZMÁN, 2006; RAMÍREZ, 2017)

2.7. Antecedentes

EFFENDI *et al.* (2021), evaluó estrategias nacionales (Indonesia) para incrementar la productividad del arroz y un uso eficiente del agua mientras se reducen las emisiones de metano de los cultivos de arroz. Esta investigación

tiene como objetivo establecer una concentración adecuada de lodos para aumentar la productividad del arroz cultivado en condición aeróbica con el nivel de agua a 5 cm por debajo de la superficie del suelo. Se realizó experimentos con 5 niveles. Los tratamientos que se probaron involucraron aplicación de lodos residuales de fábricas de aceite de palma con concentraciones de 0 t ha⁻¹, 10 t ha⁻¹, 15 t ha⁻¹, 20 t. ha⁻¹ and 25 t ha⁻¹. Parámetros como la altura de la planta, número total de retoños, número de retoños productivos, número de granos llenos, porcentaje de granos llenos, peso de 1000 granos y peso de arroz molido seco fueron estudiados. La aplicación de 25 t. ha⁻¹ de lodos orgánicos mostró un alto nivel de productividad al incrementar el número total de retoños, el número de retoños productivos y el peso del arroz molido seco.

BARAHONA *et al.* (2019), evaluó la extracción de macro y micronutrientes en dos variedades de arroz según etapa fenológica, en las variedades de arroz IDIAP FL 106-11 e IDIAP FL 137-11. La variedad 106-11 produjo 31.7 t ha⁻¹ de materia seca y la 137-11 26.9 t ha⁻¹; la producción de grano fue 5.5 y 5.3 t ha⁻¹, respectivamente. Existió diferencias significativas en la extracción de nutrientes entre las distintas etapas fenológicas en ambas variedades. IDEAP FL 106-11 extrajo mayor cantidad de N, K⁺, Mn²⁺, Zn²⁺ y Cu²⁺; el 137-11 absorbió mayor cantidad de P, Ca²⁺, Mg²⁺ y Fe²⁺. El orden de absorción según la cantidad extraída fue K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn>Cu. Concluye que cada variedad presento distinto requerimiento, lo que sugiere un ajuste en los planes de fertilización.

SANJINEZ (2019), realizó la caracterización agroecológica y evaluó la sustentabilidad del cultivo de arroz. La caracterización agroecológica del arroz, mostraron que el clima fue similar en los tres sistemas de producción estudiados. La variedad IR-43, presentó diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sistemas para las variables días a la floración, número de macollos/mata, longitud de panícula, número de panículas y rendimiento. La mayor parte de productores, siembran entre 0.5 a 5 hectáreas y el rendimiento medio está entre 5 - 8 t ha⁻¹, y todos hacen agricultura convencional. Con respecto a la sustentabilidad, la mayoría de las parcelas de arroz, en los tres sistemas de producción, presentan valores mayores a 2 para los indicadores económicos (IK) y sociocultural (ISC), pero el indicador ecológico (IE) es casi siempre menor a 2. La mayoría de las parcelas evaluadas, no fueron sustentables.

QUEVEDO *et al.* (2019), identificó los factores climáticos y fisiológicos clave, que permitan maximizar el rendimiento del arroz, en el norte de Tolima, Colombia. Se encontró que los factores fisiológicos que más relación tienen con el rendimiento son la altura de la planta, el índice de área foliar y la acumulación de masa seca entre los estados fenológicos 37 y 49, mientras que, un único factor abiótico que estuvo altamente relacionado con el rendimiento fue la radiación solar entre los estados fenológicos 51 a 77. Cuando se alcanzaron los valores óptimos de cada una de estas variables se alcanza un rendimiento superior a los 9 500 kg ha⁻¹. No se observó relación entre la tasa de fotosíntesis a nivel de hoja y el rendimiento.

RAMIREZ *et al.* (2017), evaluó la dinámica de poblaciones de malezas del cultivo de arroz en Tolima, Colombia, por efecto de aplicaciones con herbicidas post-emergentes. Los resultados muestran que *Echinochloa colona* fue la maleza más importante en todas las zonas evaluadas, antes y después de las aplicaciones herbicidas post-emergentes. Igualmente sobresalieron especies como, *Digitaria ciliaris*, *Cyperus iria* e *Ischaemum rugosum*. La frecuencia relativa fue la variable estimada más influyente en la determinación de la importancia de las especies. Las aplicaciones de herbicidas generaron cambios en la estructura de la comunidad en las zonas evaluadas y en cada evaluación.

CONTRERAS (2016), evaluó la aplicación de fósforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Tinajones Jequetepeque; estudió cinco tratamientos con Cu, Zn y B y cinco tratamientos con Cu, Zn, B y P; la dosis de NPK fue 336-46-104 kg ha⁻¹ y de Cu, Zn y B fue 80.4- 400-127 g ha⁻¹ respectivamente. Los resultados obtenidos en rendimiento y calidad de molinera fueron: 10.346 t ha⁻¹ de arroz en cascara, 70.9 % de rendimiento de molinería y 3.4 de granos quebrados. No se encontró diferencias entre las medias de los diferentes tratamientos con y sin fósforo; la fertilización fosfatada tuvo efecto significativo para el porcentaje de granos quebrados y enteros. En la interacción del Cu, Zn y B más fósforo encontró los menores % de granos quebrados.

RUIZ *et al.* (2016), evaluó el efecto del manejo del agua de riego en el rendimiento agrícola e industrial del arroz por la tecnología de trasplante. La suspensión de la lámina de agua incremento el rendimiento agrícola entre un 16

y 32 % con respecto al control inundado, y el rendimiento molinero fue de un 67 % en promedio; los mayores % de granos enteros se lograron en los tratamientos sometidos a suspensión de la lámina, alcanzándose los mejores resultados con la suspensión a los 30 días después del tratamiento. Este manejo permitió un ahorro de 1 931,4 m³ ha⁻¹ de agua, este ahorro pudiera incrementar el área bajo riego en un 11.19 % para el cultivo de arroz.

GABRIEL (2014), determinó el efecto de los abonos orgánicos en la producción de arroz. Los componentes en estudio estuvieron constituidos por dos niveles de biol (0 y 200 L. ha⁻¹) y cuatro de bocashi (0, 5, 15 y 20 t. ha⁻¹) y un testigo con fertilización química con NPK (195-95-0). Con biol el mayor rendimiento en cascara alcanzó 6 252 kg ha⁻¹; el mayor rendimiento con bocashi lo obtuvo el tratamiento con 20 t ha⁻¹ produciendo 6 739 kg ha⁻¹; combinados bocashi y biol obtuvo el mayor rendimiento 7 721 kg ha⁻¹ (biol + 20 t ha⁻¹ de bocashi). Sin embargo, el testigo con fertilización química obtuvo el mejor beneficio/costo con 2.11, en comparación con los demás tratamientos a los cuales se le aplicó biol y bocashi que no resultaron rentables.

ALVAREZ *et al.* (2008), evaluó el efecto de diferentes dosis y épocas de aplicación de un suplemento fertilizante enriquecido con silicio, materia orgánica y elementos menores en el cultivo de arroz variedad Fedearroz 50. Las aplicaciones en segunda abonada del fertilizante generaron un incremento en el número de panículas y este se correlaciona con un menor número de espiguillas llenas y un mayor porcentaje de vaneamiento, aunque este se vio disminuido con aplicaciones tempranas del fertilizante y factores climáticos. En la localidad de

El Guamo la dosis de fertilizante más adecuada fue de 20 kg en primera abonada con rendimientos de 6906 kg. ha⁻¹ de arroz, mientras que en Ibagué con 40 kg en segunda abonada se obtuvieron rendimientos de 9270 kg ha⁻¹. El modelo matemático sugiere que aplicaciones de 66,9 kg ha⁻¹ del fertilizante para la localidad de Ibagué incrementarían el rendimiento a 8876 kg ha⁻¹.

MORALES (2004), determinó que los valores de pH variaron de fuertemente ácido al momento de la siembra a neutro tras 56 días de inundación con aplicación de cal, produciéndose incrementos de una unidad de pH a 28 días y de casi tres unidades con 56 días. La aplicación de cal produjo un incremento en la disponibilidad del P en la siembra, así como una disminución en el momento de la floración y concentraciones de K decrecieron de la siembra a la floración variando sus índices de disponibilidad de medios a bajos y en algunas situaciones extremadamente bajos.

JARA (2003) en "Comportamiento de nueve variedades y 5 líneas experimentales de arroz (*Oryza sativa* L) bajo riego en Tulumayo-Tingo María". Los resultados muestran que las variedades Biflor, Amazonas y Capirona sobresalieron por su alto rendimiento con 6 886, 6607 y 5907 kg ha⁻¹ respectivamente. La variedad Biflor presenta las mejores características agronómicas, rendimiento y calidad molinera adaptándose favorablemente a las condiciones de Tulumayo. Además, las variedades Amazonas y Capirona quienes también resultaron ser productivas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

La investigación se desarrolló en los fundos Mercedes, de propiedad del Sr. Daniel Trigo Becerril y el fundo Pérez del Sr. Johan Pérez Castillo (Figura 1), Ambos fundos se encuentran en la jurisdicción del sector Suniplaya en el distrito de Yurimaguas, ubicada en la parte sur de la provincia Alto Amazonas en la región Loreto.

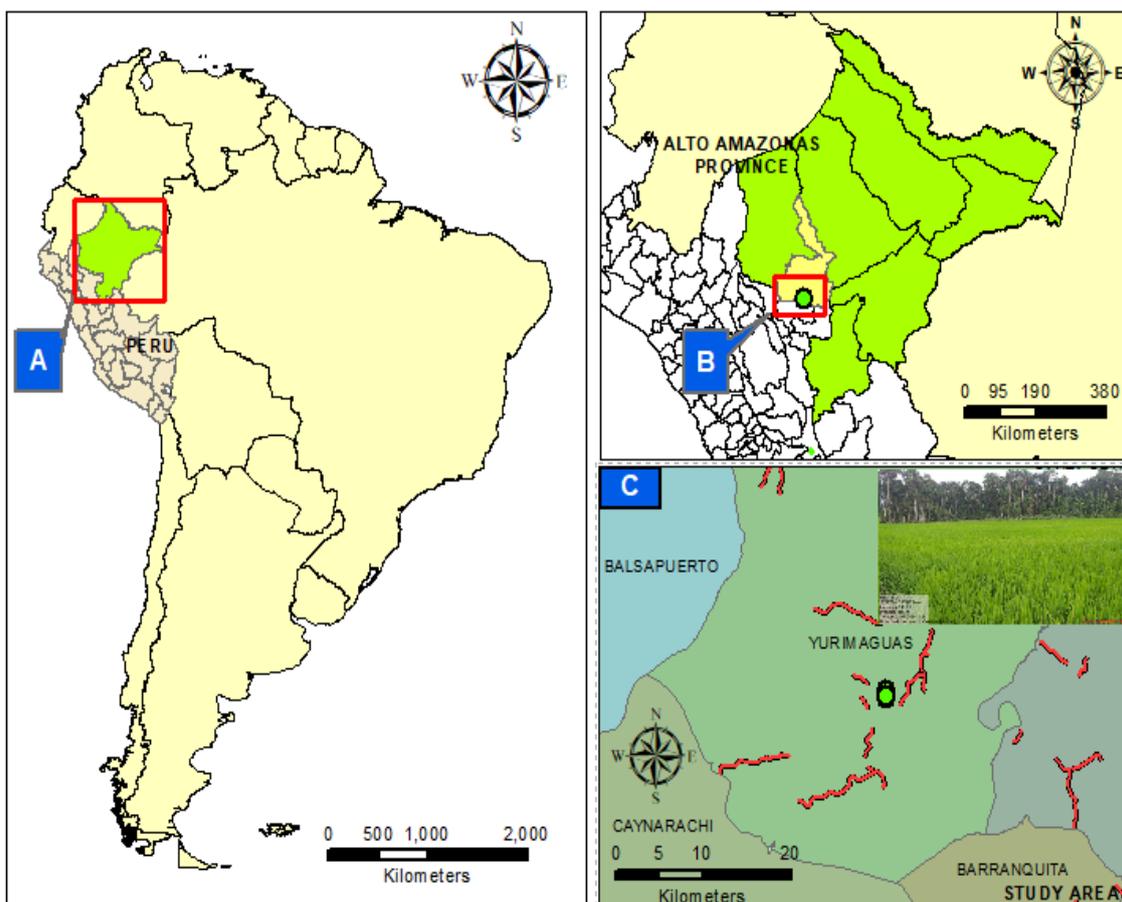


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio, Fundo Mercedes y Perez (C), Yurimaguas en Alto Amazonas (B) y región Loreto-Per (A)

3.2. Clasificación ecogeográfica del área de estudio

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo de HOLDRIDGE (1987), el distrito de Yurimaguas pertenece a un bosque húmedo Tropical (bh-T). Toda la región Loreto pertenece a la selva baja del Perú, con relieve variado, observándose una configuración de llanuras, pendientes y laderas poco agrestes; según PULGAR (2014) esta zona pertenece a la Ecorregión Omagua o selva baja.

