# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### MAESTRIA EN CIENCIAS AGRICOLAS
### MENCION: AGRICULTURA SOSTENIBLE

# EFECTO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ BAJO RIEGO EN LA PROVINCIA DE RIOJA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

**Tesis**

**Para optar el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS AGRICOLAS,**

**MENCIÓN: AGRICULTURA SOSTENIBLE**

**PRESENTADO POR:**

**YESENIA NERITH VINCES MORI**

**ASESOR**

**JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO**

**Tingo María – Perú**

**2023**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
# ESCUELA DE POSGRADO
## UNIDAD DE POSGRADO – FACULTAD DE AGRONOMÍA

**"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
## Nro. 04-2023-UP-FA-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 09:00 a.m., del jueves 30 de noviembre de 2023, reunidos en la sala de audiovisuales de la Facultad de Agronomía, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**"EFECTO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ BAJO RIEGO EN LA PROVINCIA DE RIOJA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN"**

A cargo de la candidata al Grado de Maestro en Ciencias Agrícolas, mención: Agricultura Sostenible, **Ing. YESENIA NERITH VINCES MORI.**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **BUENO.**

Acto seguido, a horas 11:00 a.m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
*Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI*
**Presidente del Jurado**

.....
*M. Sc. LUIS MANSILLA MINAYA*
**Miembro del Jurado**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE AGRONOMÍA UNIDAD DE POSGRADO Tingo María

.....
*Dr. EDILBERTO CESAR DAVILA ZAMORA*
**Miembro del Jurado**

.....
*Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO*
**Asesor**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

# CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 016 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación 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).

Programa de Estudio:

| |
|---|
| Maestría en Agricultura Sostenible |

Tipo de documento:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tesis | X | Trabajo de Suficiencia Profesional | |

| TÍTULO | AUTOR | PORCENTAJE DE SIMILITUD |
|---|---|---|
| EFECTO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ BAJO RIEGO EN LA PROVINCIA DE RIOJA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN | YESENIA NERITH VINCES MORI | 22 %<br>Veintidós |

Tingo María, 21 de enero de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTION DE LA INVESTIGACION
Dr. Tomas Menacho Maiquí
JEFE

C.C. Archivo

# UNIVESIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
### MENCIÓN AGRICULTURA SOSTENIBLE

# EFECTO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ BAJO RIEGO EN LA PROVINCIA DE RIOJA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN


**Autor** : **Yesenia Nerith Vinces Mori**

**Asesor** : **Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano**


**Área de investigación** : **Suelos y fertilizantes**

**Líneas de Investigación** : **Fertilidad, clasificación, manejo y conservación de suelos**

**Eje temático** : **Arroz Bajo Riego**

**Lugar de Ejecución** : **Distrito de Posic, provincia de Rioja, región San Martín**

**Duración** : **7 meses**


**Financiamiento** : **S/ 6 944,30**


**Tingo María – Perú. Marzo, 2025.**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**VICERRECTOR DE INVESTIGACION**

**Instituto de Investigación**

**Unidad de Gestión de la Investigación**

## FORMATO PARA REGISTRAR EL PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO

| | |
|---|---|
| **Universidad** | : Universidad Nacional Agraria de la selva |
| **Escuela de posgrado** | : EPG - UNAS |
| **Posgrado** | : Maestría en Ciencias Agrícolas |
| **Mención** | : Agricultura Sostenible |
| **Título de la Tesis** | : EFECTO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ BAJO RIEGO EN LA PROVINCIA DE RIOJA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN |
| **Objetivo General** | **:** Evaluar el efecto de la ceniza de la cáscara de arroz en las propiedades del suelo y en el rendimiento del arroz bajo riego en la provincia de Rioja, departamento de San Martín |
| **Autor de la Tesis** | : Yesenia Nerith Vinces Mori |
| **DNI** | : 40939618 |
| **Correo electrónico** | : yesenia.vinces@unas.edu.pe |
| **Asesores** | : Dr. Jose Wilfredo Zavala Solorzano |
| **Área de Investigación** | : Suelos y Fertilizantes |
| **Grupo de Investigación** | : RECUPERACIÓN Y MANEJO DE SUELOS DEGRADADOS Y CONTAMINADOS |
| **Línea de investigación** | : Fertilidad, clasificación, manejo y conservación de suelos |
| **Lugar de Ejecución** | : Distrito de Posic, Provincia de Rioja, departamento de San Martín |
| **Fecha de inicio** | : Abril 2019 |
| **Fecha definalización** | : Setiembre 2019 |
| **Presupuesto** | : S/. 6 944,30 |
| **Financiamiento** | **:** Propio ( x ) FIF ( ) Externo ( ) |

**Según:** Resolución: Nº 461-2023-R-UNAS y Resolución: Nº 295-2023-R-UNAS

## DEDICATORIA

A Dios nuestro creador todo poderoso por ser mi guía y permitir que logre la ejecución de este proyecto de Tesis.

A mi padre, José A. Vinces Marquina y a mi madre Luisa Albertina Mori Cusco por todo su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida personal y profesional.

A mis hermanos, Rocío, Fiorella, Miguel y José, a mi Abuelita Juanita Cusco y a mi pareja Marco Antonio Ríos Romero, por sus muestras de cariño e inspiración para seguir logrando mis metas.

A mis hijas Angélica y Leticia

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por permitirme desarrollar otra etapa profesional en mi vida.

A la plana docente de la Escuela de Posgrado, Maestría en Ciencias agrícolas, mención Agricultura sostenible por impartirme sus conocimientos.

Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, asesor del presente trabajo de investigación, por su paciencia y apoyo incondicional en la orientación en la ejecución de la tesis, por la revisión académica y científica del trabajo de investigación.

A los jurados de tesis al Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui, M, Sc. Luis German Mansilla Minaya, Dr. Edilberto César Dávila Zamora por sus valiosas observaciones para mejorar la investigación.

Al Ing. Elmer Jara de la Cruz, por haberme orientado y apoyado en el trabajo de campo en la ejecución de la investigación.

Al Ing. Carlos Hugo Egoávil De la Cruz, por haberme apoyado incondicionalmente en el trabajo de gabinete para la elaboración del presente trabajo, así como en la redacción del presente documento.

Al Proyecto Especial Alto Mayo – San Martín por apoyarme con el uso del Laboratorio de Suelos, durante el desarrollo del periodo de la etapa experimental del presente trabajo de investigación.

A todas aquellas personas que de una forma u otra me ofrecieron su soporte con sus conocimientos y recomendaciones para lograr concluir con éxito el trabajo de investigación.

# ÍNDICE

Página

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCION ..... 1

II. REVISION DE LITERATURA ..... 4

2.1. El arroz: origen y generalidades ..... 4

2.2. Variedad HP101-Plazas ..... 5

2.2.1. Características de la variedad ..... 5

2.3. El cultivo de arroz en el Alto Mayo - San Martín ..... 6

2.4. La cáscara de arroz ..... 6

2.5. Cenizas de cáscara de arroz (CCA) ..... 8

2.5.1. CCA y su efecto sobre las propiedades del suelo ..... 10

2.5.2. CCA de arroz y su efecto sobre el rendimiento del arroz. ..... 11

2.5.3. CCA y su efecto sobre los costos de producción ..... 13

2.6. El silicio (Si) ..... 14

2.6.1. Silicio en las plantas ..... 14

2.6.2. El silicio en la producción agrícola ..... 15

2.6.3. Relación de silicio con los elementos disponibles en el suelo. ..... 16

2.7. Composición química de la ceniza de cáscara de arroz ..... 17

2.8. Determinación del índice Beneficio-Costo ..... 18

III. MATERIALES Y METODOS ..... 20

3.1. Ubicación del experimento ..... 20

3.1.1. Ubicación política y geográfica ..... 20

3.1.2. Condiciones climáticas ..... 20

3.2. Materiales y métodos ..... 21

3.2.1. Material genético ..... 21

3.2.2. Materiales y herramientas ..... 21

3.2.3. Insumos ..... 22

3.2.4. Equipos ..... 22

3.3. Metodología ..... 22

3.3.1. Componentes en estudio ..... 22

3.3.2. Descripción de los tratamientos ..... 23

3.3.3. Toma de muestra inicial para análisis de suelos ..... 23
3.3.4. Análisis físico–químico de suelos..... 24
3.3.5. Obtención de muestra de ceniza de cáscara de arroz. ..... 25
3.3.6. Muestreo para evaluación de ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz. ..... 25
3.3.7. Digestión ácida nítrica – perclórica. ..... 25
3.3.8. Manejo del cultivo. ..... 25
3.3.9. Registro de observaciones ..... 27
3.3.10. Evaluación de la calidad de molinería del grano ..... 29
3.3.11. Evaluación de las características del suelo ..... 29
3.4. Diseño del experimento ..... 29
3.5. Croquis de la parcela y unidad experimental ..... 30
3.5.1. Dimensiones del campo experimental ..... 31
3.5.2. Características de bloque ..... 31
3.5.3. Características de las parcelas..... 31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 32
4.1. Efecto de la ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz en las propiedades del suelo..... 32
4.1.1. Propiedades del suelo que no son afectadas por la incorporación de ceniza de cáscara de arroz..... 33
4.1.2. Propiedades del suelo que son afectadas por la incorporación de ceniza de cáscara de arroz..... 36
4.2. Efecto de la ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz en el rendimiento de arroz bajo riego ..... 39
4.3. Efecto de los niveles de ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz en el índice Beneficio-Costo ..... 42
V. CONCLUSIONES ..... 47
VI. PROPUESTAS A FUTURO..... 48
VII. REFERENCIAS..... 49
ANEXOS ..... 55

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla** **Página**


1. Características de la variedad de arroz HP 101- Plazas.....5
2. Composición mineral de la ceniza de cáscara de arroz .....17
3. Composición química de la cáscara de arroz y de la ceniza de la cáscara. .....18
4. Temperatura y precipitación de la estación meteorológica Naranjillo .....21
5. Tratamientos en estudio del trabajo de investigación.....23
6. Análisis fisicoquímico inicial del suelo experimental .....24
7. Esquema del análisis de variancia. .....30
8. Valores promedios de las propiedades del suelo según tratamiento .....32
9. Resumen de los resultados del ANVA y de la prueba de Tukey según tratamiento ..33
10. Análisis de variancia del contenido de fósforo disponible en el suelo .....36
11. Prueba de Tukey0,05 sobre el promedio de fósforo disponible .....36
12. Análisis de variancia del contenido de potasio disponible en el suelo .....38
13. Prueba de Tukey0,05 sobre el promedio del potasio disponible según tratamiento...38
14. Valores promedios de los resultados de rendimiento según tratamiento.....39
15. Análisis de variancia del del rendimiento de arroz cáscara al 14% H.....39
16. Prueba de Tukey sobre los promedios de los rendimientos según tratamiento .....39
17. Índice Beneficio-Costo según unidad experimental. .....42
18. ANVA del índice de rentabilidad de cada uno de los tratamientos.....43
19. Promedio de índices económicos de la producción según tratamiento en estudio.....43
20. Promedio del rendimiento e índices de rentabilidad según tratamiento. .....44
21. Registros biométricos en el estudio de ceniza de cáscara de arroz .....56
22. Registros de análisis de suelos en el estudio de ceniza de cáscara de arroz.....57
23. Análisis de variancia de los registros biométricos evaluados. .....58
24. Análisis de variancia sobre los análisis físico-químicos de suelos. .....64
25. Costos de producción por unidad experimental. .....68
26. Base de Datos utilizada con el software InfoStat versión 2020 .....72

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura** **Página**


1. Vista aérea del área experimental. ..... 20
2. Climograma del periodo del experimento ..... 21
3. Distribucion de los tratamientos en la parcela experimental. ..... 30
4. pH del suelo y materia orgánica en el suelo según tratamiento ..... 33
5. CIC del suelo y densidad aparente del suelo según tratamiento ..... 35
6. Fósforo disponible en el suelo según tratamiento ..... 37
7. Potasio disponible en el suelo según tratamiento ..... 38
8. Rendimiento de arroz cáscara al 14 % de humedad según tratamiento ..... 40
9. Fósforo disponible en el suelo según tratamieto versus rendimiento. ..... 41
10. Potasio disponible en el suelo según tratamiento versus rendimiento ..... 41
11. Indice de rentabilidad (IR) según los tratamientos en estudio ..... 43
12. Comparación entre el índice de rentabilidad contra rendimiento promedio. ..... 44
13. Contenido de silicio y rendimiento según tratamiento ..... 45
14. Análisis de ceniza de cáscara de arroz fresca y descompuesta. ..... 74
15. Análisis de suelos inicial del campo en general. ..... 75
16. Análisis de suelos final por unidad experimental. ..... 76
17. Registro Fotográfico. ..... 100

## RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz en el rendimiento de arroz bajo riego y en el cambio de algunas propiedades del suelo, para ello en el mes de abril del 2019 en el distrito de Posic (Rioja, San Martín), se instalaron 8 tratamientos: incorporando al suelo ceniza de ceniza de arroz (fresca y descompuesta), en dosis de 10, 20 y 30 t/ha + fertilización NPK, un testigo y un testigo con fertilización NPK. La incorporación de ceniza de arroz incrementó los rendimientos frente a los testigos; con respecto a las propiedades físicas y químicas del suelo hubo variación en la densidad aparente, pH, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, sin significación estadística; pero el fósforo y potasio disponible si lograron significación estadística. La incorporación de 30 t/ha de ceniza descompuesta de cáscara de arroz tuvo mayor impacto en variación de las propiedades del suelo frente a los otros tratamientos. El mayor rendimiento (10,533 toneladas de arroz cáscara/ha) se logró con 10 t/ha de ceniza descompuesta y el mayor índice beneficio/costo (0,427) frente a los tratamientos con ceniza de cáscara de arroz fresca, pero no frente a los testigos.



**Palabras claves:** *Oryza sativa*, ceniza de cáscara de arroz, sílice, pasivo ambiental, fósforo y potasio del suelo.

## ABSTRACT

The experiment was carried out with the objective of evaluating the effect of fresh ash and decomposed ash from rice husk on the yield of rice under irrigation and on the modification of some soil properties, for this in the month of April 2019 in the district of Posic (Rioja, San Martín), 8 treatments were installed: incorporating rice husk ash, fresh or decomposed, into the soil in doses of 10, 20 and 30 t/ha + NPK fertilization, a control and a control with NPK fertilization. The incorporation of rice husk ash increased yields compared to controls, there was variation in apparent density, pH, organic matter and cationic exchange capacity, without statistical significance; but available phosphorus and potassium did achieve statistical significance. The incorporation of 30 t/ha of decomposed rice husk ash had a greater impact on the variation of soil properties compared to the other treatments. The highest yield (10.533 tons of paddy rice/ha) was achieved with 10 t/ha of decomposed rice husk ash and the highest cost-benefit ratio (0.427) compared to treatments with rice husk ash, but not in front of controls.



**Keywords:** *Oryza sativa*, rice husk ash (RHA), silica, environmental liability, soil phosphorus and potassium.

# I. INTRODUCCION

El cultivo de arroz es una especial identificación cultural y de unidad mundial, por ser el alimento más popular del mundo; se cultiva en alrededor de 113 países y es la fuente alimenticia fundamental de la mitad del mundo. En los países en progreso este cereal nos suministra el 27 % de la fuente energética alimentaria y el 20 % de las proteínas (FAO, 2004). El arroz es uno de los principales cereales alimenticios en el Perú, como lo son la papa y el maíz, además, es un cultivo que más contribuye al PBI agrario (9,5 %); asimismo, genera más oportunidades de empleo que equivale a 25 millones de jornales/año, y es el de mayor desarrollo en superficie sembrada, la DRASAM (2016) menciona que crece alrededor de 15 000 ha/año.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2017), reportó que en la región San Martín en el 2016 se sembraron 101 255 ha de arroz bajo riego con una producción de alrededor de 710 287 toneladas de arroz en cáscara, cuyo rendimiento oscila en 7,01 t/ha de arroz chala muy por debajo del rendimiento nacional equivalente a 8,30 t/ha, generando un problema de rentabilidad para miles de productores dedicados a este cultivo. El proceso industrial de la molinera del arroz genera un volumen de cáscara que fluctúa en alrededor del 20% en peso del volumen procesado, esta cáscara constituye un desecho y que por su alto contenido de sílice ($SiO_2$) es de muy difícil biodegradación pero que, al quemarse a altas temperaturas, deja 17,8 % de ceniza muy rica en sílice (94,5 %), equivalente a 35,6 kg por cada tonelada de arroz cáscara procesado (Valverde et al., 2007).

Anualmente se desaprovecha miles de toneladas de cáscara de arroz que mediante técnicas sencillas se puede obtener silicio orgánico sólido, refiriéndose básicamente a la ceniza, que es un valioso fertilizante para todos los cultivos agrícolas. Horna (2009), menciona en su artículo sobre aprovechamiento de la cáscara de *Oryza sativa* (arroz), que la aplicación de cenizas de cáscara de arroz de 25 a 50 sacos (de 20 kg) por hectárea o de 2 a 4 kg por planta de banano, incrementó la producción del cultivo.

Las aplicaciones permiten aprovechar el elevado contenido de sílice en estas cenizas, que involucran a la industria cementera y de la construcción, industria de la cerámica, pinturas específicas, y retardantes de llama. En la industria cementera, las cenizas de cáscara de arroz actúan como opción más barata al humo de sílice y micro sílice, los mismos que son importados de países asiáticos (Birmania y China) y europeos (Noruega) (Varón, 2005).

La quema de cáscara de arroz a temperaturas mayores a los 800 °C convierte a la sílice a su forma cristalina, la cual tiene una serie de usos prácticos, incluyendo la microelectrónica y las células solares. Hay diversas opciones de manejar la cáscara de arroz a fin de impedir que

se desperdicie y contamine, sino que adecuadamente se aproveche. Existen empresas que producen silicio (grado técnico) a partir de la sílice que se encuentra en la cáscara de arroz, para elaboración de las denominadas "células fotovoltaicas" utilizadas en las divisiones solares, producción y know-how que puede ser implementada en la Región San Martín, dado que tiene condiciones ambientales apropiadas para utilizar la energía solar. Por otro lado, la sílice se emplea también para la producción de chips que se utiliza en la industria electrónica. Sigue en aumento la demanda mundial de silicio, por ejemplo, la industria de paneles solares en el año 2006 consumió 25 mil toneladas (Sierra, 2009).

En San Martín, de las 710 mil toneladas de arroz cáscara (INEI, 2021), se calcula salen en los molinos 142 mil toneladas de cáscara de arroz que se queman en espacios abiertos, incidiendo en el calentamiento global y el cambio climático, que repercute en la región.

Somos conscientes de nuestra realidad, el subproducto de la quema de cáscara en las industrias ladrilleras (cenizas de cáscara), causan un daño significativo hacía nuestra biodiversidad como también a la salud de las personas. Por ello al ver la necesidad y al mismo tiempo darnos cuenta de que este subproducto con característica de micro partícula está siendo desaprovechado, recurrimos a darle un valor agregado y con ello ayudar a que dicho subproducto pueda tener otra utilización a favor de la sociedad, como es el aprovechamiento con fines agrarios, para este caso en el cultivo de arroz.

De igual manera tiene una importancia ecológica, ya que ayudaría a minimizar los impactos negativos sobre las personas que residen alrededor, como también a aquellas personas que trabajan allí, ya que, gracias a su reutilización, sus problemas disminuirían, pues las cantidades de cenizas presentes serían menores. Por otro lado, gracias a la reutilización de estas cenizas, el proveedor los dispondría en lugares adecuados de almacenamiento temporal, ya que éste sería incorporado en los campos de cultivos de arroz.

Por último, en el año 2021, solo en el valle del Alto, San Martín - Perú, se produjo 400 000 t de arroz cáscara, de los cuales el 50 % se procesó en la zona originando unas 40 000 t de cáscara de arroz. Si de este volumen solo se utilizara el 50 % como combustible en las ladrilleras del Alto Mayo, se obtendría un residuo final equivalente a 5 000 t de ceniza de cáscara de arroz (CCA); que pasaría a constituir un pasivo ambiental que antes era problema de 5 empresas molineras y ahora es problema de unas 50 ladrilleras artesanales. La disposición final que han adoptado alguna de estas últimas, es utilizarlo como material de relleno en las excavaciones que han efectuado para la extracción de arcillas (materia prima para los ladrillos), donde se observa una rápida recuperación del paisaje vegetal.

La recuperación de la vegetación natural que se manifiesta en estas zonas de recuperación de extracción de arcillas, ha motivado que muchos agricultores lo utilicen en sus cultivos sin ninguna recomendación técnica; por lo general, una pequeña fracción de estas cenizas, son utilizadas en la empresa cementera local con fines puzolánicos y el resto se desperdicia. Por todo lo expuesto se plantea como hipótesis que la aplicación de ceniza en el cultivo de arroz tiene un efecto significativo en las propiedades físicoquímicas y en el rendimiento.

**Objetivo general**

Evaluar el efecto de la ceniza de la cáscara de arroz en las propiedades del suelo y en el rendimiento del arroz bajo riego en la provincia de Rioja, departamento de San Martín.

**Objetivos específicos**

1. Medir las características físicas y químicas del suelo por efecto de la incorporación de ceniza fresca y descompuesta de cáscara de arroz.
2. Determinar el efecto de la ceniza fresca y descompuesta de cáscara de arroz en el rendimiento de arroz bajo riego.
3. Determinar el índice de rentabilidad del cultivo de los tratamientos en estudio por efecto de la ceniza fresca y descompuesta de cáscara de arroz incorporada al suelo.

# II. REVISION DE LITERATURA

## 2.1. El arroz: origen y generalidades

El arroz es uno de los cereales de principal importancia en la dieta humana debido a que mantiene a más del 50 % de la población mundial y se considera la planta cultivada más antigua de la historia.

El origen de esta gramínea se viene discutiendo por varios años. Países como: China, Corea y Japón se conceden su inicio; pero, tratados anatómicos marcan su derivación desde China. Inclusive, se conocen antiguos documentos chinos que conciben referencia de 3 mil años antes de Cristo; en que veneraban el inicio de su siembra como una celebridad religiosa circunspecta al emperador (Paredes et al., 2021). Posiblemente hubo muchos derroteros por las cuales se llevaron la gramínea de Asia a otros lugares del antiguo mundo. Era celebrado en la India 1 000 años A. C., y hace 400 años A. C., en Egipto. Se cree que llegó a América con el arribo de los españoles, con Cristóbal Colón (Paredes et al., 2021).

La conformación del grano de arroz se experimenta en dos etapas, etapa de crecimiento o vegetativa (periodos de emergencia, plántula, inicio y final del macollamiento) y etapa de floración o reproductiva (inicio del primordio floral a ocurrencia de la panoja y emergencia de esta a madurez). La comprensión de la morfología del cultivo de arroz es significativa para desentrañar las habilidades de conducción del cultivo y su mercadeo (Olmos, 2007).

Como señalan Ahumada y Rodríguez (2006), el arroz científicamente llamado *Oryza sativa*, corresponde a la familia de las gramíneas, está formado por cuatro componentes:

a. El germen, la porción con abundancia en nutrientes, ácidos grasos, enzimas y aminoácidos, y que se conforma en la parte inicial dando paso al desarrollo del grano.
b. El endospermo, el cual constituye cerca del 70 % del cuerpo del grano y representa al terminar el proceso el producto comercial llamado arroz blanco.
c. El polvillo o cutícula, el que representa 6,8 % en cuerpo del grano de arroz, empleado como suplemento animal por su valiosa presencia de grasas.
d. La cáscara o pajilla, que conforma el 20 % del peso del grano, que se retira en el transcurso de la molienda o pilado del grano.

## 2.2. Variedad HP101-Plazas

Según la Agencia Agraria de Noticias (2014) para el logro de la variedad HP 101-Plazas, se efectuó un periodo de evaluación y discriminación a partir de 397 cruces avanzados introducidas al país por la Hacienda El Potrero S.A.C. del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ejecutado por expertos, en los campos de ensayo con los que cuenta El Potrero S.A.C., empresa productora de semilla certificada en la región tropical peruana. Es conveniente indicar que para la obtención de una nueva variedad se demora un tiempo de dos años y medio a partir de la generación F7 (Líneas avanzadas).

HP101-Plazas posee entre sus orígenes a variedades latino americanas conocidas, de alto potencial en producción como Fedearroz 50, y a una variedad silvestre de arroz, denominada como Salahondita, perteneciente a la especie *Oryza latifolia*, tetraploide de hojas anchas y tolerante a la inundación.

### 2.2.1. Características de la variedad

Las particularidades de esta variedad HP 101 - Plazas y otras características de resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, así como las cualidades al pilado se exponen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de la variedad de arroz HP 101- Plazas

| **Variedad HP 101- PLAZAS** | **Descripción** |
|---|---|
| Periodo vegetativo | 130 días en el trópico |
| Altura de Planta | 99 - 113 cm |
| Rendimiento potencial | 12,9 (Jaén - Cajamarca) |
| | 12,5 (Oyotún - Chiclayo) |
| Reacción a enfermedades: | |
| Virus de la hoja blanca | Similar a la variedad La Esperanza, es más resistente que las variedades IR43, Fortaleza y Tinajones. |
| *Pyricularia sp.* | Similar a la variedad La Esperanza |
| Calidad de grano: | |
| Grano pilado entero | 69 - 70,5 % |
| Amilosa (%) | 21,4 |
| Temperatura de gelatinización | Baja (inferior a 70°) |

## 2.3. El cultivo de arroz en el Alto Mayo - San Martín

En el valle del Alto Mayo, integrada por las provincias de Moyobamba y Rioja de la región San Martín - Perú, se siembran anualmente alrededor de 50 000 ha de arroz bajo riego, con un rendimiento unitario estimado de 8 t/ha (INEI, 2021); calculándose que podría obtenerse una producción anual de 400 000 t de arroz cáscara.

Asumiendo que solo el 50 % de la producción de arroz se procesa en los molinos del Alto Mayo (DREM-SM, 2014), con una generación estimada de 20 % de cáscara del peso del producto procesado, se podría obtener una cantidad de 40 mil t anuales de cáscara de arroz. Por otro lado, asumiendo que solo el 50 % de dicho volumen de cáscara se utiliza como combustible por las ladrilleras del Alto Mayo, y suponiendo un residuo del 25 % en ceniza de la calcinación de la cáscara (RHA, 2017), se generaría un estimado de 5 000 t de cenizas anuales.