3.3. Características climáticas

Tiene un clima ecuatorial, cálido y húmedo con abundantes lluvias, típicas de la llanura amazónica; La temperatura media mínima alcanza los 21 °C y la máxima de 32°C y una media de 26.6 °C; la humedad relativa mínima es de 74.5% y la máxima de 81.5%, con una precipitación media anual de 2098 mm al año (Datos Climáticos Mundiales - CLIMATE, 2020).

3.4. Características hidrográficas

PAREDES (2013), describe que el área se encuentra sobre la orilla izquierda del río Huallaga, a unos 100 km aguas arriba de la confluencia con el río Marañón. Las principales fuentes de agua son tres ríos importantes: Huallaga, Parapapura y Shanusi; ubicadas en la cuenca baja del río Huallaga y la cuenca del río Nucuray, pertenecientes ambos a la cuenca del río Marañón y a la gran cuenca del río Amazonas. El río Huallaga es la principal vía de comunicación durante todo el año, los otros ríos son poco navegables, sobre todo en época seca (junio-setiembre).

3.5. Materiales y equipos

3.5.1. Materiales de campo

Bolsas plásticas, etiquetas de papel, Marcador, cilindro muestreadores, pala recta, botas de jebe y libreta de campo.

3.5.2. Materiales de laboratorio

Probeta de 100 ml, buretas, embudos, tubos de ensayo, pipetas, tamiz de 5.2 y 0.25 mm de diámetro, botellas de vidrio, papel filtro, reactivos y matraces de 100, 250 y 500 mL.

3.5.3. Equipos de campo

Cámara fotográfica y un GPS marca GARMIN MAP 60 CSx.

3.5.4. Equipos de laboratorio

Balanza de precisión, estufa, pH metro, Espectro fotómetro de absorción atómica y Espectro fotómetro UV-VIS.

3.6. Metodología

3.6.1. Tipo y nivel de investigación

Es de tipo aplicada, porque se recurrió a conocimientos establecidos en las ciencias agrícolas para evaluar el efecto del manejo convencional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego en indicadores fisicoquímicos del suelo, en los fundos Mercedes y Pérez. Asimismo, corresponde a un nivel de investigación descriptiva comparativa, porque se evaluará a través del modelamiento el efecto

del manejo convencional sobre los indicadores fisicoquímicos en diferentes estratos del suelo.

3.6.2. Diseño de la investigación

Corresponde a una investigación no experimental correlacional, con ajuste estadístico de diseño completamente aleatorizado (DCA), donde los tratamientos lo constituyen el bosque secundario (BS) y las áreas con manejo convencional del arroz de: uno (A1), cinco (A5) y nueve años (A9). Se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 % para la comparación de medias y el HSD-Tukey para el análisis multiparamétrico para medir los efectos del manejo sobre los indicadores fisicoquímicos del suelo.

3.7. Áreas en estudio

3.7.1. Arroz con manejo convencional

Las áreas con cultivos de arroz tuvieron un proceso secuencial de intervención que se subdivide en:

a) Primera intervención del bosque

Se realiza sobre áreas de bosque primario, secundario o purmas, con la ayuda de una tractor oruga, quien realiza el desmonte y limpieza de los tocones y árboles caídos en el área (Figura 0A). También, en esta etapa con la misma maquinaria se realiza la nivelación del terreno, se construyen los bordes, los canales, accesos a las carreteras y los drenes (Figura 0B); después de esta etapa el área queda lista para iniciar el proceso de preparación del suelo e instalación del cultivo de arroz.



Figura 2. Limpieza del terreno (A), construcción de bordes, accesos y drenes (B)

b) Preparación del suelo

En el régimen seco (entre junio a octubre) se realiza el rastreo con un tractor agrícola, implementado con rastra de discos, esto permite la inversión de la capa arable del perfil del suelo (Figura 3A) y la incorporación de los residuos de la cosecha anterior. En el régimen lluvioso (entre noviembre a mayo) se realiza el fanguero directo con tractor agrícola implementado con el arado rotativo, previa inundamos del terreno (Figura 3B). Finalmente, se realiza la nivelación de las pozas con tractor agrícola implementado de lampón y se refina la nivelación con motocultores (Figura 3C) y el área queda lista para instalar el arroz.



Figura 3. Procedimiento de rastreo (A), fangueo (B) y nivelación de pozas (C)

c) Instalación del cultivo

Culminado el proceso de fangueo, en un espacio independiente, dentro del área preparada, se realiza el almacigo de arroz (variedad HP 102 FL-EL VALOR) para su posterior trasplante de plántulas al terreno definitivo (Figura 4); este procedimiento implicó remojar 80 kg de semilla por hectárea, la semilla es sembrada al voleo y se abona con urea en dosis de 8 kg. ha⁻¹; finalmente, cuando las plántulas del almacigo alcanzan 25 a 30 días y unos 20 cm de altura, se trasplantan en el terreno definitivo.



Figura 4. Instalación en campo definitivo

d) Manejo del cultivo en las diferentes etapas productivas

Cuadro 1. Plan de manejo del cultivo de arroz

Descripción de la actividad	Momento	Detalle de la aplicación
Primer abonamiento o abonamiento de fondo	Antes del trasplante	100 kg de fosfato de amónico y 100 kg de cloruro de potasio
Control de malezas	A 7 días del trasplante	Se aplicó un herbicida preemergente (butaclor)
	A 10 días del preemergente	se realizó la fumigación con herbicidas pos emergentes loyant, (Florpyrauxifen-benzyl) y clincher (Cyhalofop butil) + su insecticida tifón (Chlorpyrifos).
Segundo abonamiento	A los 51 días	Se aplicó con una lámina de agua, 100 kg de Nitro S (nitrato de amonio) y 100 kg de cloruro de potasio
Tratamiento para macollamiento	A los 60 días	Se aplica bioestimulante a base de aminoácido, fungicida protexin (carbendazim) e insecticida Agryben duo (imidacloprid y benzoate).
Tercer abonamiento	A los 70 días	Se aplicó con lámina de agua, 75 kg de Nitro S (nitrato de amonio).
Tratamiento para formación y protección de espigas	A los 75 días	Se aplicó fungicidas (tebucunazole, Difeconazole, Propiconazole), Insecticidas (imidacloprid) y foliares de potasio, fósforo, calcio, boro.
Rendimiento	Dos últimas campañas	A1 (7 000 kg. ha ⁻¹), A5 (8 500 kg. ha ⁻¹), A9 (8 500 kg. ha ⁻¹)

El arroz bajo riego desarrollados en estas áreas produce 2 campañas por año y el plan de manejo que se aplicó en cada área de arroz con diferentes edades, pertenece a un sistema de manejo convencional, Respecto al riego, este, se aplicó en distintos momentos: antes de realizar el fanguero, el segundo riego para aplicar el herbicida preemergente, luego después de la fumigación post emergente y aplicación del segundo abonamiento, antes del tercer abonamiento y ultimo riego para la formación de espigas, en todos los casos según el plan de manejo que se describe en el Cuadro 1.

e) Cosecha

Esta etapa se realizó a los 135 días aproximadamente, desde el almácigo e instalación del cultivo y se utilizó maquina cosechadora (Figura 5), equipada con orugas de jebe.



Figura 5. Maquinaria cosechadora de arroz

3.7.2. Bosque secundario

Las áreas con manejo convencional de arroz se compararon con bosque secundario (BS), bosque adyacente a estos cultivos que presentan una gran intervención de especies con valor comercial, cuya composición actual es a base de especies como: moena (*Aniba amazónica Meiz*), pashaco blanco (*Macrolobium acaciaefolium* Benth), oje (*Ficus insípida* Willd.), Capirona (*Calycophyllum Spruceanum* (Bent.) Hook), palo lápiz (*Polyscias murrayi* F. Muel), ana caspi (*Apuleia proecox* C. Martius), bellaco caspi (*Himatanthus sucuuba* Woods), tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke), Cashimbo (*Cariniana periformis* Miers), setico (*Cecropia membranacea* Trécul), topa (*Ochroma pyramidale* Cav. Ex. Lamb), yarina (*Phytelephas macrocarpa* Ruiz et Pav), el huasai (*Euterpe oleracea* Mart.) y otras especies de bajo valor comercial.



Figura 6. Bosque secundario

3.8 Muestreo y análisis de datos

3.8.1. Análisis físico químico del suelo

Se realizó el muestreo en parcelas de arroz con manejo convencional de un año (A1), cinco años (A5), nueve años (A9) y bosque secundario (BS) como referencia. En ellas se seleccionó una subárea de 2 000 m² y se realizó el muestreo en 5 puntos al azar en cada subparcela, según la metodología de la Soil Taxonomy (2014), considerando estratos de 0.0 – 0.20 y 0.20 a 0.40 m de profundidad (Figura 7). Las muestras fueron derivadas al Laboratorio de Suelos de la UNAS, evaluándose indicadores físicos y químicos del suelo (Tabla 2), siguiendo la metodología de Bazán (2017).



Figura 7. Muestreo de suelos con arroz de un año (A), cinco años (B y D) y nueve años (C)

Cuadro 2. Indicadores fisicoquímicos del suelo a evaluarse

Indicadores	Método de su determinación
Textura	Bouyoucos
Materia Orgánica	Método de Walkley y Black
pH	Método electrométrico
Nitrógeno	Micro Kjeldahl
Fosforo disponible	Método de Olsen modificado
Potasio disponible	
Calcio disponible	
Magnesio disponible	Método del acetato de amonio
Aluminio	Yuan
Capacidad de intercambio catiónico	Método del acetato de amonio
Bases cambiables (%BC)	
Acidez cambiante (%AC)	Indirecto
Saturación de Aluminio (%SAI)	

3.8.2 Análisis estadístico

La investigación se ajustó a un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos (bosque secundario (BS), Arroz con 1 año (A1), cinco años (A5) y nueve años de manejo (A9) y un tamaño de muestra $n=5$, en estratos de 0.0 a 0.2 m y 0.2 a 0.4 m y cada unidad experimental estuvo conformada por una subárea de 2000 m².

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza ANOVA (Cuadro 3) y prueba HSD-Tukey con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) para la comparación de medias y medir los efectos del manejo sobre indicadores fisicoquímicos del suelo en diferentes estratos, con el software libre IBM-SPSS 25.

Cuadro 3. Modelo del análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Tratamiento	t - 1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y^2}{tr}$	SC_{trat}/gl_{trat}	CM_{trat}/CM_{ee}
Error	t(r - 1)	$SC_{total} - SC_{trat}$	SC_{ee}/gl_{ee}	
Total	t.r - 1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{tr}$		

El modelo aditivo lineal aplicado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ij} = Observación

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento

β_j = Efecto del tiempo de manejo

ε_{ij} = Error experimental

3.9. Variables de estudio

a) Independiente:

- Tipo de manejo: Arroz de 1, 5 y 9 años y bosque secundario

b) Dependiente

- Indicadores físicos del suelo: Textura del suelo (fracciones de arena, limo y arcilla)
- Indicadores químicos de los suelos: pH, MO, P, K₂O, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, CIC, %BC y %AC.

IV. RESULTADOS

4.1. Indicadores físicos

El Cuadro 4, muestra la estadística descriptiva e inferencial general, revelando cambios en el perfil y el tiempo de manejo sobre el área; las fracciones arena y limo muestran mayores variaciones con tendencia de disminución, y la fracción arcilla se incrementa con el tiempo y con la profundidad, es la menos alterada, aunque también presenta diferencias significativas en comparación al bosque secundario, todas las áreas presentan altos % de arcilla y se clasifican como suelos arcillosos, según Soil Taxonomy (2014).