Hasta hace pocos años, en el Alto Mayo, la cáscara de arroz se disponía en los patios de los molinos y representaba para estas empresas un pasivo ambiental, que sólo se utilizaba cruda como sustrato para almácigos y como material de piso en las avícolas. A partir del 2009 el Gobierno Regional de San Martín empezó a promover el uso de la cáscara de arroz en reemplazo de la leña, en las industrias locales; en el 2010 los molinos de la región iniciaron a utilizar la cáscara de arroz para la generación de calor durante el secado de los granos de arroz cáscara antes del procesamiento de pilado (DREM-SM, 2014); y posteriormente las ladrilleras locales lo incorporaron en el proceso de cocción de los ladrillos, lo cual generó ahorros en combustible en estas instalaciones (Diario Ahora, 2013).

Por otro lado, el cultivo de arroz bajo riego genera durante su ciclo vegetativo, como resultado de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y descomposición de la materia orgánica del suelo en medio anaeróbico, gases de óxido nitroso ($N_2O$) y metano ($CH_4$) al ambiente, el primero contribuye 310 veces más al cambio climático que el $CO_2$. Por esta razón, la utilización de cenizas de cáscara de arroz en arrozales bajo riego, por su poder absorbente de agua y gases, podría reducir parte de la emisión de óxido nitroso que genera el cultivo de arroz, contribuyendo de esta manera en la reducción de gases de efecto invernadero.

## 2.4. La cáscara de arroz

La cáscara de arroz es un residuo del proceso de molienda o pilado del grano de arroz, que se viene utilizando cada vez más como combustible para la generación de calor en el secado del arroz o en los hornos de las ladrilleras locales, debido a su alto poder calorífico

(aproximadamente 16 720 kJ/kg) y disponibilidad en los patios de los molinos locales. Esta combustión genera cenizas de cáscara de arroz constituida por sílice amorfa (72,1 %) como componente principal. Esta ceniza presenta partículas inferiores a 110 micras y es una fuente alternativa de sílice de alta área específica de 177 $m^2/g$ (Possamai et al., 2003).

Singh (2018) en su revisión sobre "*La ceniza de cáscara de arroz (RHA)*", menciona que esta cáscara es la cubierta protectora y resistente de los granos de arroz, que se retira de los granos en el transcurso de la molienda; es un material de desecho aprovechable en los países que cultivan arroz, y que contiene alrededor del 30 al 50 % de carbono orgánico. En el curso de un proceso de molienda típico, las cáscaras se quitan del grano crudo para revelar el arroz integral que luego de una molienda adicional para eliminar la capa de salvado producirá arroz blanco. La cáscara de arroz constituye alrededor del 20 % del peso del grano de arroz cáscara y se compone de 50 % de celulosa, 25 a 30 % de lignina, 15 a 20 % de sílice y 10 a 15 % de humedad. La densidad aparente de la cáscara es baja y oscila entre 90 y 150 $kg/m^3$. Cada 100 kg de cáscara quemada en una caldera, por ejemplo, producirán unos 25 kg de ceniza de cáscara de arroz (CCA o RHA por su abreviatura en inglés). El poder calorífico de la cáscara de arroz es cerca del 50 % del carbón y, suponiendo que las cáscaras tengan entre un 8 a 10 % de contenido de humedad y nada de salvado, el valor calórico se estima en 15 MJ/kg. Debido a su estructura altamente micro porosa, el área de superficie específica de la RHA determinada por el método de adsorción de nitrógeno puede oscilar entre 20 y 270 $m^2/g$, mientras que el humo de sílice, por ejemplo, está en el rango de 18 a 23 $m^2/g$. La composición promedio de la RHA bien quemada es 90 % sílice amorfa, 5 % carbono y 2 % de potasa ($K_2O$).

Arcos, Pinto y Rodríguez (2007) en su estudio sobre la *Distribución de sílice en la planta de arroz*, mencionan que la presencia de la sílice se identificó desde 1938, pero que en el año 1934 investigadores japoneses ya habían reportado que el silicio era beneficioso para el normal desarrollo del cultivo de arroz; los autores determinaron que la presencia de sílice en diferentes partes de la planta varía entre 2,63 a 13,3 %, presentándose en mayor cantidad en la cáscara del grano de arroz (10 a 12 %). Esta cáscara, al ser calcinada produce alto volumen de ceniza, del 13 al 29 % de su peso inicial, que está conformada especialmente por sílice (87 a 97 %) y sales inorgánicas en pequeñas cantidades. Las sales inorgánicas constituyen impurezas que logran ser desplazadas manipulando reflujos en medio ácido (proceso de activación de la sílice). El tratamiento con HCl de la cáscara para excluir las impurezas de hierro, sodio y potasio, entre otros; permiten que, en el exterior de la cáscara, conformada por celulosa, se nuclee la sílice y este $SiO_2$ logra resultar en un material amorfo con un alto valor de superficie

específica (alrededor de 277 $m^2/g$) y en un tamaño nanométrico (menor de 200 nm).

## 2.5. Cenizas de cáscara de arroz (CCA)

Arkadiusz (2018) en su revisión bibliográfica "*Efecto de la fertilización con silicio en la cantidad y calidad del rendimiento de los cultivos: una revisión de la literatura en Europa*", resalta que aunque el silicio se clasifica como un elemento beneficioso, por su efecto bio estimulante para limitar los efectos del estrés abiótico y biótico en las plantas, es poco conocido en Europa, pero que debe introducirse en la producción como un tratamiento estándar en el manejo de cultivos; solo se ha estudiado su efecto en los cultivos de caña de azúcar y arroz, que son raramente cultivados en Europa.

Jiménez (2016), indica que dentro la presencia de nutrimentos en la cáscara de arroz y sus cenizas se localiza el silicio en gran proporción. Elemento que es inevitable para muchas variedades de cultivos; de acuerdo con investigaciones, en el cultivo de gramíneas, en este caso se ha encauzado al arroz. El mismo autor menciona que el silicio tiene jerarquía en los beneficios que suministra a la planta, porque intervenir en el control de enfermedades a un grado similar que un fungicida sintético, promueve resistencia de la planta contra insectos y enfermedades, esto incorpora una excelente barrera a sus ataques.

Phonphuak y Chindaprasirt (2015), en su artículo sobre "*Tipos de residuos, propiedades y durabilidad de los ladrillos de mampostería cocidos a base de residuos formadores de poros*" mencionan que la cáscara de arroz puede absorber agua entre un 5 % a un 16 % del peso unitario, y el peso unitario de la cáscara de arroz es de 83 a 125 $kg/m^3$. Por otro lado, la ceniza de la cáscara de arroz inmoviliza aproximadamente un 90 % de sílice, que es una estructura altamente porosa y liviana, con un área de superficie específica alta; y que esta ceniza se aplica como aditivo en muchos materiales y aplicaciones, como ladrillos refractarios, fabricación de aislamiento y materiales retardadores de llama.

Según Horna (2009), anualmente se desperdicia miles de toneladas de cáscara de arroz que mediante técnicas sencillas se puede producir silicio orgánico sólido, refiriéndose básicamente a la ceniza, que es un valioso fertilizante para todos los cultivos agrícolas. El mismo autor menciona en su artículo la aplicación de cenizas de cáscara de arroz de 25 a 50 sacos (20 kg cada uno) por hectárea o de 2 a 4 kg alrededor de la planta de banano, en el caso de palma aceitera de 10 a 20 kg, esparcido, dos veces al año; indicando que los resultados son fabulosos, incrementado la producción del banano.

Las actividades que también se utilizan del elevado contenido de sílice de esta

ceniza incluyen a la industria del concreto, mixturas de cementos, pinturas, agentes liberadores para la cerámica, esmaltes especiales y retardadores de llama, entre otros. En la industria cementera, las cenizas de la cáscara de arroz actúan como una alternativa mucho más barata al humo de sílice o a la micro sílice, que se importa de Birmania, China y Noruega. Además, la incineración de la cáscara de arroz a temperaturas sobre los 800 °C transforma la sílice a su representación cristalina, la cual tiene una serie de usos prácticos, que incluye a la microelectrónica y celdillas solares. Hay maneras de utilizar la cáscara de arroz para evitar que no solo se pierda y contamine, sino que se aproveche adecuadamente. En Europa, existen empresas que producen silicio (en grado solar) a partir de la cáscara de arroz, para la fabricación de las llamadas "células fotovoltaicas" de los paneles solares, industria y tecnología que puede promoverse e implementarse en la Región San Martín que tiene condiciones solares ideales para aprovechar precisamente la energía solar la mayor parte del año. Además, el silicio también se utiliza en la elaboración de chips para la industria electrónica. Según especialistas, la demanda mundial de silicio es creciente, sólo la industria de paneles solares consumió 25 mil toneladas el año en el 2006 (Sierra, 2009).

Matori et al. (2009) en su artículo *"Producción de sílice blanco amorfo a partir de cáscara de arroz*" menciona que la sílice en la ceniza sufre transformaciones estructurales según el régimen de temperatura que experimenta durante la combustión. Los análisis mostraron que la mayor cantidad de sílice amorfa está presente en el carbón de cáscara de arroz (HR de rice husk) quemado en un rango de 500 a 700 °C y, a temperaturas más altas, se forma sílice cristalina. En el tratamiento térmico, la sílice amorfa puede cambiar a una fase cristalina que puede ser entre α-cuarzo a menos de 573 °C, β-cuarzo a 573 - 870 °C, β-tridimita a 870 - 1 470 °C y β-cristobalita a 1 470 – 1 710 °C. Sin embargo, bajo condiciones de combustión controlada de cáscara de arroz, se produce sílice amorfa con alta reactividad, tamaño ultrafino y gran área superficial. Esta micro sílice puede ser una fuente para preparar materiales avanzados como SiC, $Si_3N_4$, Si elemental y $Mg_2Si$. Debido a la alta actividad puzolánica, esta sílice de HR también encuentra aplicación en el concreto de alta resistencia como sustituto del humo de sílice.

Siddique (2008), en su artículo "*Ceniza de cáscara de arroz (RHA)*" dice que la RHA es un material muy fino, el tamaño medio de partícula de la ceniza de cáscara de arroz oscila entre 5 y 10 micras. Los valores de las propiedades físicas reportadas por algunos autores son de 2,06 para la gravedad específica y que el porcentaje de finura que pasa las 45 μm es del 99 %; mientras que su composición química es muy rica en contenido de sílice. El contenido

de sílice en la RHA es generalmente más del 80 a 85 %. La composición química de RHA según algunos autores citados, contiene más del 85 % de $SiO_2$, que es amorfo, una pequeña cantidad de CaO también está presente, junto con otros óxidos. Sin embargo, la pérdida en la ignición de los productos RHA es alta, debido a la incineración, el procesamiento y la molienda aplicadas. Los estudios han revelado que la naturaleza amorfa de RHA es adecuada para desarrollar alta resistencia en concreto. Los otros contenidos químicos en la RHA han demostrado un efecto contribuyente en su propiedad de unión. Los óxidos de Fe, Al y S tienen poco efecto sobre la hidratación, aunque la mejora la formación de productos de aluminosilicatos en algunos casos, lo que también mejora la resistencia del concreto. Por otro lado, los contenidos de álcali en RHA han demostrado un efecto negativo tanto en la velocidad de fraguado como en la de hidratación.

### 2.5.1. Ceniza de cáscara de arroz y su efecto sobre las propiedades del suelo

Castro (2017), en su estudio para la "*Estabilización de suelos finos (arcillosos) con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante*", ensayando en laboratorio la incorporación de cenizas de cáscara de arroz en suelos arcillosos a fin de estabilizarlos y puedan soportar estructuras, logró incrementar el valor de soporte de california (CBR) del 5 % hasta el 19,4 % solo con una mezcla de suelo con 20 % de ceniza de cáscara de arroz; con una combinación de suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz (20 %) y cal, logro hasta el 38,5 % de incremento. Similar efecto encontró en la resistencia a la compresión no confinada. Sostiene que la alta participación del componente silícico presente en la ceniza de la cáscara de arroz permite su utilización en la construcción de carreteras, como agente estabilizador de suelos primarios y secundarios.

Matori et al. (2009), describe en su artículo "*Producción de sílice blanco amorfo a partir de cáscara de arroz*", el efecto de tratamientos ácidos sobre la cáscara de arroz (HR) para eliminar los ingredientes metálicos presentes en la cáscara; asimismo, determinó el porcentaje de sílice e ingredientes metálicos contenidos en la HR. La lixiviación de HR en HCl diluido demostró ser eficaz para eliminar la mayoría de los ingredientes metálicos, el cual consiste en un tratamiento de precalentamiento de HR a 500 °C durante 1 hora y continua durante 2 horas a 800 °C para la combustión completa de HR a cenizas blancas; el tratamiento ácido de HR no afecta el carácter amorfo de la sílice. También se puede utilizar HF al 5 % y $HNO_3$ al 5 % para digerir la ceniza de cáscara de arroz (RHA). La sílice ($SiO_2$) en el HR existe en forma amorfa hidratada como gel de sílice, la degradación térmica y el pirólisis de HR

seguidas de la combustión del carbón, dan como resultado sílice amorfa altamente porosa con un porcentaje variable de carbono sin quemar; en una combustión a temperatura moderada, la ceniza blanca obtenida de HR contiene aproximadamente 92 a 97 % de sílice amorfa y cierta cantidad de impurezas metálicas que pueden eliminarse mediante un simple tratamiento de lixiviación con ácido. Se ha informado que la lixiviación ácida de la cáscara ayuda a obtener sílice relativamente puro con un área de superficie específica alta.

### 2.5.2. Ceniza de cáscara de arroz y su efecto sobre el rendimiento del arroz.

Swe et al. (2021), estudiaron en Birmania el *Efecto de la incorporación de silicio en el crecimiento, rendimiento y absorción de arroz* (*Oryza sativa* L.) *en dos suelos diferentes, bajo condiciones de invernadero*, el experimento se ejecutó en diseño de parcelas divididas integrado por cuatro repeticiones; las parcelas principales representada por tipos de suelo y las sub parcelas tenían niveles de silicio de 0, 100, 150, 200 y 250 kg/ha, todos recibieron dosis de NPK equivalente a 85-12-31 y el silicato de calcio se utilizó como fuente de silicio. Observando que no encontraron diferencia estadística entre los dos suelos evaluados, pero si entre estaciones de siembra. El efecto de la aplicación de silicio sobre el rendimiento de grano se encontró en la segunda temporada, el máximo rendimiento de grano se logró con aplicación de 250 kg de Si/ha (7,344 t) que no mostró diferencia estadística con la aplicación de 200 kg de Si/ha (7,120 t) y el testigo que logró 5,808 t de arroz cáscara. Concluyendo que la aplicación de 200 kg de Si/ha combinado con la dosis recomendada de NPK podría usarse para obtener el rendimiento óptimo de grano en ambos suelos.

Rengifo (2020), en su informe de tesis sobre el "*Efecto de fuentes de silicio en el rendimiento de arroz bajo riego* (*Oryza sativa* L.) *Var. La Conquista, en Bajo Mayo - San Martín*". Con el objetivo de (a) evaluar el efecto de fuentes y dosis de silicio de cáscara descompuesta, escoria siderúrgica y Silmix (abono órgano mineral), en la productividad de arroz cáscara; (b) evaluar la eficiencia y rentabilidad económica de los niveles y fuentes de silicio. Evaluó diez tratamientos de 3 niveles de cáscara de arroz descompuesta ($T_1$ con 10, $T_2$ con 20 y $T_3$ con 30 t/ha), 3 niveles de escoria blanca ($T_4$ con 300, $T_5$ con 600 y $T_6$ con 900 kg de $SiO_2$/ha) y 2 niveles de Silmix ($T_7$ 3,2 y $T_8$ 4,8 kg/ha de $SiO_2$); más 1 tratamiento testigo ($T_{10}$) y 1 con solo fertilización NPK (130-35-145) ($T_9$) en un diseño bloque completamente al azar (DBCA). Midiendo la altura de plantas, macollos/planta, panojas/$m^2$, largo de panoja, espiguillas/panoja, peso de granos, el rendimiento de grano y rentabilidad según tratamientos. Los resultados obtenidos indican que empleando 900 kg/ha de $SiO_2$ como escoria siderúrgica

obtuvo el mayor rendimiento con 10,47 t de arroz cáscara, seguido del tratamiento 30 de cáscara de arroz descompuesta con 9,48 t de arroz cáscara, y 4,8 kg/ha de silicio foliar Silmix con 9,47 t de arroz cáscara. Utilizando escoria siderúrgica el rendimiento fue superior a los obtenidos por el empleo de cáscara de arroz descompuesta.

Solano (2019), en su investigación titulada "*Fuentes y niveles de silicio en el rendimiento de arroz* (*Oryza sativa* L.) *variedad La Esperanza, bajo riego*" a fin de conseguir el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tingo María, Huánuco) planteo los siguientes objetivos: (1) medir el efecto de tres niveles por dos fuentes de silicio (ceniza de cáscara de arroz activada y escoria siderúrgica, ambos más NPK) en el rendimiento del cultivo de arroz, (2) evaluar el efecto de la dos fuentes de silicio (ceniza de cáscara de arroz activada y escoria siderúrgica - silicato de calcio) en el manejo de plagas y enfermedades, (3) medir la rentabilidad al aplicar dos fuentes de silicio (ceniza de cáscara de arroz activada y escoria siderúrgica - silicato de calcio), y (4) analizar la correspondencia entre el silicio ($SiO_2$) presente en la planta y el suelo. Empleó el diseño de bloque completamente al azar con tres dosis (200, 400 y 600 kg/ha de $SiO_2$) usando como fuente ceniza de cáscara de arroz activada o la escoria siderúrgica. Obteniendo resultados que indican que aplicación de $SiO_2$ (como ceniza de cáscara de arroz) en dosis de 400 kg/ha permitió alcanzar 13,16 t de arroz cáscara superando a las otras dosis de cenizas de cáscara de arroz y a todos los tratamientos con escoria siderúrgica, obteniendo 22,4 % más que la fertilización convencional (10,21 t de arroz cáscara); mientras que la aplicación de 600 kg/ha de $SiO_2$ como escoria siderúrgica redujo en 4,71 % la producción de arroz (12,54 t de arroz cáscara).

Rafael (2016), en su investigación titulada "Efecto del abonado orgánico *en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa* L.*) variedad "La Conquista*" INIA 507 en un sistema bajo riego en Aucayacu" para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tingo María, Huánuco); con el objeto general de: medir el efecto del abonado orgánico en el rendimiento del cultivo de arroz en un sistema bajo riego en Aucayacu. Y con los siguientes objetivos específicos: a) identificar la fuente de abonado orgánico que incremente la productividad y las variables morfológicas del cultivo y b) medir el efecto de 3 niveles de abonos orgánicos en la producción del cultivo de arroz. Utilizando el diseño en bloques completos al azar (DCBA), en cuatro bloques y dentro de ellos seis tratamientos más dos testigos adicionales: $T_1$ (Bocashi 15 t/ha más NPK), $T_2$ (Bocashi 20 t/ha más NPK), $T_3$ (Bocashi 25 t/ha más NPK), $T_4$ (ceniza de cáscara de arroz 15 t/ha más NPK), $T_5$ (ceniza de cáscara de arroz 20 t/ha más NPK), $T_6$ (ceniza de cáscara de arroz 25 t/ha más

NPK), $T_7$ (NPK sintético) y $T_8$ (sin abonamiento). Los resultados indican que el abono orgánico que obtuvo efecto significativo estadístico respecto al rendimiento y de las características biométricas del arroz variedad "La Conquista" INIA 507, fue el $T_6$ (ceniza de cáscara de arroz 25 t/ha más NPK) que arrojo 9,43 t de arroz cáscara, seguido por la ceniza de cáscara de arroz 20 t/ha más NPK ($T_5$), alcanzando 9,10 t de arroz cáscara. El testigo general ($T_8$) logró el más bajo rendimiento con 3,175 t de arroz cáscara y B/C de 1,25 mientras que el $T_1$ (Bocashi 15 t/ha más NPK) alcanzó las 6,71 t de arroz cáscara. En resumen, los tratamientos que utilizaron ceniza de cáscara de arroz más NPK lograron rendimientos entre 7,54 a 9,43 t de arroz cáscara, respectivamente; y los que utilizaron Bocashi más NPK apenas lograron entre 6,71 a 6,94 t de arroz cáscara, respectivamente. Mientras que con solo NPK ($T_7$) y el testigo ($T_8$), dieron rendimientos bajos de 5,92 y 3,98 t de arroz cáscara, respectivamente.

### 2.5.3. Ceniza de cáscara de arroz y su efecto sobre los costos de producción

Rengifo (2020) en su trabajo de tesis "*Efecto de fuentes de silicio en el rendimiento de arroz bajo riego (Oryza sativa* L.*) Var. La Conquista, en Bajo Mayo - San Martín*" para obtener el grado de Maestro en Ciencias con mención en agricultura sustentable en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tingo María, Huánuco). Al evaluar la eficiencia y rentabilidad económica de tres niveles y fuentes de silicio, determino que empleando 900 kg/ha de $SiO_2$ como escoria siderúrgica obtuvo un B/C de 1,41, seguido del tratamiento 30 t/ha de cáscara de arroz descompuesta con un B/C de 1,67 y 4,8 kg/ha de silicio foliar Silmix un B/C de 1,50. Aplicando 30 t/ha de cáscara de arroz descompuesta, obtiene el mayor índice B/C frente al uso de escoria siderúrgica.

Solano (2019), en su trabajo de investigación titulado "*Fuentes y dosis de silicio en el rendimiento de arroz (Oryza sativa* L.*) variedad La Esperanza, bajo riego*" a fin de lograr el título profesional de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tingo María, Huánuco) se planteó el objeto de evaluar el análisis de rentabilidad al aplicar dos fuentes de silicio (ceniza de cáscara de arroz activada y escoria siderúrgica - silicato de calcio). Encontró que aplicando 400 kg/ha de $SiO_2$ como ceniza de cáscara de arroz permitió obtener una rentabilidad de S/ 2,32 soles por sol invertido (índice Beneficio-Costo). Mientras que la aplicación de 600 kg/ha de $SiO_2$ como escoria siderúrgica reporto una ganancia de S/ 1,70 soles por sol invertido.

Rafael (2016), en su investigación titulada "*Efecto del abonado orgánico en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa* L.*) variedad "La Conquista" INIA 507 en*

*Aucayacu bajo sistema bajo riego*" para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tingo María, Huánuco), se planteó el objetivo de determinar el resultado del abonado orgánico en la producción del cultivo de arroz conducido bajo riego en Aucayacu. Encontró que el mejor abono orgánico (ceniza de cáscara de arroz 25 t/ha + NPK) arrojo mayor rendimiento con un B/C de 1,72, seguido por 20 t/ha de ceniza de cáscara de arroz + NPK que alcanzó un B/C de 1,76; frente al testigo general que logró el más bajo rendimiento con un B/C de 1,25.

## 2.6. El silicio (Si)

El silicio se encuentra en la naturaleza como una combinación de silicio ($SiO_2$), constituyendo el material vegetal y en el suelo constituyendo el mineral de arcilla ($SiO_4$). El silicio junto con el aluminio, son los elementos abundantes en la corteza terrestre, el segundo más abundante luego del oxígeno, desde la mitad del siglo XIX se ha reportado su actividad en la nutrición vegetal. El silicio cumple un papel relevante en la estructura de la pared celular, le da mayor rigidez. Ingresa bajo la forma de ácido mono silícico ($H_4SiO_4$), y se convierte en macromolécula a medida que pierde agua, para agruparse en la epidermis celular a manera de silicio amorfo biogénico ($SiO_2$). Ciertas especies vegetales, las gramíneas por ejemplo y en especial el arroz (*Oryza sativa*), concentran cantidades superiores al 10 % de su peso seco, incluso mayor que las concentraciones de nitrógeno y potasio (Sánchez, 2008).

### 2.6.1. Silicio en las plantas

Aguirre et al. (2007), mencionan que el silicio está integrando las plantas en proporciones similares a los macronutrientes, por ejemplo, el Ca, Mg o P. Su manifestación en las plantas es generalizada y debido a su cantidad sería absurdo excluirlo de los suelos donde ellas crecen. Incluso cuando las plantas son conducidas bajo sistema hidropónico, el silicio está presente, pues el ácido silícico, pasa los intercambiadores iónicos empleados para purificar el agua; además, el silicio puede liberarse de los utensilios de vidrio. El mismo autor menciona que en las gramíneas el silicio se almacena en cantidades superiores que cualquier otro elemento inorgánico. Al silicio no se le considera como un elemento esencial para las plantas, por lo tanto, se le omite en la formulación de soluciones de cultivos de uso rutinario y tampoco se le considera en muchas pesquisas de fisiología vegetal. Pero, la realidad muestra que las estructuras de las plantas que se desarrollan en ausencia de silicio son más débiles, su crecimiento y desarrollo es anormal, son más susceptibles al estrés abiótico, susceptibles a

toxicidad de metales, fácilmente invadidas por patógenos, insectos fitófagos y mamíferos herbívoros. La mayoría de estas consecuencias se observan en plantas que desarrollan en suelos pobres en silicio.

Portal web "*Esto es agricultura*" (2018), menciona que para que las plantas lo asimilen, parten de un sílice amorfo o dióxido de silicio ($SiO_2$) el cual gracias a los organismos del suelo, las enzimas que las plantas producen, los ácidos orgánicos y otros procesos que ocurren en el suelo, se transforma en ácido silícico como meta silícico ($H_3SiO_3$) u ortosilícico ($H_4SiO_4$), que son compuestos tal como las plantas los asimila, y bajo esta forma son llevados por la savia hacia las partes más endebles de la planta, como las hojas y raíces, a fin de incrementar sus defensas, fortificando el espacio intercelular, así como otras estructuras de la misma planta, frutos, flores, polen, entre otros.

Valderrama (2019), menciona que el ácido mono silícico ($H_4SiO_4$), es la forma en que el silicio ingresa a las plantas, este ácido reacciona con los fosfatos insolubles de Al, Fe, Mn y Ca, formándose silicatos de cada uno de ellos y liberando el ion ortofosfato que será absorbido por las plantas. El silicio neutraliza la toxicidad del aluminio (Al) en suelos ácidos, pero la aplicación de cal al suelo, fija el fósforo (P) y transforma el P-disponible en no disponible para la planta; por lo tanto, la aplicación del silicio además de la anterior función, libera el P fijado. Por esto, el silicio aumenta la nutrición de P en las plantas de un 40 a 60 % sin la aplicación de fuentes fosfatadas e incrementa la eficiencia de la aplicación de roca fosfórica de un 100 a 200 %, previniendo la inmovilización del P en el suelo.