Cuadro 4. Estadística de las fracciones y clase textural

Tratamientos	Fracciones			Clase textural
	Arena	Arcilla	Limo	
Estrato 0.0-0.2 m				
BS	28.6±3.29 ^b	48.8±3.03 ^a	22.6±2.61 ^{bc}	Arcilloso
A1	7.4±0.89 ^a	80±4.69 ^b	12.6±4.56 ^a	Arcilloso
A5	9.4±6.54 ^a	73.6±9.94 ^b	17±3.46 ^{ab}	Arcilloso
A9	14.6±3.58 ^a	60±6.78 ^a	25.4±4.34 ^c	Arcilloso
EEM	16.80	44.00	14.6	
Sig.	0.00**	0.00**	0.00**	
CV (%)	61.93	21.07	31.85	
Estrato 0.2-0.4 m				
BS	21±7.21 ^b	48.4±6.07 ^a	30.6±4.98 ^b	Arcilloso
A1	7.4±1.67 ^a	79.6±5.18 ^b	13±4.24 ^a	Arcilloso
A5	7.8±1.79 ^a	78.4±5.55 ^b	13.8±4.15 ^a	Arcilloso
A9	16.6±9.21 ^{ab}	57.6±8.41 ^a	25.8±3.9 ^b	Arcilloso
EEM	35.70	41.30	18.80	
Sig.	0.01**	0.00**	0.00**	
CV (%)	61.36	22.67	42.07	

EEM= error estándar de la media, Sig= Significancia, **= altamente significativo, BS= bosque secundario, A1, A5 y A9= área con cultivo de arroz de 1, 5 y 9 años. Medias seguidas de la misma letra en la columna, no se diferencian entre sí por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

4.2. Indicadores químicos

Los análisis de varianza para estos indicadores (Cuadro 5), muestran que la MO y el N tienden a disminuir con el tiempo, tipo de manejo y con la profundidad. Se encontró diferencias significativas en el pH, MO, N y P, excepto el K que no muestra diferencias en ambos estratos. Además, el pH, MO, N, y P disminuyen al primer año de instalación del arroz y luego tiende a estabilizarse y a mostrar tendencias de recuperación.

Cuadro 5. Estadística de indicadores químicos de fertilidad

Tratamientos	Indicadores				
	pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
Estrato 0.0-0.2 m					
BS	4.74±0.14a	3.82±0.68b	0.19±0.03b	7.04±0.48a	72.37±0.99a
A1	4.64±0.12a	2.26±0.44a	0.11±0.02a	4.01±1.03a	77.02±2.31a
A5	4.97±0.16b	2.48±0.55a	0.12±0.03a	6.79±2.26ab	76.27±7.43a
A9	4.76±0.08ab	1.58±0.46a	0.08±0.02a	7.09±2.10b	75.77±3.68a
EEM	0.02	0.29	0.00	2.71	18.74
Sig	0.01**	0.00**	0.00**	0.01*	0.37 ^{ns}
CV (%)	3.56	38.19	38.46	32.1	5.8
Estrato 0.2-0.4 m					
BS	4.76±0.13ab	1.39±0.12ab	0.07±0.01ab	3.21±0.78a	73.26±1.06a
A1	4.63±0.10a	1.52±0.32ab	0.08±0.02ab	2.6±0.80a	80.98±5.38a
A5	4.97±0.07bc	1.65±0.52b	0.08±0.03b	5.43±1.47b	82.46±7.31a
A9	5.16±0.16c	0.88±0.35a	0.04±0.02a	3.5±1.14ab	81.37±5.56a
EEM	0.01	0.13	0.00	1.18	28.59
Sig	0.00**	0.02*	0.02*	0.01**	0.06 ^{ns}
CV (%)	4.71	32.35	33.82	39.80	7.76

EEM= error estándar de la media. Sig= Significancia. **= altamente significativo. BS= bosque secundario. A1, A5 y A9 área con cultivo de arroz de 1, 5 y 9 años. Medias seguidas de la misma letra en la columna. no se diferencian entre sí por la prueba de Tukey ($p=0.05$).

El Cuadro 6, muestran los resultados generales de los principales indicadores químicos intercambiables del suelo, entre ellos: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , CIC, %BC, %AC y % SAI. El primer año se aprecia disminución del Ca^{2+} , Mg^{2+} y BC y un incremento en Al^{3+} , AC y SAI en ambos estratos y luego de 5 y 9 años

de manejo con arroz, estos indicadores Ca^{2+} , Mg^{2+} y %BC vuelven a recuperarse parcialmente y se reducen significativamente los niveles de Al^{3+} , %AC y %SAI. Además, todos los indicadores presentan diferencias altamente significativas según el manejo y el estrato evaluado en comparación al suelo de bosque secundario (BS).

Cuadro 6. Estadística de indicadores químicos intercambiables

Tratamientos	Indicadores						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	CICE	BC	AC	SAI
	Cmol ⁽⁺⁾ /kg				(%)	(%)	(%)
Horizonte 0.0-0.2 m							
BS	4.41±0.78a	0.65±0.09a	7.42±1.16ab	12.61±1.22a	40.2±6.14b	59.8±6.14b	59±6.78b
A1	4.04±0.82a	0.61±0.11a	13.1±1.57c	18.36±2.58b	25.2±4.15a	74.8±4.15c	65.6±15.98b
A5	5.97±0.45b	0.87±0.09b	5.14±1.58a	12.17±1.92a	57±7.71c	43±7.71a	41.4±7.86a
A9	4.95±0.59ab	0.74±0.06ab	7.94±1.09b	13.93±1.56a	41.2±2.05b	58.8±2.05b	57.2±3.70ab
EEM	0.46	0.01	1.87	3.56	29.65	29.65	94.20
Sig	0.002**	0.001**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.01**
CV (%)	20.04	18.31	38.54	21.37	30.76	21.27	22.83
Horizonte 0.2-0.4 m							
BS	4.59±0.73ab	0.66±0.08a	8.55±1.59b	14.33±1.87a	37±5.05a	63±5.05b	59.4±5.22b
A1	4.05±0.69a	0.61±0.09a	12.26±2.13c	18.15±2.2b	26.4±7.3a	73.6±7.3b	67.2±4.76b
A5	6.4±0.91c	0.91±0.08b	4.63±1.67a	12.66±1.31a	58±8.6b	42±8.6a	36±9.3a
A9	5.85±0.58bc	0.83±0.05b	5.75±0.44ab	12.91±0.76a	51.8±4.44b	48.2±4.44a	44.8±3.7a
EEM	0.54	0.01	2.52	2.65	43.13	43.13	37.55
Sig	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
CV (%)	22.56	19.28	42.97	18.61	32.47	24.8	26.42

EEM= error estándar de la media. Sig= Significancia. **= altamente significativo. BS= bosque secundario. A1, A5 y A9= área con cultivo de arroz de 1 año. 5 y 9 años. Medias seguidas de la misma letra en la columna no se diferencian entre sí por la prueba de Tukey (p=0.05).

4.3. Efecto del manejo convencional sobre indicadores fisicoquímicos

Según las comparaciones múltiples HSD-Tukey, en el Cuadro 7, nos muestra que para la fracción arena todas las áreas con arroz A1, A5 y A9 son diferentes al BS, usado como referencia, excepto A9 a 40 cm de profundidad. La fracción arcilla solo A1 y A5 presentan diferencias con BS en ambos estratos y

la fracción limo solo A1 es diferente a la referencia (BS) en el estrato superficial y en el estrato de 40 cm tanto A1 como A5 son diferentes al BS.

Cuadro 7. Comparaciones múltiples de los indicadores físicos

HSD Tukey					
Variable dependiente	Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Arena	BS20	A1	21.20*	2.59	0.00
		A5	19.20*	2.59	0.00
		A9	14.00*	2.59	0.00
	BS40	A1	13.60*	3.78	0.01
		A5	13.20*	3.78	0.01
		A9	4.40	3.78	0.66
Arcilla	BS20	A1	-31.20*	4.20	0.00
		A5	-24.80*	4.20	0.00
		A9	-11.20	4.20	0.07
	BS40	A1	-31.20*	4.06	0.00
		A5	-30.00*	4.06	0.00
		A9	-9.20	4.06	0.15
limo	BS20	A1	10.00*	2.42	0.00
		A5	5.60	2.42	0.14
		A9	-2.80	2.42	0.66
	BS40	A1	17.60*	2.74	0.00
		A5	16.80*	2.74	0.00
		A9	4.80	2.74	0.33

*= La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. BS= bosque secundario. A1, A5 y A9= área con cultivo de arroz de 1 año. 5 y 9 años.

El Cuadro 8, muestra las comparaciones múltiples de indicadores químicos de fertilidad, para el pH en estrato superficial A5 presenta diferencias con el BS y A9 a 40 cm de profundidad. La MO y el N en A1, A5 y A9 presentan diferencias respecto a BS en estrato superficial, sin embargo, se aprecia que solo la MO en A9 muestra diferencias respecto a BS en el estrato de 40 cm. En el caso del P solo A1 en estrato superficial y A5 a 40 cm presentan diferencias respecto al BS y el K es el único nutriente que no se vio afectado por el tiempo de manejo del suelo.

Cuadro 8. Comparaciones múltiples de los indicadores químicos de fertilidad

HSD Tukey						
Variable dependiente	Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	
pH	BS20	A1	0,09	0,08	0,65	
		A5	-0,23*	0,08	0,05	
		A9	-0,02	0,08	0,99	
	BS40	A1	0,13	0,07	0,32	
		A5	-0,21	0,07	0,05	
		A9	-0,39*	0,07	0,00	
	MO	BS20	A1	1,56*	0,34	0,00
			A5	1,34*	0,34	0,01
			A9	2,24*	0,34	0,00
BS40		A1	-0,13	0,23	0,93	
		A5	-0,26	0,23	0,67	
		A9	0,51	0,23	0,15	
N		BS20	A1	0,08*	0,02	0,00
			A5	0,07*	0,02	0,01
			A9	0,11*	0,02	0,00
	BS40	A1	-0,01	0,02	0,96	
		A5	-0,01	0,02	0,64	
		A9	0,03	0,01	0,16	
	P	BS20	A1	3,03*	1,04	0,05
			A5	0,25	1,04	0,99
			A9	-0,05	1,04	1,00
BS40		A1	0,61	0,69	0,81	
		A5	-2,22*	0,69	0,02	
		A9	-0,29	0,69	0,98	
K ⁺		BS20	A1	-4,65	2,74	0,36
			A5	-3,89	2,74	0,50
			A9	-3,40	2,74	0,61
	BS40	A1	-7,72	3,38	0,14	
		A5	-9,21	3,38	0,07	
		A9	-8,11	3,38	0,12	

*= La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. BS20 y BS40= bosque secundario en estrato de 0.00-0.20 y 0.20-0.40 m de profundidad. A1, A5 y A9= área con cultivo de arroz de 1 año. 5 y 9 años.

El Cuadro 9, muestra las comparaciones múltiples de indicadores químicos intercambiables. El Ca²⁺ y Mg²⁺ en A5 y A9 muestran diferencias respecto al BS, en ambos estratos; el Al³⁺ en A1 en la capa superficial y en A1 y A5 en el estrato a 40 cm muestran diferencias respecto al BS; la CIC en A1 muestra diferencias respecto al BS en ambos estratos; las BC y AC en A1 y A5

muestran diferencias con el BS en el estrato superficial. Respecto a la SAI en A5 en la superficie y en A5 y A9 en el estrato de 40 cm muestran diferencias teniendo en cuenta al BS. El tiempo de manejo tiene efectos en diferentes indicadores químicos del suelo, en ambos estratos evaluados.