Coloma (2015), indica que el silicio aumenta el desarrollo y cambia la arquitectura de las plantas, tiene potencial para aumentar la productividad y reduce el ataque de enfermedades fungosas, este nutriente protege a los cultivos contra el ataque de enfermedades e insectos debido a que la acumulación de silicio en los tejidos vegetales proteger a la planta fortaleciendo mecánica y bioquímicamente sus tejidos evitando así su deterioro.

### 2.6.2. El silicio en la producción agrícola

Jiménez (2016), indica que diversas variedades de vegetales especialmente las gramíneas, almacenan en su biomasa cantidades de silicio, lo cual favorece su crecimiento y rendimiento cuando se establece una adecuada aplicación de fuentes liquidas o solidas de silicio (Si). Además, menciona que el silicio, una vez incorporado al suelo hace reacción con el agua resultando en ácido mono silícico ($H_4SiO_4$) trasladándose velozmente a través de la xilema. Cuando la planta transpira, el agua absorbida por el silicio se pierde,

formando una barrera protectora que presenta una resistencia mecánica al ingreso de enfermedades e insectos. Manifiesta que los beneficios de la mayor concentración de silicio en el suelo o suministrar al suelo minerales ricos en silicio a través de la fertilización, facilitan una solución económica y rentable para la producción agrícola, sobresaliendo el aumento en productividad como en el cultivo de arroz (15 a 100 %).

Coloma (2015), menciona que el arroz como la caña de azúcar, son especies acumuladoras de silicio, agrupando en sus tejidos contenidos más elevados que de otros nutrientes como el nitrógeno y el potasio. En arroz, la adición de silicio produce incremento de la producción, en la cantidad de semillas, el número de granos y las panículas, así como la disminución de la esterilidad. Con la aplicación de silicio, el largo de las hojas, transcendentalmente responsable de la altura, tiende a incrementarse de acuerdo con el desarrollo de la planta. La expansión foliar determina una mayor asimilación de gas carbónico por la planta. Como resultado hay un mayor movimiento de asimilados para la producción de granos, incrementándose la productividad. En arroz bajo riego, el silicio acrecienta el poder oxidativo de las raíces, disminuyendo los efectos tóxicos del hierro, cuando este se encuentra en niveles elevados.

Jiménez (2016), menciona que el silicio (Si) tiene un papel preponderante en la formación de la inflorescencia del arroz y se cree que influencia en la calidad del grano. Los granos con mayor contenido de "punto blanco" mayormente presentan menor contenido de Si, el cual es directamente proporcional al contenido de silicio en el tamo (paja) del arroz. Granos de cebada provenientes de suelos con adecuados niveles de Si, tuvieron mayor germinación que granos provenientes de suelos deficientes en el elemento silicio.

Hilario (2018), indica que al utilizar técnicas orgánicas de fertilización como el uso de ceniza de la cáscara de arroz y control fitosanitario estamos dejando a un lado los químicos que vienen produciendo una serie de desequilibrios en los agro ecosistemas, cuyos efectos directos han sido incrementar los niveles de contaminación del suelo, agua, aire, alimentos y la perdida acelerada de muchos recursos naturales. De esta manera estamos contribuyendo a obtener alimentos más sanos que no afecten la salud, incrementar el rendimiento y calidad de las cosechas, mejorar la calidad de vida de los productores de arroz, principalmente los pequeños productores.

### 2.6.3. Relación de silicio con los elementos disponibles en el suelo.

Hilario (2018), indica que, dependiendo de la capacidad de intercambio

catiónico de los suelos, estos pueden retener los nutrientes en las cargas eléctricas de los coloides; unos con mayor fuerza y otros con menor fuerza de adsorción, en algunos casos dificultando su absorción por las plantas.

Para lograr que los nutrientes pasen a la solución del suelo, el silicio se intercambia con estos, quedando el silicio adherido a los coloides (Hilario, 2018), liberándolos y consintiendo de esta manera que queden disponibles para las plantas. El silicio como mejorador del suelo puede reducir la lixiviación de los nutrientes en los suelos arenosos, especialmente N y K, guardándolos en una forma disponible para la planta.

## 2.7. Composición química de la ceniza de cáscara de arroz

Entre las proporciones más resaltantes de la constitución elemental de la cáscara de arroz se encuentran la sílice, que es el componente vital para que no ocurra separación al incinerarse (Valverde et al., 2007), tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición mineral de la ceniza de la cáscara de arroz

| **Elemento** | **Composición %** |
|---|---|
| Oxido de Potasio ($K_2O$) | 1,10 |
| Oxido de Sodio ($Na_2O$) | 0,78 |
| Oxido de Calcio (CaO) | 0,25 |
| Oxido de Magnesio (MgO) | 0,23 |
| Sulfatos ($SO_4$) | 1,13 |
| Sílice ($SiO_2$) | 96,51 |
| Total | 100,00 |

Fuente: Valverde et al. (2007).

Varón (2005), en su artículo sobre “Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cáscara de arroz” presenta un cuadro comparativo (Tabla 3) de la contextura elemental de la cáscara de arroz y de la ceniza correspondiente; con lo cual se facilitará a la industria molinera la posibilidad de aprovechar de forma limpia y eficiente una fuente de energía relativamente barata, como es la cáscara de arroz, subproducto del pilado de arroz.

**Tabla 3.** Composición química de la cáscara de arroz y de la ceniza de la cáscara.

| **Cáscara de arroz** | | **Ceniza de cáscara de arroz** | |
|---|---|---|---|
| Elemento | % | Componente | % |
| Carbono | 39,1 | Ceniza de Sílice ($SiO_2$) | 94,5 |
| Hidrógeno | 5,2 | Oxido de Calcio (CaO) | 0,25 |
| Nitrógeno | 0,6 | Oxido de Magnesio (MgO) | 0,23 |
| Oxigeno | 37,2 | Oxido de Potasio ($K_2O$) | 1,10 |
| Azufre | 0,1 | Oxido de Sodio ($Na_2O$) | 0,78 |
| Cenizas | 17,8 | Sulfatos ($SO_4$) | 0,56 |

Fuente: Varón (2005).

### 2.8. Determinación del índice Beneficio-Costo

Aguilera (2017), en su artículo "El beneficio-costo como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas", menciona que el beneficio es la utilidad que se obtiene de una innovación, para calcularlo, debe establecer el costo del problema y el costo de la solución. Mientras que la solución, constituye el concepto para designar la utilidad o ganancia que resulta en una gestión económica concreta; el valor de esta ganancia se obtiene restando de los ingresos totales los costos totales ejecutados. Por lo tanto, el residuo de lo que se invirtió en la producción o prestación del servicio y el ingreso por comercializarlo, es el lucro o beneficio obtenido.

Para que exista rentabilidad de una actividad económica, las entradas o ingresos deben ser superiores a las salidas o egresos, es necesario que los ingresos por ventas superen a los costos, para asir obtener un beneficio.

Para determinar el índice Beneficio-Costo para cada unidad experimental, primero se procedió a determinar los costos de producción o inversión total por tratamiento, agrupándolos por bloque (ver Tabla 25 en Anexos), para poder observar y comparar económicamente cada tratamiento contra el resto, priorizando la rentabilidad.

Para calcular el índice Beneficio-Costo, se utilizó los parámetros económicos obtenidos por hectárea como la inversión total realizada, el rendimiento en arroz cáscara (t/ha), el ingreso bruto obtenido, la utilidad neta o beneficio y finalmente relacionar el beneficio con el costo.

Los siguientes cálculos se deben realizar para obtener el índice B/C:

- Ingreso bruto (S./ ha) = Rendimiento (kg/ha) x precio kg arroz cáscara.
- Beneficio (S./ ha) = Ingreso bruto (S./ha) - inversión total (S./ha).
- Índice Beneficio-Costo = Beneficio (S./ha) / Inversión total (S./ha).

# III. MATERIALES Y METODOS

## 3.1. Ubicación del experimento

### 3.1.1. Ubicación política y geográfica

La fase de campo de la investigación se llevó a cabo en el predio "La Esperanza" del Sr. José A. Vinces Marquina, ubicado en el sector Río Negro, perteneciente al distrito de Posic, provincia de Rioja, departamento de San Martín (Figura 1), con coordenadas geográficas en UTM: 255687,46 m Este, 9340255,08 m Norte, y a una altitud de 824 msnm.

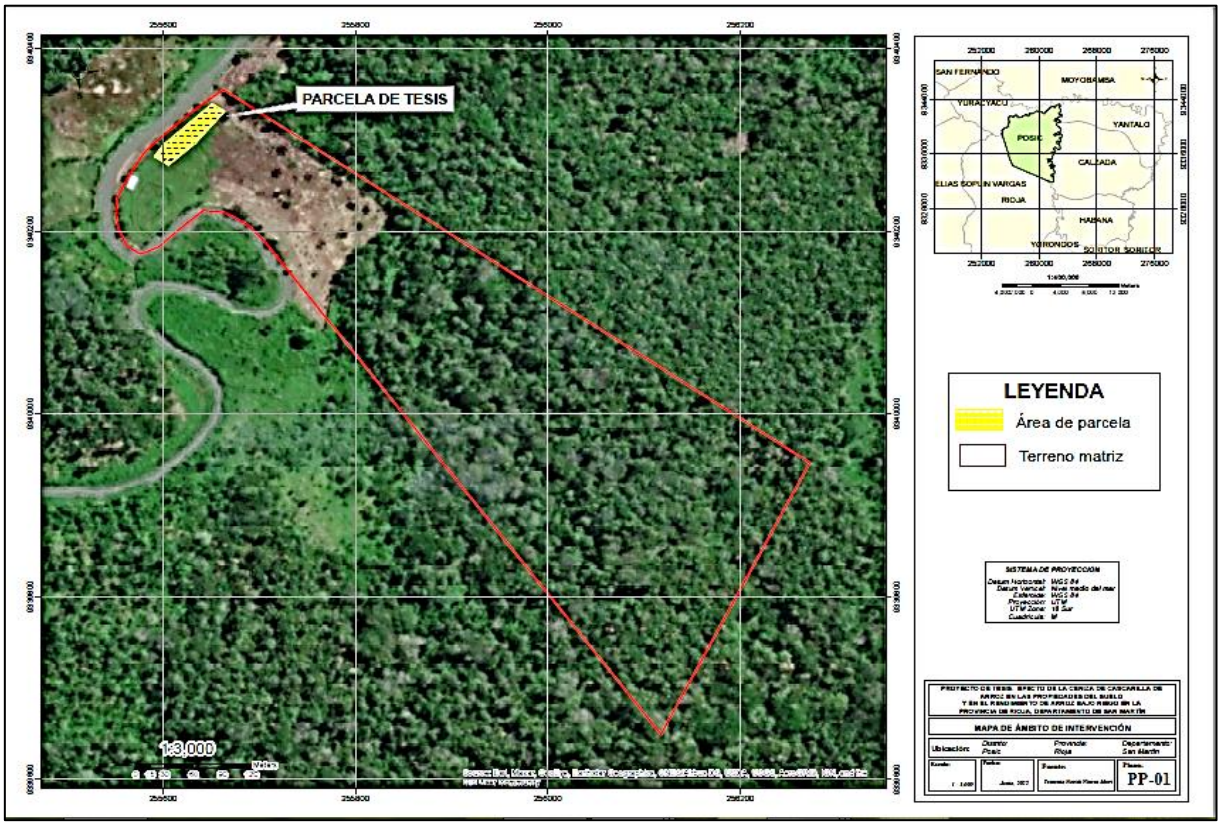



**Figura 1.** Vista aérea del área experimental.

### 3.1.2. Condiciones climáticas

El clima puede clasificarse como subtropical, semi húmedo, la temperatura promedio del periodo abril – setiembre 2019 fue de, 23,32 °C, registrando variantes comprendidas entre 21,83 y 24,16 °C; la precipitación acumulada fue de 568,60 mm, con un mínimo mensual de 19,50 mm/mes y un máximo de 171,60 mm/mes (SENAMHI, 2022). En la Tabla 4, se muestran los datos climáticos más cercanos al lugar del experimento.

**Tabla 4.** Temperatura promedio y precipitación de la Estación meteorológica Naranjillo (Rioja, San Martín) – 2019.

| Medida | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura Promedio (°C) | 24,16 | 24,08 | 22,44 | 21,83 | 21,93 | 22,51 |
| Precipitación (mm mes) | 125,10 | 120,10 | 102,90 | 171,60 | 19,50 | 29,40 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2022). https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones

Con la información de la Tabla 4 se elaboró el climograma de la Figura 2.

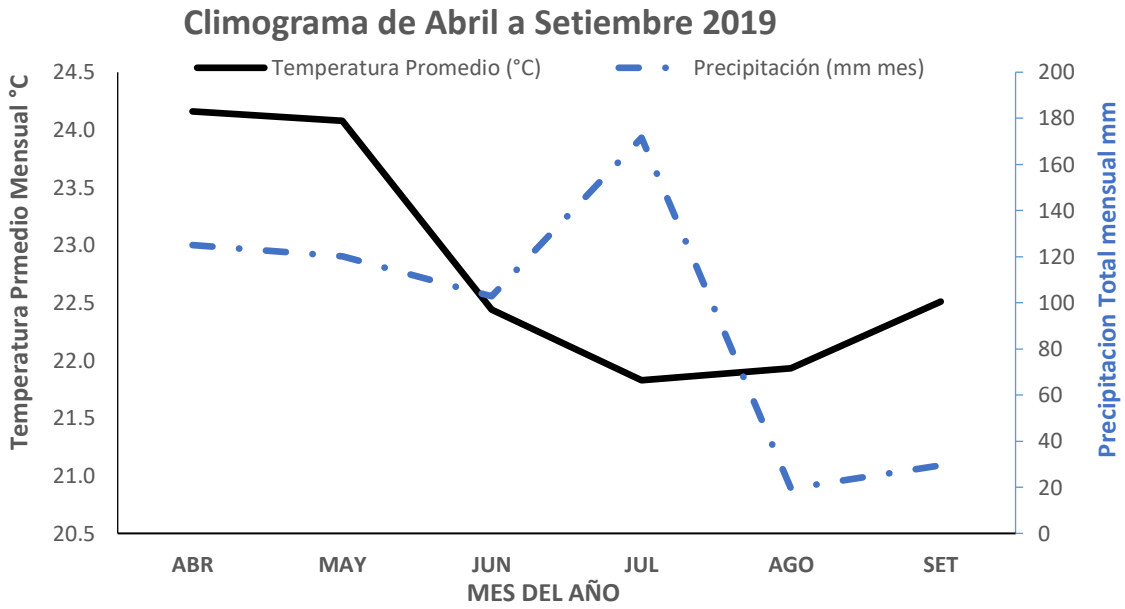



**Figura 2.** Climograma del periodo del experimento

## 3.2. Materiales y métodos

### 3.2.1. Material genético

Semilla de arroz de la empresa Potrero de la variedad: “HP 101-Plazas”.

### 3.2.2. Materiales y herramientas

- Libreta de campo
- Machete
- Palana
- Rastra
- Estacas
- Letreros

- Motocultor
- Bolsas de papel
- Cordeles
- Rafia
- Hoz
- Sacos

### 3.2.3. Insumos

- Ceniza fresca de cáscara de arroz, residuo fresco de la quema de ladrillos, conteniendo 63,2 % de $SiO_2$ (ver ítem 3.3.5).
- Ceniza descompuesta de cáscara de arroz, residuo de 1 año atrás de la quema de ladrillos, conteniendo 45,2 % de $SiO_2$.
- Fertilizante inorgánico: urea, fosfato di amónico y cloruro de potasio.
- Fungicidas y biocidas

### 3.2.4. Equipos

- Cámara fotográfica
- Laptop
- Determinador de humedad de granos
- Vernier
- Balanza de reloj y balanza gramera

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Componentes en estudio

Los componentes considerados en el presente experimento estuvieron determinados por las dos fuentes de abono orgánico y tres niveles de dichos abonos. Y a la vez se consideró un testigo absoluto y un testigo con NPK.

Las fuentes de abonos orgánicos utilizadas fueron las siguientes:

- $a_1$ = Ceniza fresca de cáscara de arroz (ceniza fresca con 63,2 % de $SiO_2$)
- $a_2$ = Ceniza descompuesta de cáscara de arroz (ceniza descompuesta con 45,2 % de $SiO_2$)

En el caso de los niveles de abonos, estos estuvieron distribuidos en las siguientes proporciones a evaluar:

- $b_1$ = 10 t/ha de ceniza de cáscara de arroz.
- $b_2$ = 20 t/ha de ceniza de cáscara de arroz.
- $b_3$ = 30 t/ha de ceniza de cáscara de arroz.

En atención al diseño estadístico planteado en el proyecto y las características del estudio, se empleó los volúmenes que se presentan en la Tabla 5, los mismos que aportan al cultivo de arroz una determinada cantidad de $SiO_2$/ha.

### 3.3.2. Descripción de los tratamientos

**Tabla 5.** Tratamientos en estudio del trabajo de investigación.

| N° | Clave | Descripción | Kg de $SiO_2$/ha |
|---|---|---|---|
| 1 | $T_1$ | 10 t/ha de ceniza fresca + NPK (130-35-145) | 6 320 kg |
| 2 | $T_2$ | 20 t/ha de ceniza fresca + NPK (130-35-145) | 12 640 kg |
| 3 | $T_3$ | 30 t/ha de ceniza fresca + NPK (130-35-145) | 18 960 kg |
| 4 | $T_4$ | 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK (130-35-145) | 4 523 kg |
| 5 | $T_5$ | 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK (130-35-145) | 9 046 kg |
| 6 | $T_6$ | 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK (130-35-145) | 13 569 kg |
| 7 | $T_7$ | Testigo | - |
| 8 | $T_8$ | Testigo + NPK (130-35-145) | - |

NPK: Nitrógeno, Fósforo y Potasio; ceniza fresca de cáscara de arroz (63,20 % de sílice) y ceniza descompuesta de cáscara de arroz (45,23 % de sílice)

Sobre los resultados obtenidos en el análisis inicial del terreno y a la extracción de nutrientes a una producción de 8,00 t/ha se optó por aplicar la dosis de fertilización sugerida por Bertsch (2003) de 130 N - 35 $P_2O_5$ - 145 $K_2O$, kg/ha respectivamente.

### 3.3.3. Toma de muestra inicial para análisis de suelos

Previo a la preparación del suelo, usando un tubo muestreador se tomó muestras a 30 cm de profundidad, en forma de zig–zag, utilizando la metodología indicada en el D.S. 013-2010-AG, sobre levantamiento de suelos. Se tomaron 30 sub muestras de suelo en toda el área en donde se ubicarían los bloques; las 30 submuestras se homogenizaron en una sola muestra de 1 kg, la misma que fue trasladada a la Facultad de Agronomía, Laboratorio de Análisis de Suelos, de la Universidad Nacional de San Martín, para su análisis de caracterización (ver la Figura 15 en Anexos).

### 3.3.4. Análisis físico–químico de suelos

Para evaluación de las propiedades del suelo, se realizaron 2 muestreos del área de trabajo: el primer muestreo antes de la preparación del terreno, que fue genérico de toda el área, obteniendo 1 kg de la mezcla de un total de 30 submuestras, que se remitió al Laboratorio; y el segundo muestreo al concluir la cosecha de las unidades experimentales, bajo el mismo procedimiento anterior, pero en este caso fue por cada unidad experimental, un total de 24 muestras al final de la cosecha.

El laboratorio de suelos que brindó el servicio de análisis de caracterización fue el de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Martin (Tarapoto). La Tabla 6, muestra los valores obtenidos en el análisis físico-químico inicial del suelo (antes de la instalación del experimento) y se resume en las características siguientes: textura franca arcillo arenosa con densidad aparente (1,36) media, pH neutro (6,90), materia orgánica media (2,63 %), fósforo disponible medio (8,36 ppm), potasio disponible medio (198,23 ppm), capacidad de intercambio catiónico por suma de cationes media (17,25 $cmol^+/kg$). Características que fijan una fertilidad media del suelo para cultivo de arroz.

**Tabla 6.** Análisis fisicoquímico proximal del suelo experimental (Rioja - San Martín, 2019).

| Medida | Valor | Técnica Empleada |
|---|---|---|
| **Análisis Físico** | | |
| Arena (%) | 50 | Hidrómetro |
| Arcilla (%) | 32 | Hidrómetro |
| Limo (%) | 18 | Hidrómetro |
| Clase Textural | Fco. Arc. Arenosa | Bouyoucos |
| **Análisis Químico** | | |
| pH (dilución 1:1) | 6,90 | Potenciómetro |
| Materia orgánica (%) | 2,63 | Walkley y Black |
| N total (%) | 0,1 | % M.O. x 0,05 |
| Fósforo disponible (ppm) | 8,36 | Olsen modificado |
| Potasio disponible (ppm) | 198,23 | Calculado a partir del potasio cambiable |
| Calcio cambiable ($cmol^+/kg$) | 15,23 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Magnesio cambiable ($cmol^+/kg$) | 1,32 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Potasio cambiable ($cmol^+/kg$) | 0,5 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Sodio cambiable ($cmol^+/kg$) | 0,2 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Silicio (ppm) | 4,2 | Sistema de digestión micro Kjeldahl. |
| % saturación de bases | 82 | Cálculo manual |
| % acidez Intercambiable | - | Yuan (Al intercambiable) |
| CIC ($cmol^+/kg$) | 21,0 | Acetato de amonio ($NH_4OAc$) 1M pH 7 |

Fuente: Universidad Nacional de San Martin, Laboratorio de Suelos, Tarapoto (2020). Se adjunta el reporte inicial del terreno en la Figura 15 en Anexos.

### 3.3.5. Obtención de muestra de ceniza de cáscara de arroz.

Tanto la ceniza fresca (color blanco y 63,2 % de $SiO_2$) y descompuesta (color oscuro y 45,2 % de $SiO_2$), arrumadas por separado según fecha de quema en un socavón (zona de recuperación de extracción de arcillas), fueron recolectadas de la ladrillera Cerámicos Prisma del Sr. Esteven Saucedo León, ubicado en la carretera Posic Km 3,5 Rioja - San Martín; obteniendo 288 kg de ceniza fresca y 288 kg de ceniza descompuesta de un año. De las cuales se extrajeron muestras separadas para análisis proximal de la sílice (Figura 15).

### 3.3.6. Muestreo para evaluación de ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz.

Previo a la aplicación en el suelo, se tomó 30 submuestras al azar de cada grupo de ceniza de cáscara de arroz, obteniendo una muestra compuesta y homogénea de 500 gr de cada grupo; partículas finas menores a 0,002 mm, de color blanquecino para la ceniza fresca y oscuro para la descompuesta. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía, para evaluar el contenido de silicio total mediante un análisis químico proximal por absorción atómica sobre digestión ácida nítrica – perclórica.

### 3.3.7. Digestión ácida nítrica – perclórica.

La digestión ácida nítrica – perclórica se aplica a muestras de fertilizantes sólidos o líquidos, material vegetal, suelos, cenizas y alimentos. El principio de la digestión húmeda es que a través del ataque con ácidos (ácido perclórico [$HClO_4$] o el ácido nítrico [$HNO_3$]), se oxide el material orgánico activo, luego se calienta para facilitar la oxidación completa del material orgánico; esta digestión facilita la perdida de elementos como el azufre por volatilización. Del filtrado final se tomó una alícuota que se enrazo a 25 ml, y se leyó en un equipo de absorción atómica de acuerdo con el manual del equipo (Bazán, 2017) a fin de analizar el contenido de Silicio total en el suelo. La Figura 14 de los Anexos, muestra los resultados obtenidos, la ceniza fresca presento 63.20 % de $SiO_2$ mientras que la ceniza descompuesta fue menor (45.23 %).

### 3.3.8. Manejo del cultivo.

#### a. Semilla

Se empleó semilla certificada de la variedad HP 101-PLAZAS con registro de Productor de Semillas 014-2003-AG-SENASA- DGSV-DIA, con porcentaje de

pureza física de 99,50 % y con porcentaje de germinación del 95 % y pureza varietal de 99,99 cuya presentación es en sacos de yute de 40 kg; pretratada con fungicida, insecticida y colorante en la dosis según el reglamento de la Ley General de las Semillas artículo 52, inciso 52.1.

**b. Almácigo**

Se realizaron las siguientes actividades:

- *Preparación del terreno*: la preparación de la poza almaciguera se realizó de forma manual, iniciando con la remoción de la tierra con una palana, posteriormente se ingresó agua y se realizó la separación de rastrojos finalmente se realizó el nivelado o planchado.

- *Siembra*: se efectuó con semilla pregerminada; para lo cual la semilla previamente se colocó en agua por un tiempo de 2 días y después para acelerar la germinación, se realizó el abrigo de la semilla con paja de arroz y mantas por el tiempo de un día. El voleo de la semilla pre germinada se realizó el 06 de abril del 2019 sobre una lámina de agua transparente de 3 a 5 cm.

- *Manejo del agua*: posterior al voleo de la semilla se procedió a retirar el exceso de agua, al día siguiente nuevamente se llenaron las pozas de agua con la finalidad de no deshidratar las semillas y evitar la muerte del bote por los rayos solares, posteriormente el riego se ejecutó permanentemente, tratando de mantener una lámina de agua entre 5 a 10 cm hasta el momento del trasplante a campo definitivo o saca.

- *Deshierbo*: en la poza se realizó manualmente a los 15 días después del voleo de la semilla.

- *Fertilización*: se realizó 12 días después del voleo de la semilla, aplicando dosis de 10 gr/$m^2$ de Urea y 10 gr/$m^2$ de Cloruro de Potasio.

**c. Campo definitivo**

Implicó las siguientes labores:

- *Limpieza y preparación del terreno*: se procedió a la limpieza, batido con mula mecánica y nivelación del terreno, así mismo se diseñó los bloques y se delimitó cada uno de los tratamientos.

- *Aplicación de cenizas de cáscara de arroz*: una vez diseñado los bloques y delimitado los tratamientos, 10 días antes del trasplante se procedió a realizar la incorporación al voleo de la ceniza fresca y descompuesta de cáscara de arroz, de acuerdo con los cálculos efectuados para cada tratamiento.