Cuadro 9. Comparaciones múltiples de indicadores químicos intercambiables

HSD Tukey					
Variable dependiente	Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Ca ²⁺	BS20	A1	0,37	0,43	0,83
		A5	-1,56*	0,43	0,01
		A9	-0,54	0,43	0,60
	BS40	A1	0,54	0,46	0,66
		A5	-1,81*	0,46	0,01
		A9	-1,26	0,46	0,01
Mg ²⁺	BS20	A1	0,04	0,06	0,89
		A5	-,22*	0,06	0,01
		A9	-0,09	0,06	0,37
	BS40	A1	0,05	0,05	0,78
		A5	-0,26*	0,05	0,00
		A9	-0,17*	0,05	0,01
Al ³⁺	BS20	A1	-5,67*	0,86	0,00
		A5	2,28	0,86	0,01
		A9	-0,52	0,86	0,93
	BS40	A1	-3,71*	1,00	0,01
		A5	3,92*	1,00	0,01
		A9	2,80	1,00	0,06
CICe	BS20	A1	-5,74*	1,19	0,00
		A5	0,44	1,19	0,98
		A9	-1,32	1,19	0,69
	BS40	A1	-3,82*	1,03	0,01
		A5	1,67	1,03	0,39
		A9	1,41	1,03	0,53
BC	BS20	A1	15,00*	3,44	0,00
		A5	-16,80*	3,44	0,00
		A9	-1,00	3,44	0,99
	BS40	A1	10,60	4,15	0,09
		A5	-21,00*	4,15	0,00
		A9	-14,80*	4,15	0,01
AC	BS20	A1	-15,00*	3,44	0,00
		A5	16,80*	3,44	0,00
		A9	1,00	3,44	0,99
	BS40	A1	-10,60	4,15	0,09
		A5	21,00*	4,15	0,00
		A9	14,80*	4,15	0,01
SAI	BS20	A1	-6,60	6,14	0,71
		A5	17,60*	6,14	0,05
		A9	1,80	6,14	0,99
	BS40	A1	-7,80	3,87	0,22
		A5	23,40*	3,87	0,00
		A9	14,60*	3,87	0,01

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. BS20 y BS40= bosque secundario en estrato de 0.00-0.20 y 0.20-0.40 m de profundidad. A1, A5 y A9= área con cultivo de arroz de 1 año. 5 y 9 años.

V. DISCUSIÓN

5.1. Sobre indicadores físicos

El único indicador físico evaluado es la textura del suelo y los resultados (Cuadro 4) muestran que en los diferentes tratamientos evaluados (BS, A1, A5 y A9) presentan una clase textural arcillosa (con % de arcilla > 42 %) en ambos estratos (0.0-0.2 y 0.2-0.4 m). Al respecto, SANJINEZ (2019) señala que los suelos ideales para el cultivo de arroz son aquellos con textura arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa, con capacidad para retener agua y evitar pérdida de nutrientes; por ello, los suelos evaluados presentan una clase textural ideal para el desarrollo de arroz bajo riego.

Además, en el Cuadro 5 se observa cambios en el % de las fracciones arena y limo, muestran mayores variaciones con tendencia de disminución en A1, A5 y ligera recuperación en A9. También, la fracción arcilla se incrementa en A1 y tiende a disminuir en A5 y A9 en ambos estratos; esta fracción es la menos alterada. En general, se produjo inicialmente una reducción muy fuerte de la fracción arena, limo e incremento notable de arcilla y en el tiempo se observa ligera recuperación de la fracción arena, limo y la fracción arcilla tiende a disminuir, aunque, la fracción arcilla en A9 es ligeramente superior que el área de referencia (BS), en ambos estratos.

El comportamiento de estos resultados puede explicarse considerando que el sistema de preparación del suelo tiene como objetivo mullir y desmenuzar el terreno, previo a la siembra, para crear un lecho adecuado para el crecimiento y desarrollo de las plantas (VIGNOLA *et al.*, 2018); por ello, se levanta y revuelve la tierra desde una profundidad de 10 a 20 cm, fraccionando los agregados y afectándose la relación suelo-agua (RUIZ *et al.*, 2005). Además, el encharcamiento genera circulación de agua hacia abajo, lo que provoca la pérdida de partículas finas, arcilla y limo (CASTILLO, 2000; ALEJANDRO, 2016). Estas referencias explican porque hay reducción de la fracción limo en A1 y arcilla en A9 en ambos estratos; sin embargo, no explican la reducción de arena e incremento de arcilla en A1 y la recuperación de la fracción arena y limo en A9; probablemente el acondicionamiento inicial de la parcela que incluye cortes y rellenos para aplanar el terreno sea el responsable y recién en A5 y A9 se aprecia lo señalado por las referencias citadas.

5.2. Sobre indicadores químicos

Los resultados (Cuadro 6) de los principales indicadores de fertilidad (pH, MO, N, P y K⁺), según SOIL TAXONOMY (2014) los suelos presentan un pH ácido en ambos estratos, excepto A9 (ligeramente ácido) en estrato de 0.2 a 0.4 m. La materia orgánica MO y N en estrato superficial presenta niveles medios en BS, A1, A5 y bajo en A9, el estrato a 0.4 m presenta niveles bajos en todos los tratamientos. El fósforo presenta niveles medio en la superficie y bajo en el estrato a 0.4 m y en caso del K⁺ presenta niveles bajo en todos los tratamientos y estratos.

El cuadro 7, muestra las medias de los indicadores de fertilidad; los niveles de pH en ambos estratos tienden a disminuir ligeramente en A1 y luego incrementar en A5 y A9, este último presenta la media más alta. La media en MO y N en ambos estratos tiende a disminuir en A1, A5 y A9 presenta la media más baja; el P disminuyen en A1 y luego tiende a estabilizarse y a mostrar tendencias de recuperación en A5 y A9, similar al BS, además, los niveles medios del estrato superficial son mayores; contrariamente en el caso del K⁺ los niveles medios en A1, A5 y A9 son mayores al BS en ambos estratos y las medias más altas lo presenta el estrato de 0.4 m. En general, el pH, P y K⁺ disminuyen en A1 y luego muestran tendencias de recuperación en A5 y A9, excepto MO y N que tienden a disminuir. Además, se encontró diferencias significativas en el pH, MO, N y P, excepto el K⁺, que no muestra diferencias entre los tratamientos y estratos evaluados.

El comportamiento de los resultados del Cuadro 6 y 7, puede explicarse, considerando que la MO y N es un indicador fuertemente alterado, y es como consecuencia de permanecer en condiciones de alto encharcamiento (CASTILLO, 2000; NAVARRO *et al.*, 2001; ALEJANDRO, 2016) y al tránsito de maquinaria agrícola que compacta el suelo y altera la disponibilidad de oxígeno (ALEJANDRO, 2016). Por tanto, los valores de MO y N en A1, A5 y A9 no son ideales ya que DOMÍNGUEZ *et al.* (2020) considera normal para el desarrollo del cultivo, valores superiores al 3 % de MO. A pesar, que la preparación del suelo incluye la incorporación de los residuos de cosecha, esto no parece ayudar en incrementar los niveles de MO y N, tal como lo señala ALVAREZ *et al.* (2008) LIQUN *et al.* (2014) y se registran niveles muy bajos en A9 en ambos estratos

evaluados. Esta deficiencia podría afectar los niveles de absorción de N, P y Mg, elementos relacionados con la producción de materia verde (Aguilar, 2010)

Respecto al pH, el uso intensivo de maquinaria y los altos volúmenes de agua causan fuerte lavado de las bases intercambiables y un acentuado proceso de acidificación (RUIZ *et al.*, 2016); sin embargo, los resultados no muestran este proceso de acidificación y según SANJINEZ (2019) están muy cerca de los niveles óptimos para el cultivo (5.5 a 6.5 de pH). Respecto al K^+ , no se observa diferencias y tiende a incrementarse con el tiempo, esto puede explicarse considerando que se aplica 100 Kg de cloruro de potasio antes del trasplante, 100 Kg mas a 51 días del trasplante y foliares a base de K, P, Ca^{2+} y B a los 75 días, generándose una acumulación, esto puede alterar la relación que mantiene este elemento con los otros cationes (Ca y Mg) e influenciar negativamente en la absorción de estos (Aguilar, 2010), ya que supera lo recomendado por ALEJANDRO, (2016), dosis entre 80-150 kg de K_2O . ha^{-1} y por PAREDES y BECERRA (2015) quienes sugieren no usar más de 60 unidades de K^+ y antes del trasplante.

Los resultados (Cuadro 8) de los principales indicadores intercambiable (Ca, Mg, Al, CIC, BC, AC y SAI), según SOIL TAXONOMY (2014) los suelos presentan niveles bajos de Ca^{2+} , excepto A5 en estrato superficial y A9 en estrato a 0.4 m; el Mg^{2+} y la CIC presenta niveles bajos en todos los tratamientos y estratos; el Al^{3+} , SAI y AC presenta niveles altos en todos los tratamientos y estratos evaluados. El cuadro 9, muestra las medias de los indicadores intercambiables; los niveles de Ca^{2+} y Mg^{2+} en ambos estratos

tienden a disminuir ligeramente en A1 y luego incrementar en A5 y A9; por el contrario, los niveles de Al^{3+} , AC y SAL se incrementan en A1 y luego disminuyen en A5 y A9. En general, todos los indicadores intercambiables presentan diferencias altamente significativas según el tratamiento y el estrato evaluado en comparación al suelo de bosque secundario.

El comportamiento de los indicadores intercambiables (Cuadro 8), pueden explicarse considerando que los suelos arroceros conducen al establecimiento de un horizonte iluvial compacto, poco permeable enriquecido en hierro y manganeso y otro eluvial empobrecido, que se manifiesta por un lavado intenso de bases (CASTILLO, 2000; NAVARRO *et al.*, 2001). Esto por el fuerte lavado de las bases intercambiables (RUIZ *et al.*, 2016). Esto explica la reducción de Ca^{2+} , Mg^{2+} y el incremento de Al^{3+} , AC y SAI en A1. Sin embargo, estas referencias no explican la recuperación de Ca^{2+} , Mg^{2+} y la reducción de Al^{3+} , AC y SAI en A5 y A9; probablemente es por la incorporación de los residuos de cosecha y por el aporte de fertilizantes, en algunos casos en exceso como el K^+ (Cuadro 1), en el proceso de producción.

5.3. Sobre los efectos del manejo convencional en indicadores fisicoquímicos

Todas las fracciones evaluadas en los diferentes tratamientos presentan diferencias significativas (Cuadro 5) y las comparaciones múltiples HSD-Tukey (Cuadro 10), muestra que la fracción arena en los tratamientos A1, A5 y A9 son diferentes al BS, excepto A9 a 40 cm de profundidad. En el caso de la fracción arcilla A1 y A5 presentan diferencias con BS en ambos estratos y en

la fracción limo A1 es diferente a BS en el estrato superficial, en el estrato de 40 cm tanto A1 como A5 son diferentes al BS.

Los indicadores químicos evaluados en los diferentes tratamientos y estratos presentan diferencias significativas (Cuadro 7 y 9), excepto el K. Las comparaciones múltiples HSD-Tukey (Cuadro 11 y 12), muestran que el pH en el tratamiento A1 a 0.2 m y A9 a 0.4 m, son diferente al BS; la MO y el N en los tratamientos A1, A5 y A9 a 0.2 m presentan diferencias respecto al BS, los tratamientos a 0.4 m no muestra diferencias respecto al BS; el P en los tratamientos A1 en estrato superficial y A5 a 0.4 m presentan diferencias respecto a BS; el K^+ no presenta diferencias en ningún caso con el BS; el Ca^{2+} en A5 a 0.2 y 0.4 m presenta diferencias respecto a BS; el Mg^{2+} en A5 a 0.2 m y A5 y A9 a 0.4 m son diferentes a BS; el Al^{3+} en A1 a 0.2 m y A1 y A5 a 0.4 m; la CICe en A1 a 0.2 y 0.4 m; BC en A1 y A5 a 0.2 m y A5 y A9 a 0.4 m son diferentes a BS; la AC en A1 y A5 a 0.2m y A5 y A9 a 0.4 m son diferentes al BS y la SAI en A5 a 0.2 m y A5 y A9 a 0.4 m presentan diferencias respecto al bosque secundario BS.

Las comparaciones múltiples muestran diferencias entre tratamientos e indicadores físicos y químicos evaluados en ambos estratos. Este resultado demuestra que el tiempo de manejo en el cultivo de arroz bajo riego tiene efectos en las diferentes fracciones del suelo en ambos estratos, siendo la afectación en el siguiente orden: arena>arcilla>limo. Respecto a los indicadores químicos, afecta severamente al inicio del manejo (A1) y en la mayoría de ellos se aprecia una recuperación con el tiempo, producto de la aplicación de ciertos

criterios como la incorporación de residuos de la cosecha en cada periodo de preparación del suelo y la falta de precisión en el plan de manejo que hasta el momento (A9) parece un proceso de recuperación, sin embargo se advierte efectos negativos con el tiempo, como lo advierten las referencias (CASTILLO, 2000; NAVARRO *et al.*, 2001; RUIZ *et al.*, 2005; ALEJANDRO, 2016; RUIZ *et al.*, 2016; VIGNOLA *et al.*, 2018; DOMÍNGUEZ *et al.*, 2020).

Finalmente, en base a los antecedentes del rendimiento de las áreas (Cuadro 1) se tiene un rendimiento medio en las dos últimas campañas de 7 000 en A1, 8 500 kg. ha⁻¹ en A5 y A9, estos últimos superior a la media nacional de 7.19 t. ha⁻¹ (MINAGRI, 2018), los 7 721 kg. ha⁻¹ reportado por GABRIEL (2014) combinando biol y 20 t. ha⁻¹ de bocashi y los 6 886 kg. ha⁻¹ obtenidos por JARA (2003) con la variedad Biflor en Tulumayo, Leoncio Prado. Sin embargo, son ligeramente menor a los 9.500 kg ha⁻¹ reportado por QUEVEDO *et al.* (2019) y a los 10.346 t. ha⁻¹ reportado por CONTRERAS (2016), con la aplicación de fosforo y micronutrientes en Tinajones Jequetepeque. Estos rendimientos se explican: primero por las condiciones bioclimáticas óptimas que presenta el lugar; según SANJINEZ (2019) la temperatura óptimo para germinar varía entre 10 y 35 °C y para el crecimiento del tallo, hojas y raíces varía entre 7 y 23 °C, el área en estudio presenta una media de 26.6 °C (CLIMATE, 2020), en segundo lugar los rendimientos se deben al plan muy diciplinado de fertilizantes que se aplican (Cuadro 1) y en tercer lugar a los restos de cosecha que se incorporan en cada ciclo de preparación del suelo.

VI. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados encontrados se concluye:

1. El indicador físico evaluado es la textura, las proporciones de las fracciones arena, limo y arcilla en los diferentes tratamientos evaluados (BS, A1, A5 y A9) corresponden a una clase textural arcillosa. Se encontró inicialmente una reducción en los valores medios de la fracción arena, limo e incremento de arcilla y en el tiempo ligera recuperación de la fracción arena, limo y la fracción arcilla tiende a disminuir; se encontró diferencias significativas en todos los casos.
2. Los indicadores químicos evaluados fueron pH, MO, N, P, K, CA, Mg, Al, CIC, %AC, %BC y %SAI. Se determinó que son suelos de pH ácido a ligeramente ácido, con niveles de MO, N, P y Ca que varía de bajos a medios; el K, Mg y la CIC presenta niveles bajos y el Al, SAI y AC presenta niveles altos, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos y estratos evaluados en todos los indicadores, excepto el K, que no muestra diferencias.
3. El análisis de varianza y las comparaciones múltiples muestran diferencias entre tratamientos en los diferentes indicadores físicos y químicos evaluados en ambos estratos; el tiempo de manejo del arroz bajo riego

tiene efectos en las diferentes fracciones del suelo y sobre los indicadores químicos en ambos estratos, afectando severamente al inicio del manejo (A1) y se aprecia una recuperación con el tiempo (A9), por la incorporación de residuos de cosecha y un plan estricto de fertilización que ha mantenido los rendimientos por encima de la media nacional, sin embargo, se advierte efectos negativos a largo plazo.

VII. RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados nos permiten recomendar lo siguiente:

1. Aplicar el plan de preparación y fertilización (Cuadro 1) de las fincas Mercedes y Pérez, ya que permiten mantener los niveles de fertilidad del suelo y rendimientos que superan la media nacional.
2. Evaluar otros indicadores físicos (densidad aparente, resistencia a la penetrabilidad, macro y microporosidad) e incluir estratos más profundos para verificar la pérdida de bases por lavado y determinar si se produce compactación del suelo.
3. Continuar con las evaluaciones del suelo, para determinar el comportamiento de los indicadores químicos que al momento en A5 y A9 tienden a recuperarse, para evitar acumulación y desequilibrios agroecológicos y mantener un rendimiento adecuado.

VIII. ABSTRACT

Peru has areas with great potential for irrigated rice production in different regions; however, it is based on conventional crop management. For this reason, the research evaluated the effect of conventional management of rice (*Oryza sativa* L.) under irrigation on physicochemical indicators of the soil, in the Mercedes and Pérez farms, in Yurimaguas, Alto Amazonas province, Loreto region. It is a correlational non-experimental investigation, with statistical adjustment of a completely randomized design, where the treatments are made up of the secondary forest (BS) and the areas with conventional rice management of one (A1), five (A5) and nine years (A9); evaluating physical and chemical indicators of the soil. The results showed significant differences in the sand, silt and clay fractions, with initial reduction of sand, silt and increase of clay and in time slight recovery of the sand, silt fraction and reduction of clay; The chemical indicators in the different treatments and strata present significant differences, except K, the management affects the beginning of the production process (A1) reducing the levels of pH, MO, N, P, K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ and increasing Al³⁺, AC and SAI, and there is a recovery in time (A9), except for the OM and N levels that fall to very low levels. It is concluded that the conventional management applied shows significant effects on the different physicochemical indicators in both strata, negatively affecting the beginning (A1) and recovering over time (A9), however, there are negative long-term effects.

Keywords: chemical fertilization, physical indicators, chemical indicators, organic matter, crop residues.

IX. REFERENCIAS

- AGUILAR, Y. M. (2010). Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de arroz en tres zonas de la cuenca baja del río Guayas- Ecuador. XII congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo. Santo Domingo. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Marco-Aguilar-Arroz.-UTE-Ecuador.pdf>
- ALEJANDRO, M. D. (2016). Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y seco bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57887>
- ALVAREZ, H. J., DAZA, T. C., MENDOZA, F.C. (2008). Aplicación de un fertilizante enriquecido con silicio y materia orgánica en arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado en Ibagué y el Guamo (Tolima, Colombia). Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 61(2): 4605-4617. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24789/25338>
- BACHA, R. E. (2002). Princípios básicos para a adubação de arroz irrigado. En: EPAGRI (Eds). Arroz irrigado sistema pre germinado. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. Florianópolis Brasil. Pp. 77-99
- BARAHONA, A. L., VILLAREAL, N.J., GONZALEZ, C. W. y QUIRO, M. E. (2019). Absorción de nutrientes en arroz en un suelo Inceptisols bajo riego en Coclé, Panamá. Agronomía Mesoamericana. 30(02): 407-424. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33997>

- CASTILLO, L. A. (2000). Relación entre las propiedades físicas de suelo y el desarrollo morfológico de la planta de arroz. *Arroz*. 49(424): 1-37
- CONTRERAS, F.L. (2016). Aplicación de fósforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. Tinajones en Jequetepeque. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima Perú. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2623>
- ÇAY, A. (2018). Impact of different tillage management on soil and grain quality in the Anatolian paddy rice production. *Plant Soil Environ.*, 64 (7): 303–309. Disponible en: <https://doi.org/10.17221/277/2018-PSE>
- DAS, A., SHARMA, R.P., CHATTOPADHYAYA, N. and RAKSHIT R. (2014). Yield trends and nutrient budgeting under a long-term (28 years) nutrient management in rice-wheat cropping system under subtropical climatic condition. *Plant Soil Environ.* 60(8): 351–357
- Datos Climáticos Mundiales-CLIMATE-DATA.ORG. (2020). Clima de Yurimaguas. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/loreto/yurimaguas-28033/>
- DOMÍNGUEZ, V. C., DÍAZ, L. G., DOMÍNGUEZ, P. D., MIRANDA, C. A., DUARTE, D. C., RUIZ, S., RODRÍGUEZ, G. A. Y MARTIN, F. R. (2020). Influencia de la Agricultura de Conservación sobre propiedades del suelo bajo cultivo de arroz irrigado. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 29(03): 75-83. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v29n3/2071-0054-rcta-29-03-75.pdf>
- EFFENDI, A.R., ZUHRY, E. y ARIANI, E. (2021). Efectos de la aplicación de lodos a diferentes concentraciones sobre el crecimiento y producción de arroz (*Oryza sativa* L.) utilizando un canal de agua establecido por debajo de la superficie del suelo. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 74(1): 9395-9401. DOI: <http://10.15446/rfnam.v74n1.85335>
- Federación Nacional de Arroceros de Colombia-FEDEARROZ. (2001). Arroz en Colombia 1980 –2001. FEDEARROZ, Bogotá. 183 p. Disponible en:

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17235/41570_41533.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- GABRIEL, V. E. (2014). Efecto del abonado orgánico en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en sistema de secano favorecido en Tingo María. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/165/AGR-609.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GUZMÁN, D. (2006) Manejo agronómico del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) sembrado bajo riego en finca ranchos horizonte; Cañas; Guanacaste, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. 111p. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/2837>
- HOLDRIDGE, R.L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José- Costa Rica, 216 pp.
- JARA, C. J. (2003). Comportamiento de nueve variedades y cinco líneas experimentales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego en Tulumayo. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Leoncio Prado, Peru. Disponible em: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/531>
- LIQUN, Z., NAIJUAN, H., MINFANG, Y., XINHUA, Z. y ZHENGWEN, Z. (2014). Effects of Different Tillage and Straw Return on Soil Organic Carbon in a Rice-Wheat Rotation System. PLoS ONE. 9, (2): 1-7
- LV, Z.Z., LIU, X.M., HOU, H.Q., LIU, Y.R., JI, J.H., LAN, X.J. and FENG, Z.B. (2018). Effects of 29-year long-term fertilizer management on soil phosphorus in double-crop rice system. Plant Soil Environ., 64: 221–226.
- LV Y.C., XU G., SUN J.N., BRESTIČ M., ŽIVČÁK M. and H.B. SHAO. (2015). Phosphorus release from the soils in the Yellow River Delta: Dynamic factors and implications for eco-restoration. Plant, Soil and Environment, 61: 339–343.

- Ministerio de Agricultura y Riego- MINAGRI. (2018). Arroz 2001-2017. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas- DGESEP. Disponible en: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/nota-coyuntura-arroz-280818_2.pdf.
- MORALES, L. A. (2004). análisis estadísticos y geoestadísticos en diferentes estadios de algunas propiedades de un suelo bajo cultivo de arroz. Universidad Nacional del Nordeste Argentina. Tesis doctoral. Argentina. Disponible en: https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Tesis_Luis_Alberto_Morales.pdf
- NAVARRO, N., GÁLVEZ, V., OTERO, L. y HERNÁNDEZ, O. (2001). Degradación de los suelos arroceros. Impacto ambiental. En: Resumen del Congreso Latino Americano, XV Encuentro Cubano de la Ciencias del Suelo. 11-16 noviembre. Varadero Cuba.
- PAREDES, A. P. (2013). Zonificación Ecológica y Económica de la provincia de Alto Amazonas. Informe de evaluación del temático de hidrografía – hidrobiología. <http://siar.minam.gob.pe/loreto/download/file/fid/51288>
- PAREDES, C. M., BECERRA, V. V. (2015). Producción de Arroz: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 306. 100 p. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7815>
- PÉREZ, N., GONZÁLEZ, M. C., CASTRO, R. I. (2002). Validación de nuevas variedades cubanas de arroz (*Oryza sativa* L.) para la provincia de Pinar del Río. Cultivos Tropicales 23 (02): 51-54. DOI: <http://dx.doi.org/10.1234/ct.v23i2.650>
- PULGAR, V. J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. Terra Brasilis (Nova Série) 3: 1-20. Disponible en: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>
- QUEVEDO A. M., BELTRÁN, M. J., BARRAGÁN Q. E. (2019). Identificación de variables climáticas y fisiológicas asociadas al rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones tropicales. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 72(1): 8699-8706. DOI: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.72076>

- RAMÍREZ, J., HOYOS, V. y PLAZA, G. (2017). Dinámica poblacional de malezas en cultivos de arroz por aplicaciones herbicidas post-emergentes. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 70(1): 8035-8043. DOI: <http://10.15446/rfna.v70n1.61762>
- RUIZ, M., DÍAZ, G. y POLÓN, R. (2005). Influencia de las tecnologías de preparación de suelo cuando se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.). Cultivos Tropicales, 26 (2): 45-52. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215934008>
- RUIZ, S. M., MUÑOZ, H. Y., AMICO, J. M. Y POLÓN, P. R. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. Cultivos Tropicales. 37(03): 178-186. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193246976020>
- SANJINEZ, S. F. (2019). Sustentabilidad del agroecosistema del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Tumbes, Perú. Tesis doctoral. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. 167 pp. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4083>
- TINOCO, R. & ACUÑA, A. (2009). Cultivo de arroz (*Oryza sativa*): Manual de recomendaciones técnicas. Instituto Nacional en Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INTA. San José, Costa Rica. 73p. http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2018/Cultivo_de_arroz_Tinoco_2009_min_edited.pdf
- VIGNOLA, R., POVEDA, C. K., WATLER, W., VARGAS C. A., BERROCAL S. A., MORALES, M. (2018). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en costa rica cultivo de arroz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA. 149 pp. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Arroz.pdf>