-

- *Saca de plántulas y trasplante*: se llevó a cabo el 08 de mayo del 2019, 30 días después del voleo de la semilla en almacigo. Las plántulas fueron agrupadas en garbas y llevadas al campo experimental para su siembra respectiva colocando en cada golpe 3 plantas, a un distanciamiento de 25 cm por 25 cm, previa incorporación de una lámina de agua.
- *Fertilización*: la formulación para la fertilización fue de 130-35-145 que equivale a 253 kg de urea (116,4 kg de N), 76 kg fosfato di amónico (13,6 kg de N y 35,0 kg de P2O5) y 242 kg de cloruro de potasio (145,2 de K2O), que se fraccionó de la siguiente manera: la primera fertilización se realizó el día del trasplante con la incorporación del 100 % de fosfato di amónico, la segunda fertilización fue a los 16 días después de trasplante (ddt), se aplicó la formulación 50% de urea y 50 % de cloruro de potasio; la tercera fertilización se realizó a los 33 días después del trasplante aplicando un desmanche con el 25 % de urea y 25 % de cloruro de potasio. Y finalmente la cuarta fertilización se realizó a los 47 días después del trasplante con 25 % de urea y 25 % de cloruro de potasio. La dosis de fertilización se realizó en base a la extracción del cultivo y análisis de suelos; se utilizó la misma dosis de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio para todos los tratamientos excepto el testigo.
- *Control de malezas*: en campo definitivo, al día siguiente del trasplante, se roció un herbicida pre emergente (Butachlor 600 g/L) en dosis de 2 L/ha; el control posterior fue de forma manual.
- *Control de plagas y enfermedades*: se realizaron aplicaciones de biocidas (ajo + ají molido) como insecticida y para las manchas foliares se aplicó un fungicida (Carbendazim 500 g/L) en dosis de 0,15 %.

**d. Cosecha**

La cosecha se realizó el 25 de setiembre de 2019, 118 días después del trasplante. En cada unidad experimental se demarcó un área de 1 $m^2$ para la cosecha muestral utilizando como herramienta una hoz, segando a una altura de 10 cm del suelo, registrando la humedad de cosecha con un determinador de humedad para su corrección al trasformar dicha cantidad a t/ha. Posteriormente se colocó en bolsas de papel con su código respectivo para secarlo al 14 % humedad en el laboratorio donde se realizaría pruebas de molinería.

### 3.3.9. Registro de observaciones

Con respecto a estas evaluaciones nos guiamos de la publicación de los "Protocolos para las mediciones de plantas en las plataformas de investigación" (CIMMYT, 2017):

**a. Altura de la planta**

Medición cada 30 días, con la ayuda de una wincha.

**b. Longitud de raíz**

**S**e evaluó en cm a los 45 días después del trasplante.

**c. Número de Macollos por metro cuadrado**

Se contó el número de macollos por metro cuadrado y por tratamiento.

**d. Número de panículas**

Se contó el número de panículas por golpe dentro de un metro cuadrado de extensión.

**e. Longitud de panícula**

Se midió la longitud de panícula con ayuda de wincha.

**f. Número de granos por panícula**

En cada tratamiento se cogieron 10 panojas al azar, se contaron el número de granos que existían en una panícula, registrando aquellos granos llenos y granos vanos (vacíos).

**g. Peso de 1000 granos**

Con ayuda de una balanza analítica se pesó 1 000 granos de arroz escogidos al azar de cada tratamiento, con un contenido de humedad de 14% para ser expresados en gramos.

**h. Rendimiento de grano**

Se determinó al porcentaje de humedad en campo y se pesó el rendimiento de 1 $m^2$ por unidad experimental. Cantidad que finalmente fue trasformada a kg/ha al 14 % de humedad.

**i. Toma de muestra final para análisis de suelos**

Después de la cosecha, se realizó un muestreo final del suelo, tomando muestras usando el tubo muestreador (30 cm de profundidad) en zigzag en cada una de las 24 unidades experimentales. en cada una se tomaron 10 submuestras que fueron homogéneamente mezcladas para obtener una muestra compuesta de 1 kg por unidad experimental, haciendo un total de 24 muestras de suelo para su respectivo análisis en el laboratorio. Se realizó el análisis químico completo más silicio total y fueron comparados con el análisis inicial para determinar el diferencial de acumulación o reducción de contenido de elementos en el suelo.

### 3.3.10. Evaluación de la calidad de molinería del grano

Para realizar las evaluaciones de la calidad molinera se tomó como referencia las reglas Internacionales para el análisis de semillas (ISTA, 2020):

**a. Contenido de humedad**

Se tomó 100 g por unidad experimental.

**b. Porcentaje de granos enteros y granos quebrados**

Se tomaron muestras de 25 gramos de semilla de cada unidad experimental, clasificándose en dos grupos: el porcentaje de granos arroz enteros (grano entero y grano de 3/4 de su tamaño), y el arroz partido o quebrado (menor de 3/4, mitades y puntas de grano); después se tomó el pesó cada muestra y se expresó el resultado en porcentaje.

### 3.3.11. Evaluación de las características del suelo

Las evaluaciones se realizaron una muestra general de toda el área previa a la siembra y posteriormente por cada unidad experimental después de la cosecha. Para lo cual seguimos las recomendaciones del D.S 013-2010-AG, reglamento que aprueba las normas técnicas para la ejecución de levantamiento de suelos (muestreo en campo y análisis de laboratorios). Se detallan a continuación:

**a. Propiedades físicas evaluadas**

Se evaluó el color del suelo inicial (antes de la incorporación de la ceniza de la cáscara de arroz) y final (posterior a la cosecha), la densidad aparente, y la clase textural. En la Figura 15 y 16 (Figuras 16.1 a 16.24) de los Anexos, se muestran los resultados obtenidos.

**b. Propiedades químicas evaluadas**

Se evaluó el suelo a través de un análisis de caracterización inicial y otro final del proyecto por unidad experimental, para comparar el cambio de algunas de las propiedades como el valor del pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), bases intercambiables ($cmol^{+}/kg$), fósforo y potasio disponible, resultados que se adjuntan en la Figura 15 y 16 (Figuras 16.1 a 16.24) de los Anexos.

## 3.4. Diseño del experimento

El trabajo experimental se realizó en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde se distribuyó aleatoriamente cada uno de los tres bloques, que se diferenciaban por su cercanía al agua; los 08 tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en cada bloque.

El modelo matemático del experimento fue:

$Y_{ij} = \mu + \beta_j + T_j + \varepsilon_{ij}$

donde:

$\mu$ = efecto de la media de la población.

$B_{i.}$ = efecto del bloque o repetición.

$T_{.j}$ = efecto de tratamientos

$\varepsilon_{ij}$ = efecto del error

**Tabla 7.** Esquema del análisis de variancia.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | | S.C. | C.M. |
|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | t-1 | 8-1=7 | $SC_{trat}$ | SC/GL |
| Bloque | r-1 | 3-1=2 | $SC_{bloq}$ | SC/GL |
| Error experimental | (t-1) (r-1) | 14 | $SC_{Error}$ | |
| Total | tr-1 | 24-1=23 | $SC_{Total}$ | |

t: Tratamiento, r: Repetición, S.C.: Suma de Cuadrados, C.M.: Cuadrado Medio

### 3.5. Croquis de la parcela y unidad experimental

El ensayo se llevó a cabo sobre un área de 384 $m^2$, tres (03) bloques y cada uno de los bloques con 08 tratamientos aplicados en 16 $m^2$ cada uno (Figura 3).

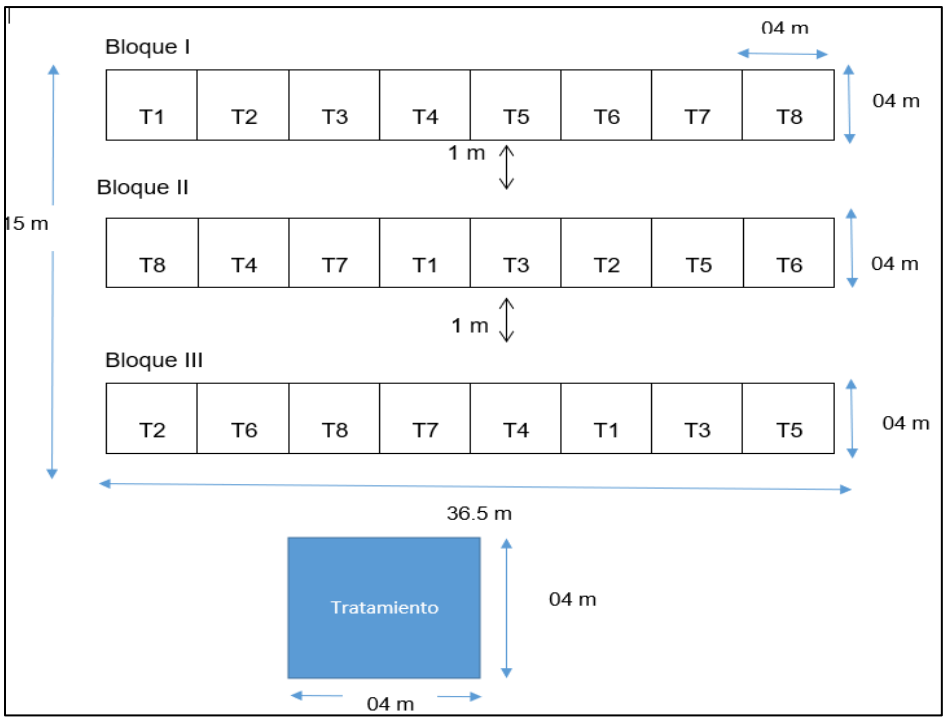



**Figura 3.** Distribucion de los tratamientos en la parcela experimental.

### 3.5.1. Dimensiones del campo experimental

| | |
|---|---|
| Área total: | 547,5 $m^2$ |
| Distancia entre bloques: | 1,0 m |
| Área total de cada unidad experimental: | 16 $m^2$ |
| Distancia entre tratamientos: | 0,5 m |

### 3.5.2. Características de bloque

| | |
|---|---|
| Cantidad de bloques: | 3 bloques |
| Longitud del bloque: | 32 m |
| Ancho del bloque: | 4 m |
| Espacio entre bloques: | 1 m |

### 3.5.3. Características de las parcelas

| | |
|---|---|
| Número de unidades por bloque: | 8 |
| Número total de unidades: | 24 |
| Largo: | 4 m |
| Ancho: | 4 m |

# IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Efecto de la ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz en las propiedades del suelo

Utilizando los reportes de los análisis de suelos que se muestran en las Figuras 16.1 a la 16.24 en Anexos, se obtuvo el promedio de los valores de las propiedades del suelo los que se resumen en la Tabla 8, en la 2da columna se muestran los resultados iniciales de toda el área del experimento (mayo del 2019) y luego de la 4ta a la 11ra columna el valor promedio por tratamiento al finalizar la campaña del cultivo (setiembre del 2019). Las columnas $T_1$ a la $T_8$ muestran los valores promedios obtenidos al finalizar el ensayo según tratamiento. Se observa que los valores de las propiedades del suelo se modificaron, y serán analizadas estadísticamente a continuación:

**Tabla 8.** Valores promedios de las propiedades del suelo según análisis por tratamiento.

| **Propiedad del suelo** | **Inicial** | **t de CCA** | **Ceniza fresca** | | | **Ceniza descompuesta** | | | **Testigo** | **NPK** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **10** | **20** | **30** | **10** | **20** | **30** | **0** | **0** |
| | 2/05/2019 | **Unidad** | **$T_1$** | **$T_2$** | **$T_3$** | **$T_4$** | **$T_5$** | **$T_6$** | **$T_7$** | **$T_8$** |
| pH | 6,90 | - | 6,28 | 6,31 | 6,54 | 6,24 | 6,32 | 6,54 | 6,41 | 6,45 |
| M.O. | 2,630 | % | 2,760 | 2,773 | 3,060 | 3,413 | 3,073 | 3,600 | 2,780 | 3,487 |
| N | 0,132 | % | 0,139 | 0,139 | 0,153 | 0,171 | 0,154 | 0,180 | 0,139 | 0,174 |
| $P_{disponible}$ | 8,36 | ppm | 8,14 | 8,90 | 9,61 | 8,96 | 9,89 | 11,37 | 7,90 | 8,56 |
| $K_{disponible}$ | 198,23 | ppm | 211,56 | 226,14 | 242,61 | 221,94 | 263,49 | 313,58 | 192,26 | 210,93 |
| CIC | 17,24 | $cmol^+/kg$ | 16,31 | 16,77 | 17,86 | 15,80 | 17,13 | 19,65 | 16,74 | 16,44 |
| Densidad aparente | 1,36 | - | 1,41 | 1,41 | 1,43 | 1,41 | 1,40 | 1,48 | 1,44 | 1,42 |

Fuente: Reportes de análisis de suelos (2020), en las Figuras 15 y 16 (16.1 a 16.24) de los anexos.

La Tabla 9 sintetiza los valores de los análisis de variancia (ANVA) y el resultado de la prueba de $Tukey_{0,05}$, realizados separadamente para cada observación evaluada, en Anexos se adjunta los ANVA y prueba de Tukey de forma individual, Tabla 24 (Tablas 24.2 al 24.7).