X. ANEXO

10.1. Análisis general y estadístico de indicadores físicos

Cuadro 10. Análisis de fracciones y clasificación de la textura

Nº	Descripción		Fracciones			Textura
	Estratos	Manejo	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	
1	0-0.20 m	BS	31	46	23	Arcilloso
2			29	46	25	
3			29	52	19	
4			23	52	25	
5			31	48	21	
6			21	42	37	
7	0.2-0.4 m	BS	23	46	31	
8			31	46	23	
9			11	58	31	
10			19	50	31	
1	0-0.20 m	A1	7	88	5	Arcilloso
2			9	78	13	
3			7	78	15	
4			7	80	13	
5			7	76	17	
6			9	78	13	
7	0.2-0.4 m	A1	7	86	7	
8			5	84	11	
9			7	76	17	
10			9	74	17	
1	0-0.20 m	A5	21	56	23	Arcilloso
2			7	78	15	
3			5	80	15	
4			7	78	15	
5			7	76	17	
6			11	70	19	
7	0.2-0.4 m	A5	7	84	9	
8			7	82	11	
9			7	80	13	
10			7	76	17	
1	0-0.20 m	A9	15	66	19	Arcilloso
2			15	58	27	
3			19	52	29	
4			15	56	29	
5			9	68	23	
6			13	66	21	
7	0.2-0.4 m	A9	27	46	27	
8			25	52	23	
9			13	60	27	
10			5	64	31	

Cuadro 11. Análisis de varianza de la fracción arena en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Arena					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1371.20 ^a	3	457.07	27.21	0.00
Intersección	4500.00	1	4500.00	267.86	0.00
Tratamiento	1371.20	3	457.07	27.21	0.00
Error	268.80	16	16.80		
Total	6140.00	20			
Total, corregido	1640.00	19			

a. $R^2 = 0.84$ (R^2 ajustada = 0.81)

Cuadro 12. Prueba de Tukey para la fracción arena en estrato 0.0-0.2 m

Variable: Arena			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	B
A1	5	7.40	
A5	5	9.40	
A9	5	14.60	
BS	5		28.60
Sig.		0.06	1.00

Cuadro 13. Análisis de varianza de la fracción arcilla en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Arcilla					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2924.80 ^a	3	974.93	22.16	0.00
Intersección	86067.20	1	86067.20	1956.07	0.00
Tratamiento	2924.80	3	974.93	22.16	0.00
Error	704.00	16	44.00		
Total	89696.00	20			
Total, corregido	3628.80	19			

a. $R^2=0.81$ (R^2 ajustada = 0.77)

Cuadro 14. Prueba de Tukey para la fracción arcilla en estrato 0.0-0.2 m

Variable: Arcilla			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	B
BS	5	48.80	
A9	5	60.00	
A5	5		73.60
A1	5		80.00
Sig.		0.07	0.45

Cuadro 15. Análisis de varianza de la fracción limo en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Limo					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	491.20 ^a	3	163.73	11.22	0.00
Intersección	7527.20	1	7527.20	515.56	0.00
Tratamiento	491.20	3	163.73	11.22	0.00
Error	233.60	16	14.60		
Total	8252.00	20			
Total corregido	724.80	19			

a. $R^2 = 0.678$ (R^2 ajustada = 0.62)

Cuadro 16. Prueba de Tukey para la fracción limo en estrato 0.0-0.2 m

Variable: Limo				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
A1	5	12.60		
A5	5	17.00	17.00	
BS	5		22.60	22.60
A9	5			25.40
Sig.		0.30	0.14	0.66

10.1.2. Estrato de evaluación 0.20-0.40 m

Cuadro 17. Análisis de varianza de la fracción arena en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Arena					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	676.00 ^a	3	225.33	6.31	0.005
Intersección	3484.80	1	3484.80	97.61	0.00
Tratamiento	676.00	3	225.33	6.31	0.005
Error	571.20	16	35.70		
Total	4732.00	20			
Total. corregido	1247.20	19			

a. $R^2 = 0.54$ (R^2 ajustada = 0.46)

Cuadro 18. Prueba de Tukey para la fracción arena en estrato 0.2-0.4 m

Variable: Arena			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A1	5	7.40	
A5	5	7.80	
A9	5	16.60	16.60
BS	5		21.00
Sig.		0.11	0.66

Cuadro 19. Análisis de varianza de la fracción arcilla en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Arcilla					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3595.20 ^a	3	1198.40	29.02	0.00
Intersección	87120	1	87120	2109.44	0.00
Tratamiento	3595.20	3	1198.40	29.02	0.00
Error	660.80	16	41.30		
Total	91376	20			
Total. corregido	4256	19			

a. $R^2 = 0.845$ (R^2 ajustada = 0.816)

Cuadro 20. Prueba de Tukey para la fracción arcilla en estrato 0.2-0.4 m

Variable: Arcilla			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
BS	5	48.40	
A9	5	57.60	
A5	5		78.40
A1	5		79.60
Sig.		0.15	0.99

Cuadro 21. Análisis de varianza de la fracción limo en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Limo					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1154.40 ^a	3	384.80	20.47	0.00
Intersección	8652.80	1	8652.80	460.26	0.00
Tratamiento	1154.40	3	384.80	20.47	0.00
Error	300.80	16	18.80		
Total	10108.00	20			
Total. corregido	1455.20	19			

a. $R^2 = 0.79$ (R^2 ajustada = 0.76)

Cuadro 22. Prueba de Tukey para la fracción limo en estrato 0.2-0.4 m

Variable: Limo			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A1	5	13.00	
A5	5	13.80	
A9	5		25.80
BS	5		30.60
Sig.		0.99	0.33

10.2. Análisis general y estadístico de indicadores químicos

Cuadro 23. Análisis general de indicadores químicos de fertilidad

Nº	Descripción		Indicadores				
	Estrato	Manejo	pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
1			4.78	3.15	0.16	6.32	71.77
2			4.8	3.18	0.16	6.8	72.57
3	(0.0-0.2 m)	BS	4.9	3.9	0.2	7.48	72.37
4			4.54	4.11	0.21	7.2	71.26
5			4.67	4.78	0.24	7.4	73.87
6			4.72	1.21	0.06	2.87	72.41
7			4.7	1.51	0.08	3.6	73.32
8	(0.2-0.4 m)	BS	4.79	1.45	0.07	4.24	73.23
9			4.64	1.33	0.07	2.15	72.35
10			4.97	1.45	0.07	3.2	74.97
1			4.77	2.78	0.14	4.69	77.97
2			4.73	2.42	0.12	3.44	78.92
3	(0.0-0.2 m)	A1	4.66	2.3	0.11	4.55	73.37
4			4.6	2.24	0.11	4.9	76.17
5			4.46	1.57	0.08	2.47	78.67
6			4.78	1.09	0.05	3.11	78.82
7			4.6	1.39	0.07	1.99	89.97
8	(0.2-0.4 m)	A1	4.67	1.51	0.08	2.07	75.77
9			4.5	1.94	0.1	3.76	79.22
10			4.61	1.69	0.08	2.07	81.12
1			5.22	1.88	0.09	4.48	84.96
2			4.91	2.97	0.15	10.42	74.47
3	(0.0-0.2 m)	A5	4.92	2.18	0.11	5.84	79.96
4			4.97	2.24	0.11	7.29	76.97
5			4.82	3.15	0.16	5.92	64.97
6			4.93	1.82	0.09	4.24	94.97
7			4.88	1.57	0.08	7.05	76.44
8	(0.2-0.4 m)	A5	5.03	0.79	0.04	3.68	82.46
9			5	1.94	0.1	5.52	79.47
10			5.03	2.12	0.11	6.68	78.97
1			4.62	1.75	0.09	5.52	72.47
2			4.75	1.75	0.09	9.53	73.97
3	(0.0-0.2 m)	A9	4.8	1.09	0.05	7.29	74.47
4			4.82	1.15	0.06	4.48	81.96
5			4.82	2.18	0.11	8.65	75.97
6			5.2	1.09	0.05	2.15	78.47
7			4.92	0.54	0.03	3.11	74.97
8	(0.2-0.4 m)	A9	5.32	0.73	0.04	4.56	84.96
9			5.25	0.67	0.03	2.87	88.96
10			5.09	1.39	0.07	4.8	79.47

Cuadro 24. Análisis general de indicadores químicos intercambiables

Descripción			Cmol ⁽⁺⁾ /kg				(%)		
Nº	Estrato	Manejo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CICe	BC	AC	SA
			4,21	0,62	7,47	12,33	39	61	61
2			4,64	0,68	5,65	11,32	47	53	50
3	(0.0-0.2 m)	BS	5,51	0,77	7,4	13,78	46	54	54
4			3,34	0,51	7,7	11,65	33	67	66
5			4,33	0,65	8,9	13,98	36	64	64
6			4,45	0,65	9,44	15,1	34	66	63
7			4,3	0,61	8,85	14,41	34	66	61
8	(0.2-0.4 m)	BS	4,67	0,65	10,5	16,32	33	67	64
9			3,79	0,58	6,5	11,27	39	61	58
10			5,76	0,79	7,45	14,53	45	55	51
1			5,06	0,71	15,35	22,77	25	75	67
2			4,35	0,68	11	16,22	31	69	38
3	(0.0-0.2 m)	A1	4,31	0,65	12,8	18,22	27	73	70
4			3,55	0,54	13,54	17,69	23	77	77
5			2,93	0,45	12,8	16,88	20	80	76
6			5	0,73	10,3	16,13	36	64	64
7			4,12	0,63	12,35	17,6	27	73	70
8	(0.2-0.4 m)	A1	4,36	0,66	11,25	16,57	30	70	68
9			3,27	0,5	15,84	21,61	17	83	73
10			3,52	0,53	11,54	18,83	22	78	61
1			6,17	0,87	6,75	14,06	50	50	48
2			5,54	0,84	2,5	9,08	70	30	28
3	(0.0-0.2 m)	A5	6,58	1,01	5,6	13,38	57	43	42
4			5,5	0,81	5,5	11,93	53	47	46
5			6,04	0,8	5,35	12,4	55	45	43
6			5,61	0,85	7,58	14,56	44	56	52
7			5,41	0,82	3,9	11,03	56	44	35
8	(0.2-0.4 m)	A5	6,48	0,93	3,87	11,98	62	38	32
9			6,95	0,95	3,5	12,7	62	38	28
10			7,57	1,01	4,29	13,02	66	34	33
1			4,44	0,67	8,4	13,61	38	62	62
2			4,62	0,7	7,64	13,02	41	59	59
3	(0.0-0.2 m)	A9	4,92	0,73	7,1	13,26	43	57	54
4			5,95	0,83	9,6	16,68	41	59	58
5			4,8	0,77	6,96	13,07	43	57	53
6			5,07	0,75	5,8	11,92	49	51	49
7			5,52	0,83	6,12	12,81	50	50	48
8	(0.2-0.4 m)	A9	5,93	0,85	6	13,98	48	52	43
9			6,56	0,88	5	12,64	59	41	40
10			6,17	0,84	5,82	13,21	53	47	44

10.2.1 potencial de hidrogeno (pH)

Cuadro 25. Análisis de varianza del pH en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.28 ^a	3	0.09	5.86	0.007
Intersección	456.59	1	456.59	28698.03	0.00
Tratamiento	0.28	3	0.09	5.86	0.007
Error	0.26	16	0.02		
Total	457.12	20			
Total, corregido	0.53	19			

a. $R^2 = 0.523$ (R^2 ajustada = 0.434)

Cuadro 26. Prueba de Tukey para el pH en estrato 0.0-0.2 m

Variable: pH			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	B
A1	5	4.64	
BS	5	4.74	
A9	5	4.76	4.76
A5	5		4.97
Sig.		0.47	0.08

Cuadro 27. Análisis de varianza del pH en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.80 ^a	3	0.27	19.19	0.00
Intersección	476.58	1	476.58	34311.08	0.00
Tratamiento	0.80	3	0.27	19.19	0.00
Error	0.22	16	0.01		
Total	477.60	20			
Total, corregido	1.02	19			

a. $R^2 = 0.78$ (R^2 ajustada = 0.74)

Cuadro 28. Prueba de Tukey para el pH en estrato 0.2-0.4 m

Variable: pH				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	C
A1	5	4.63		
BS	5	4.76	4.76	
A5	5		4.97	4.97
A9	5			5.16
Sig.		0.32	0.05	0.11

10.2.2 Materia orgánica (MO)

Cuadro 29. Análisis de varianza de la MO en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: MO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	13.22 ^a	3	4.41	15.05	0.00
Intersección	128.88	1	128.88	440.25	0.00
Tratamiento	13.22	3	4.41	15.05	0.00
Error	4.68	16	0.29		
Total	146.78	20			
Total, corregido	17.89	19			

a. R²= 0.74 (R² ajustada = 0.69)

Cuadro 30. Prueba de Tukey para la MO en estrato 0.0-0.2 m

Variable: MO			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A9	5	1.58	
A1	5	2.26	
A5	5	2.48	
BS	5		3.82
Sig.		0.08	1.00

Cuadro 31. Análisis de varianza de la MO en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: MO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1.69 ^a	3	0.56	4.43	0.019
Intersección	37.07	1	37.07	292.07	0.00
Tratamiento	1.69	3	0.56	4.43	0.019
Error	2.03	16	0.13		
Total	40.79	20			
Total, corregido	3.717	19			

a. $R^2 = 0.45$ (R^2 ajustada = 0.35)

Cuadro 32. Prueba de Tukey para la MO en estrato 0.2-0.4 m

Variable: MO			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A9	5	0.88	
BS	5	1.39	1.39
A1	5	1.52	1.52
A5	5		1.65
Sig.		0.05	0.67

10.2.3 Nitrógeno (N)

Cuadro 33. Análisis de varianza del N en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	.035 ^a	3	0.01	14.76	0.00
Intersección	0.33	1	0.33	415.50	0.00
Tratamiento	0.04	3	0.01	14.76	0.00
Error	0.01	16	0.001		
Total	0.37	20			
Total, corregido	0.05	19			

a. $R^2 = 0.74$ (R^2 ajustada = 0.69)

Cuadro 34. Prueba de Tukey para el N en estrato 0.0-0.2 m

Variable: N			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A9	5	0.08	
A1	5	0.11	
A5	5	0.12	
BS	5		0.19
Sig.		0.10	1.00

Cuadro 35. Análisis de varianza del N en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: N					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	.004 ^a	3	0.001	4.31	0.02
Intersección	0.09	1	0.09	270.06	0.00
Tratamiento	0.004	3	0.001	4.31	0.02
Error	0.006	16	0.00		
Total	0.104	20			
Total, corregido	0.01	19			

a. $R^2 = 0.45$ (R^2 ajustada = 0.34)

Cuadro 36. Prueba de Tukey para el N en estrato 0.2-0.4 m

Variable: N			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A9	5	0.04	
BS	5	0.07	0.07
A1	5	0.08	0.08
A5	5		0.08
Sig.		0.07	0.64

10.2.4 Fosforo (P)

Cuadro 37. Análisis de varianza del P en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: P					
Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	33.223 ^a	3	11.074	4.093	0.025
Intersección	777.130	1	777.130	287.202	0.000
Tratamiento	33.223	3	11.074	4.093	0.025
Error	43.294	16	2.706		
Total	853.647	20			
Total, corregido	76.517	19			

a. $R^2 = 0.43$ (R^2 ajustada = 0.33)

Cuadro 38. Prueba de Tukey para el P en estrato 0.0-0.2 m

Variable: P			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A1	5	4.01	
A5	5	6.79	6.79
BS	5		7.04
A9	5		7.09
Sig.		0.07	0.99

Cuadro 39. Análisis de varianza del P en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	22.475 ^a	3	7.492	6.359	0.005
Intersección	271.732	1	271.732	230.642	0.000
Tratamiento	22.475	3	7.492	6.359	0.005
Error	18.850	16	1.178		
Total	313.057	20			
Total, corregido	41.325	19			

a. $R^2 = 0.54$ (R^2 ajustada = 0.46)

Cuadro 40. Prueba de Tukey para el P en estrato 0.2-0.4 m

Variable: P			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A1	5	2.60	
BS	5	3.21	
A9	5	3.49	3.49
A5	5		5.43
Sig.		0.57	0.05

10.2.5 Potasio (K⁺)

Cuadro 41. Análisis de varianza del K en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: K ⁺					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	63.47 ^a	3	21.16	1.13	0.367
Intersección	113569.03	1	113569.03	6059.23	0.00
Tratamiento	63.47	3	21.16	1.13	0.367
Error	299.89	16	18.74		
Total	113932.39	20			
Total, corregido	363.37	19			

a. R²= 0.18 (R² ajustada = 0.02)

Cuadro 42. Análisis de varianza del K⁺ en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: K ⁺					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	267.16 ^a	3	89.05	3.11	0.056
Intersección	126455.89	1	126455.89	4421.89	0.00
Tratamiento	267.16	3	89.05	3.11	0.056
Error	457.56	16	28.59		
Total	127180.61	20			
Total, corregido	724.72	19			

a. R²= 0.37 (R² ajustada = 0.25)

10.2.6. Calcio (Ca²⁺)

Cuadro 43. Análisis de varianza del Ca en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Ca ²⁺					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	10.54 ^a	3	3.51	7.65	0.002
Intersección	468.42	1	468.42	1019.57	0.00
Tratamiento	10.54	3	3.51	7.65	0.002
Error	7.35	16	0.46		
Total	486.30	20			
Total,	17.89	19			

a. R²= 0.59 (R² ajustada = 0.51)

Cuadro 44. Prueba de Tukey para el Ca²⁺ en estrato 0.0-0.2 m

Variable: Ca ²⁺			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A1	5	4.04	
BS	5	4.41	
A9	5	4.95	4.95
A5	5		5.97
Sig.		0.19	0.12

Cuadro 45. Análisis de varianza del Ca en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Ca ²⁺					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	17.75 ^a	3	5.92	10.98	0.00
Intersección	546.12	1	546.12	1013.23	0.00
Tratamiento	17.75	3	5.92	10.98	0.00
Error	8.62	16	0.54		
Total	572.49	20			
Total, corregido	26.37	19			

a. R²= 0.67 (R² ajustada = 0.61)

Cuadro 46. Prueba de Tukey para el Ca^{2+} en estrato 0.2-0.4 m

Variable: Ca^{2+}				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
A1	5	4.05		
BS	5	4.59	4.59	
A9	5		5.85	5.85
A5	5			6.40
Sig.		0.66	0.07	0.64

10.2.7. Magnesio (Mg^{2+})

Cuadro 47. Análisis de varianza del Mg^{2+} en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Mg^{2+}					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.20 ^a	3	0.07	8.40	0.001
Intersección	10.21	1	10.21	1284.71	0.00
Tratamiento	0.20	3	0.07	8.40	0.001
Error	0.13	16	0.008		
Total	10.54	20			
Total, corregido	0.33	19			

a. $R^2 = 0.61$ (R^2 ajustada = 0.54)

Cuadro 48. Prueba de Tukey para el Mg^{2+} en estrato 0.0-0.2 m

Variable: Mg^{2+}				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	
A1	5	0.61		
BS	5	0.65		
A9	5	0.74	0.74	
A5	5			0.87
Sig.		0.12		0.16

Cuadro 49. Análisis de varianza del Mg^{2+} en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Mg^{2+}					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.305 ^a	3	0.10	17.18	0.00
Intersección	11.31	1	11.31	1908.87	0.00
Tratamiento	0.31	3	0.10	17.18	0.00
Error	0.09	16	0.01		
Total	11.71	20			
Total, corregido	0.40	19			

a. $R^2 = 0.76$ (R^2 ajustada = 0.72)

Cuadro 50. Prueba de Tukey para el Mg^{2+} en estrato 0.2-0.4 m

Variable: Mg^{2+}				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	
A1	5	0.610		
BS	5	0.656		
A9	5			0.830
A5	5			0.912
Sig.		0.78		0.36

10.2.8 Aluminio (Al^{3+})

Cuadro 51. Análisis de varianza del Al^{3+} en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Al^{3+}					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	169.315 ^a	3	56.438	30.180	0.000
Intersección	1411.368	1	1411.368	754.722	0.000
Tratamiento	169.315	3	56.438	30.180	0.000
Error	29.921	16	1.870		
Total	1610.604	20			
Total, corregido	199.236	19			

a. $R^2 = 0.850$ (R^2 ajustada = 0.822)

Cuadro 52. Prueba de Tukey para el Al^{3+} en estrato 0.0-0.2 m

Variable: Al^{3+}				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
A5	5	5.14		
BS	5	7.42	7.42	
A9	5		7.94	
A1	5			13.09
Sig.		0.08	0.93	1.00

Cuadro 53. Análisis de varianza del Al^{3+} en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Al^{3+}					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	173.44 ^a	3	57.81	22.97	0.00
Intersección	1215.24	1	1215.24	482.76	0.00
Tratamiento	173.44	3	57.81	22.97	0.00
Error	40.28	16	2.52		
Total	1428.96	20			
Total, corregido	213.72	19			

a. $R^2 = 0.81$ (R^2 ajustada = 0.77)

Cuadro 54. Prueba de Tukey para el Al^{3+} en estrato 0.2-0.4 m

Variable: Al^{3+}				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
A5	5	4.63		
A9	5	5.75	5.75	
BS	5		8.55	
A1	5			12.26
Sig.		0.69	0.06	1.00

10.2.9. Capacidad de intercambio de cationes (CIC)

Cuadro 55. Análisis de varianza de la CIC en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: CIC					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	119.86 ^a	3	39.952	11.22	0.00
Intersección	4070.66	1	4070.66	1143.19	0.00
Tratamiento	119.86	3	39.95	11.22	0.00
Error	56.97	16	3.56		
Total	4247.49	20			
Total, corregido	176.83	19			

a. $R^2 = 0.68$ (R^2 ajustada = 0.62)

Cuadro 56. Prueba de Tukey para la CIC en estrato 0.0-0.2 m

Variable: CIC			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A5	5	12.17	
BS	5	12.61	
A9	5	13.93	
A1	5		18.36
Sig.		0.48	1.00

Cuadro 57. Análisis de varianza de la CIC en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	96.26 ^a	3	32.09	12.1	0.00
Intersección	4211.38	1	4211.38	1587.91	0.00
Tratamiento	96.26	3	32.09	12.1	0.00
Error	42.44	16	2.65		
Total	4350.08	20			
Total, corregido	138.69	19			

a. $R^2 = 0.69$ (R^2 ajustada = 0.64)

Cuadro 58. Prueba de Tukey para la CIC en estrato 0.2-0.4 m

Variable: CIC				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	
A5	5	12.66		
A9	5	12.91		
BS	5	14.33		
A1	5			18.15
Sig.		0.39		1.00

10.2.10. Bases cambiables (BC)

Cuadro 59. Análisis de varianza de las BC en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: BC					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2531.400 ^a	3	843.800	28.459	0.000
Intersección	33456.200	1	33456.200	1128.371	0.000
Tratamiento	2531.400	3	843.800	28.459	0.000
Error	474.400	16	29.650		
Total	36462.000	20			
Total, corregido	3005.800	19			

a. $R^2 = 0.84$ (R^2 ajustada = 0.81)

Cuadro 60. Prueba de Tukey para las BC en estrato 0.0-0.2 m

Variable: BC				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
A1	5	25.20		
BS	5		40.20	
A9	5		41.20	
A5	5			57.00
Sig.		1.00	0.99	1.00

Cuadro 61. Análisis de varianza de las BC en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3068.200 ^a	3	1022.733	23.716	0.000
Intersección	37497.800	1	37497.800	869.514	0.000
Tratamiento	3068.200	3	1022.733	23.716	0.000
Error	690.000	16	43.125		
Total	41256.000	20			
Total, corregido	3758.200	19			

a. $R^2 = 0.82$ (R^2 ajustada = 0.78)

Cuadro 62. Prueba de Tukey para las BC en estrato 0.2-0.4 m

Variable: BC			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A1	5	26.40	
BS	5	37.00	
A9	5		51.80
A5	5		58.00
Sig.		0.09	0.46

10.2.11. Acides cambiables (AC)

Cuadro 63. Análisis de varianza de la AC en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: AC					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2531.40 ^a	3	843.80	28.46	0.00
Intersección	69856.20	1	69856.20	2356.03	0.00
Tratamiento	2531.40	3	843.80	28.46	0.00
Error	474.40	16	29.65		
Total	72862.00	20			
Total, corregido	3005.80	19			

a. $R^2 = .84$ (R^2 ajustada = 0.81)

Cuadro 64. Prueba de Tukey para la AC en estrato 0.0-0.2 m

Variable: AC					
HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	
A5	5	43.00			
A9	5		58.80		
BS	5		59.80		
A1	5				74.80
Sig.		1.00	0.99		1.00

Cuadro 65. Análisis de varianza de la AC en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3068.20 ^a	3	1022.73	23.72	0.00
Intersección	64297.80	1	64297.80	1490.96	0.00
Tratamiento	3068.20	3	1022.73	23.72	0.00
Error	690.00	16	43.13		
Total	68056.00	20			
Total, corregido	3758.20	19			

a. R²= 0.82 (R² ajustada = 0.78)

Cuadro 66. Prueba de Tukey para la AC en estrato 0.2-0.4 m

Variable: AC					
HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b		
A5	5	42.00			
A9	5	48.20			
BS	5				63.00
A1	5				73.60
Sig.		0.46			0.09

10.2.12. Saturación de aluminio (SAI)

Cuadro 67. Análisis de varianza de la SAI en estrato 0.0-0.2 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: SAI					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1578.000 ^a	3	526.00	5.58	0.008
Intersección	62272.800	1	62272.80	661.07	0.00
Tratamiento	1578.000	3	526.00	5.58	0.008
Error	1507.200	16	94.20		
Total	65358.000	20			
Total, corregido	3085.200	19			

a. $R^2 = 0.51$ (R^2 ajustada = 0.42)

Cuadro 68. Prueba de Tukey para la SAI en estrato 0.0-0.2 m

Variable: SAI			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A5	5	41.40	
A9	5	57.20	57.20
BS	5		59.00
A1	5		65.60
Sig.		0.09	0.54

Cuadro 69. Análisis de varianza de la SAI en estrato 0.2-0.4 m

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: SAI					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2967.75 ^a	3	989.25	26.35	0.00
Intersección	53768.45	1	53768.45	1431.92	0.00
Tratamiento	2967.75	3	989.25	26.35	0.00
Error	600.80	16	37.55		
Total	57337.00	20			
Total, corregido	3568.55	19			

a. $R^2 = 0.83$ (R^2 ajustada = 0.80)

Cuadro 70. Prueba de Tukey para la SAI en estrato 0.2-0.4 m

Variable: SAI			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
A5	5	36.00	
A9	5	44.80	
BS	5		59.40
A1	5		67.20
Sig.		0.15	0.22

10.3. Análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - WhatsApp 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: DANIEL TRIGOSO BECERRIL																										
N°	DATOS				ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					Cice	%	Bas. Camb.	%	Ac. Camb.	%	Sat. AI
	COD LAB	CULTIVO	EDAD	muestra	prof	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	ppm	ppm							
1	S1123	ARROZ	9 años	1	0-20cm	15	66	19	Arcilloso	4.62	1.75	0.09	5.52	72.47	----	4.44	0.67	--	--	8.40	0.10	13.61	38	62	62	62
2	S1124	ARROZ	9 años	1	0-40cm	13	66	21	Arcilloso	5.20	1.09	0.05	2.15	78.47	----	5.07	0.75	--	--	5.80	0.30	11.92	49	51	49	49
3	S1125	ARROZ	9 años	2	0-20cm	15	58	27	Arcilloso	4.75	1.75	0.09	9.53	73.97	----	4.62	0.70	--	--	7.64	0.06	13.02	41	59	59	59
4	S1126	ARROZ	9 años	2	0-40cm	27	46	27	Arcilloso	4.92	0.54	0.03	3.11	74.97	----	5.52	0.83	--	--	6.12	0.34	12.81	50	50	48	48
5	S1127	ARROZ	9 años	3	0-20cm	19	52	29	Arcilloso	4.80	1.09	0.05	7.29	74.47	----	4.92	0.73	--	--	7.10	0.50	13.26	43	57	54	54
6	S1128	ARROZ	9 años	3	0-40cm	25	52	23	Arcilloso	5.32	0.73	0.04	4.56	84.96	----	5.93	0.85	--	--	6.00	1.20	13.98	48	52	43	43
7	S1129	ARROZ	9 años	4	0-20cm	15	56	29	Arcilloso	4.82	1.15	0.06	4.48	81.96	----	5.95	0.83	--	--	9.60	0.30	16.68	41	59	58	58
8	S1130	ARROZ	9 años	4	0-40cm	13	60	27	Arcilloso	5.25	0.67	0.03	2.87	88.96	----	6.56	0.88	--	--	5.00	0.20	12.64	59	41	40	40
9	S1131	ARROZ	9 años	5	0-20cm	9	68	23	Arcilloso	4.82	2.18	0.11	8.65	75.97	----	4.80	0.77	--	--	6.96	0.54	13.07	43	57	53	53
10	S1132	ARROZ	9 años	5	0-40cm	5	64	31	Arcilloso	5.09	1.39	0.07	4.80	79.47	----	6.17	0.84	--	--	5.82	0.38	13.21	53	47	44	44
11	S1133	ARROZ	5 años	1	0-20cm	21	56	23	Arcilloso	5.22	1.88	0.09	4.48	84.96	----	6.19	0.87	--	--	6.75	0.25	14.06	50	50	48	48
12	S1134	ARROZ	5 años	1	0-40cm	11	70	19	Arcilloso	4.93	1.82	0.09	4.24	94.97	----	5.61	0.85	--	--	7.58	0.52	14.56	44	56	52	52
13	S1135	ARROZ	5 años	2	0-20cm	7	78	15	Arcilloso	4.91	2.97	0.15	10.42	74.47	----	5.54	0.84	--	--	2.50	0.20	9.08	70	30	28	28
14	S1136	ARROZ	5 años	2	0-40cm	7	84	9	Arcilloso	4.88	1.57	0.08	7.05	76.44	----	5.41	0.82	--	--	3.90	0.90	11.03	56	44	35	35
15	S1137	ARROZ	5 años	3	0-20cm	5	80	15	Arcilloso	4.92	2.18	0.11	5.84	79.96	----	6.58	1.01	--	--	5.60	0.20	13.38	57	43	42	42
16	S1138	ARROZ	5 años	3	0-40cm	7	82	11	Arcilloso	5.03	0.79	0.04	3.68	82.46	----	6.48	0.93	--	--	3.87	0.70	11.98	62	38	32	32
17	S1139	ARROZ	5 años	4	0-20cm	7	78	15	Arcilloso	4.97	2.24	0.11	7.29	76.97	----	5.50	0.81	--	--	5.50	0.12	11.93	53	47	46	46
18	S1140	ARROZ	5 años	4	0-40cm	7	80	13	Arcilloso	5.00	1.94	0.10	5.52	79.47	----	6.95	0.95	--	--	3.50	1.30	12.70	62	38	28	28
19	S1141	ARROZ	5 años	5	0-20cm	7	76	17	Arcilloso	4.82	3.15	0.16	5.92	64.97	----	6.04	0.80	--	--	5.35	0.21	12.40	55	45	43	43
20	S1142	ARROZ	5 años	5	0-40cm	7	76	17	Arcilloso	5.03	2.12	0.11	6.68	78.97	----	7.57	1.01	--	--	4.29	0.15	13.02	66	34	33	33

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
TINGO MARIA, 17 DE NOVIEMBRE 2020
RECIBO N° 001-0616072



[Handwritten Signature]
Ing. Lic. Anapsia Miranda
JFFC



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - WhatsApp 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: DANIEL TRIGOSO BECERRIL																														
N°	DATOS					ANÁLISIS MECANICO					pH	M.O.	N	P	K		CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CiCe	%	Ac. Camb.	%	Sat. AI		
	COD LAB	CULTIVO	EDAD	muestra	prof	Arena		Limo	Textura	1:1					%	ppm		disponible	ppm	Ca	Mg	K	Na						AI	H
						%	%																							
21	S1143	ARROZ	1 año	1	0-20cm	7	88	5	Arcilloso	4.77	2.78	0.14	4.69	77.97	-----	5.06	0.71	--	15.35	1.65	22.77	25	75	67						
22	S1144	ARROZ	1 año	1	0-40cm	9	78	13	Arcilloso	4.78	1.09	0.05	3.11	78.82	-----	5.00	0.73	--	10.30	0.10	16.13	36	64	64						
23	S1145	ARROZ	1 año	2	0-20cm	9	78	13	Arcilloso	4.73	2.42	0.12	3.44	78.92	-----	4.35	0.68	--	11.00	0.19	16.22	31	69	68						
24	S1146	ARROZ	1 año	2	0-40cm	7	86	7	Arcilloso	4.60	1.39	0.07	1.99	89.97	-----	4.12	0.63	--	12.35	0.50	17.60	27	73	70						
25	S1147	ARROZ	1 año	3	0-20cm	7	78	15	Arcilloso	4.66	2.30	0.11	4.55	73.37	-----	4.31	0.65	--	12.80	0.46	18.22	27	73	70						
26	S1148	ARROZ	1 año	3	0-40cm	5	84	11	Arcilloso	4.67	1.51	0.08	2.07	75.77	-----	4.36	0.66	--	11.25	0.30	16.57	30	70	68						
27	S1149	ARROZ	1 año	4	0-20cm	7	80	13	Arcilloso	4.60	2.24	0.11	4.90	76.17	-----	3.55	0.54	--	13.54	0.06	17.69	23	77	77						
28	S1150	ARROZ	1 año	4	0-40cm	7	76	17	Arcilloso	4.50	1.94	0.10	3.76	79.22	-----	3.27	0.50	--	15.84	2.00	21.61	17	83	73						
29	S1151	ARROZ	1 año	5	0-20cm	7	76	17	Arcilloso	4.46	1.57	0.08	2.47	78.67	-----	2.93	0.45	--	12.80	0.70	16.88	20	80	76						
30	S1152	ARROZ	1 año	5	0-40cm	9	74	17	Arcilloso	4.61	1.69	0.08	2.07	81.12	-----	3.52	0.53	--	11.54	3.24	18.83	22	78	61						
31	S1153	ARROZ	bosque	1	0-20cm	31	46	23	Arcilloso	4.78	3.15	0.16	6.32	71.77	-----	4.21	0.62	--	7.47	0.03	12.33	39	61	61						
32	S1154	ARROZ	bosque	1	0-40cm	21	42	37	Arcilloso	4.72	1.21	0.06	2.87	72.41	-----	4.45	0.65	--	9.44	0.56	15.10	34	66	63						
33	S1155	ARROZ	bosque	2	0-20cm	29	46	25	Arcilloso	4.80	3.18	0.16	6.80	72.57	-----	4.64	0.68	--	5.65	0.35	11.32	47	53	50						
34	S1156	ARROZ	bosque	2	0-40cm	23	46	31	Arcilloso	4.70	1.51	0.08	3.60	73.32	-----	4.30	0.61	--	8.85	0.65	14.41	34	66	61						
35	S1157	ARROZ	bosque	3	0-20cm	29	52	19	Arcilloso	4.90	3.90	0.20	7.48	72.37	-----	5.51	0.77	--	7.40	0.10	13.78	46	54	54						
36	S1158	ARROZ	bosque	3	0-40cm	31	46	23	Arcilloso	4.79	1.45	0.07	4.24	73.23	-----	4.67	0.65	--	10.50	0.50	16.32	33	67	64						
37	S1159	ARROZ	bosque	4	0-20cm	23	52	25	Arcilloso	4.54	4.11	0.21	7.20	71.26	-----	3.34	0.51	--	7.70	0.10	11.65	33	67	66						
38	S1160	ARROZ	bosque	4	0-40cm	11	58	31	Arcilloso	4.64	1.33	0.07	2.15	72.35	-----	3.79	0.58	--	6.50	0.40	11.27	39	61	58						
39	S1161	ARROZ	bosque	5	0-20cm	31	48	21	Arcilloso	4.67	4.78	0.24	7.40	73.87	-----	4.33	0.65	--	8.90	0.10	13.98	36	64	64						
40	S1162	ARROZ	bosque	5	0-40cm	19	50	31	Arcilloso	4.97	1.45	0.07	3.20	74.97	-----	5.76	0.79	--	7.45	0.53	14.53	45	55	51						

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 17 DE NOVIEMBRE 2020

RECIBO N° 001-0616072



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Facultad de Agronomía
Laboratorio de Análisis de Suelos

[Firma]
D. Daniel Trigo Becerril
Jefe