**Tabla 9.** Resumen de los resultados del ANVA y de la prueba de Tukey, según tratamiento**.**

| Propiedad del suelo | ANVA | Prueba de Tukey | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tratamiento | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
| pH | N.S. | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Materia orgánica (MO) | N.S. | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Nitrógeno disponible | N.S. | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Fósforo disponible | * | b | ab | ab | ab | ab | a | b | ab |
| Potasio disponible | * | bc | bc | bc | bc | ab | a | c | bc |
| Capacidad Intercambio Catiónico | N.S. | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Densidad aparente ($d_{ap}$) | N.S. | a | a | a | a | a | a | a | a |

Tratamientos con igual letra no muestran diferencia estadística entre sí.

El resultado del ANVA independientemente para cada propiedad, muestra que el pH, la MO, el nitrógeno disponible, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la densidad aparente; no arrojaron significación estadística entre los tratamientos. Mientras que, en el caso del fósforo disponible y el potasio disponible, si obtuvieron significación estadística.

### 4.1.1. Propiedades del suelo que no son afectadas por la incorporación de ceniza de cáscara de arroz

Las propiedades del suelo que no fueron afectadas por la incorporación de ceniza de cáscara de arroz se presentan a continuación:

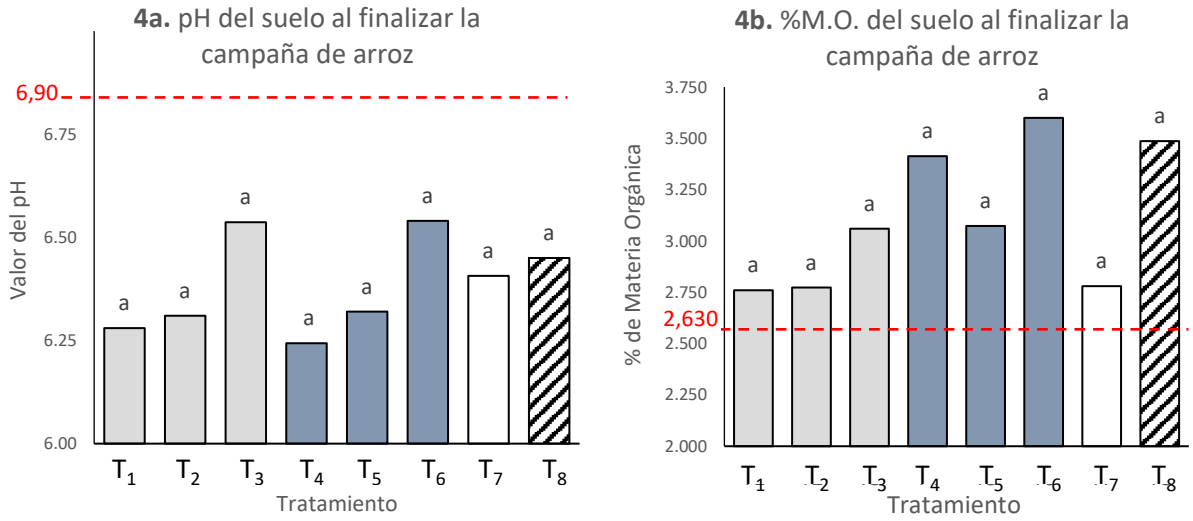



**Figura 4.** pH y materia orgánica en el suelo según tratamiento. La línea roja representa el valor inicial del suelo.

Analizando la Figura 4a observamos que los tratamientos redujeron el valor del pH inicial del suelo (6,90); pero al finalizar el ensayo, la respuesta fue diferente. La

mayor dosis de CCA (30 t/ha de CCA fresca o descompuesta) permitió que se incrementara en 0,13 unidades el pH del suelo frente al testigo, y que este valor sea superior a la fertilización NPK en 0,9 unidades de pH; mientras que, a menores dosis de CCA, el medio se acidifica hasta en -0,13 unidades, con dosis de 10 t/ha de ceniza fresca y -0,17 unidades, con igual dosis de ceniza descompuesta. La fertilización NPK apenas logra alcalinizar el medio en 0,04 unidades de pH sobre el testigo. La acidificación del suelo podría estar relacionada al silicio proveniente de la ceniza. El Silicio, una vez aplicado al suelo reacciona con el agua transformándose en ácido monosilícico ($H_4SiO4$) moviéndose rápidamente a través del xilema (Agromil, 2006).), como también podría estar ligada a los fertilizantes de N. La acidificación de los suelos también está relacionada al uso de fertilizantes nitrogenados como la urea y fosfato diamónico (Ginés, 2002), en el estudio se utilizó estos dos fertilizantes.

El presente estudio coincide con los resultados de Rivera y Pérez (1999) quienes concluyeron que la aplicación de diferentes dosis de ceniza de cascarilla de arroz en el cultivo de arroz y el efecto sobre las características físico químicas del suelo como el pH y la materia orgánica no mostraron variación estadística alguna; mientras la materia orgánica, el calcio, el magnesio aumenta a medida que se incrementa la dosis del material. Otro estudio realizado por Swe et al. (2021) sostienen que la incorporación de silicio incrementó el pH del suelo (6,40 a 7,49), de ácido (suelo original) a neutro (tratamiento con aplicación de 250 kg de Si/ha), probablemente por efecto de la reacción del óxido de calcio (30 % de CaO), que contenía la fuente de silicio utilizada; mientras que en el estudio la incorporación de ceniza de cáscara de arroz (como fuente de silicio) redujo el pH inicial del suelo (6,90 a 6,54).

Sobre la MO (Figura 4b), los tratamientos permitieron el incremento de la MO al terminar el ensayo. Con dosis de 30 t/ha de CCA fresca, se observó incremento de la MO del suelo sobre el testigo en 0,280 %, menores dosis de CCA fresca mostraron reducción de la MO con respecto al testigo; mientras que a mayor dosis de CCA descompuesta se observa el incremento de la MO sobre el testigo hasta en 0,707 % con dosis de 30 t/ha de CCA descompuesta, valor superior en 0,113 % sobre la fertilización con NPK. El nitrógeno total del suelo mostró igual comportamiento (similar distribución de la curva) como el de la materia orgánica del suelo, por lo cual se obvió mayor explicación. En la Figura 5a se grafica la CIC, encontrando que la mayor dosis de ceniza de cáscara de arroz facilitó un incremento de este valor con respecto al valor inicial; lo mismo ocurrió entre los tratamientos frente al testigo, en ambos exceptuando el $T_1$ y $T_4$ (10 t/ha de ceniza fresca y descompuesta, de cáscara de arroz, respectivamente), y el $T_8$ (Testigo + NPK). En términos generales se evidencia que al

incrementarse las dosis de ceniza se incrementa el contenido de materia orgánica. Los resultados reportados en la investigación coinciden con el estudio de Rivera y Pérez (1999) quienes determinaron que la materia orgánica del suelo (MO), la CIC, el calcio, el magnesio aumenta a medida que se incrementa la dosis de ceniza de arroz. Este incremento de materia orgánica puede estar relacionado al aporte nutricional de la ceniza la cual incrementa la biomasa vegetal por efecto de los nutrientes.

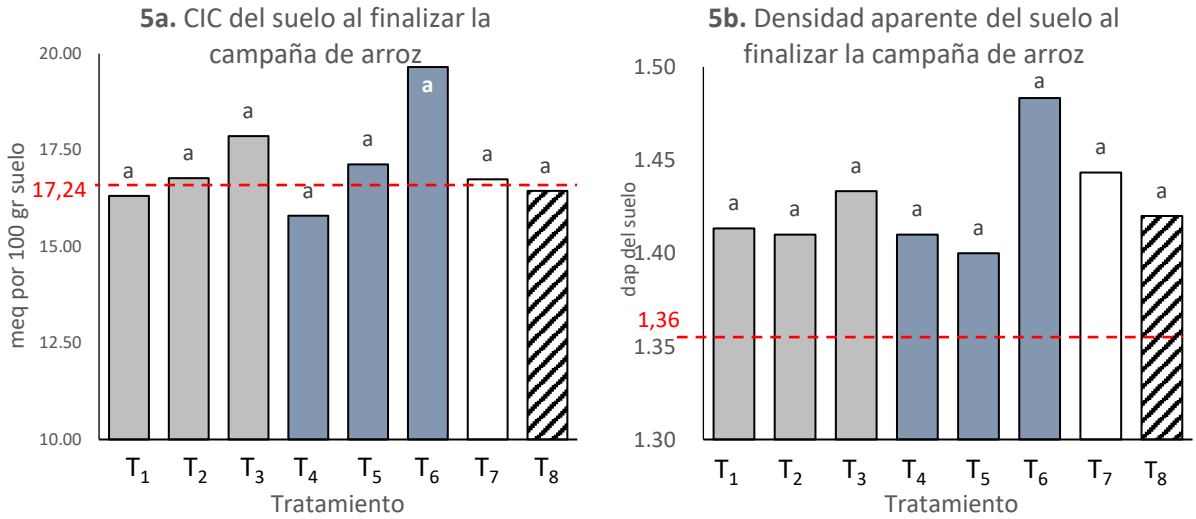



**Figura 5.** CIC del suelo y densidad aparente del suelo según tratamiento. La línea roja representa el valor inicial del suelo al iniciar el ensayo.

En el caso de la densidad aparente (dap) del suelo (Figura 5b) por la incorporación de ceniza de cáscara de arroz, se encontró que esta si incrementa, aunque no logró alcanzar la significancia estadística, dosis crecientes de ceniza de cáscara de arroz incorporada, permitió variar de un valor inicial de 1,36 hasta 1,48. Castro (2017), reportó que el incremento de incorporación de ceniza de cáscara de arroz en suelos arcillosos incrementó su capacidad de resistencia, que tiene una relación directa con la densidad del material, menciona que podría ser resultado del alto porcentaje de material silícico presente en la ceniza de cáscara de arroz (Matori et al., 2009; Singh, 2018), que reacciona con el aluminio libre existente estabilizando al suelo. Para mayor comprensión, un suelo cultivado puede tener un CBR (índice del ensayo de relación de soporte de California) de 3 %, mientras que un suelo arcilloso 4,75 %, frente a un suelo arenoso 10 % o una roca por sobre el 80 % (Phonphuak y Chindaprasirt, 2015).

### 4.1.2. Propiedades del suelo que son afectadas por la incorporación de ceniza de cáscara de arroz

**Fósforo disponible en el suelo:** La Tabla 10 muestra el ANVA obtenido del fósforo disponible en el suelo al finalizar el ensayo, se evidencia significancia estadística entre tratamientos y bloques, cuyo coeficiente de variación (CV) es 11,06 %, para ensayos agrícolas los coeficientes de variación se consideran bajos cuando son inferiores a 10 %, medios de 10 a 20 %, altos cuando van de 20 a 30 % y muy altos cuando son mayores al 30 % (Gordón y Camargo, 2015). En la Tabla 11 se muestra la prueba de Tukey.

**Tabla 10.** Análisis de variancia del contenido de fósforo disponible en el suelo

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 26,16 | 7 | 3,74 | 3,63 | 0,0191 | * |
| Bloque | 14,07 | 2 | 7,04 | 6,84 | 0,0085 | * |
| Error | 14,39 | 14 | 1,03 | | | |
| Total | 54,63 | 23 | | | CV = 11,06 % | |

**Tabla 11.** Prueba de $Tukey_{0,05}$ sobre el promedio de fósforo disponible según tratamiento

| Tratamiento | Promedios | |
|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 11,37 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 9,89 | ab |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 9,61 | ab |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 8,96 | ab |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,90 | ab |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 8,56 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,14 | b |
| $T_7$ - Testigo | 7,90 | b |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En la Tabla 11 se concluye que el tratamiento $T_6$ es diferente estadísticamente al tratamiento $T_1$ y $T_7$. Observando la Figura 6, en la mayoría de tratamientos el fósforo disponible se incrementa con respecto al valor inicial, exceptuando el $T_7$ (testigo) y el $T_1$ (10 t/ha de ceniza fresca). Pero los tratamientos frente al testigo lo superan; el $T_6$ (30 t/ha de ceniza descompuesta) supera a todos los tratamientos, pero es estadísticamente similar a la mayoría de tratamientos ($T_2$, $T_3$, $T_4$, $T_5$ y $T_8$), y estadísticamente superior al $T_7$ (testigo) y $T_1$ (10 t/ha de ceniza fresca).

La ceniza es una fuente importante de fósforo, por lo tanto, a medida que se incrementa las dosis de este material también aumenta los contenidos de fósforo en el suelo lo cual genera diferencias entre tratamientos. Águila y Sosa (2008) reportan que la ceniza de

arroz contiene aproximadamente 0,24% de $P_20_5$. Clarholm (1998) sugiere que el P de las cenizas no se encuentra en formas solubles en agua y la cantidad aportada con las cenizas de madera también es baja comparada con los fertilizantes comerciales (28-70 %). Su disponibilidad depende del pH y del tipo de suelo. De tal manera que, será máxima a pH comprendidos entre 6,0 - 7,0 y disminuirá a pH por encima de 8,0. Aunque en suelos ácidos este elemento también puede ser inmovilizado por los fosfatos de hierro y aluminio (Erich y Ohno, 1992). Swe et al. (2021) concluyen que el fósforo disponible incremento de 3,00 ppm se incrementa a 8,00 ppm al aplicar ceniza de arroz al suelo sin obtener significancia estadística, en nuestro caso ocurre incrementos similares, de 8,36 ppm originalmente a 11,37 ppm de P (mayor dosis de ceniza descompuesta de cáscara de arroz) respectivamente coincidiendo dichos estudios.

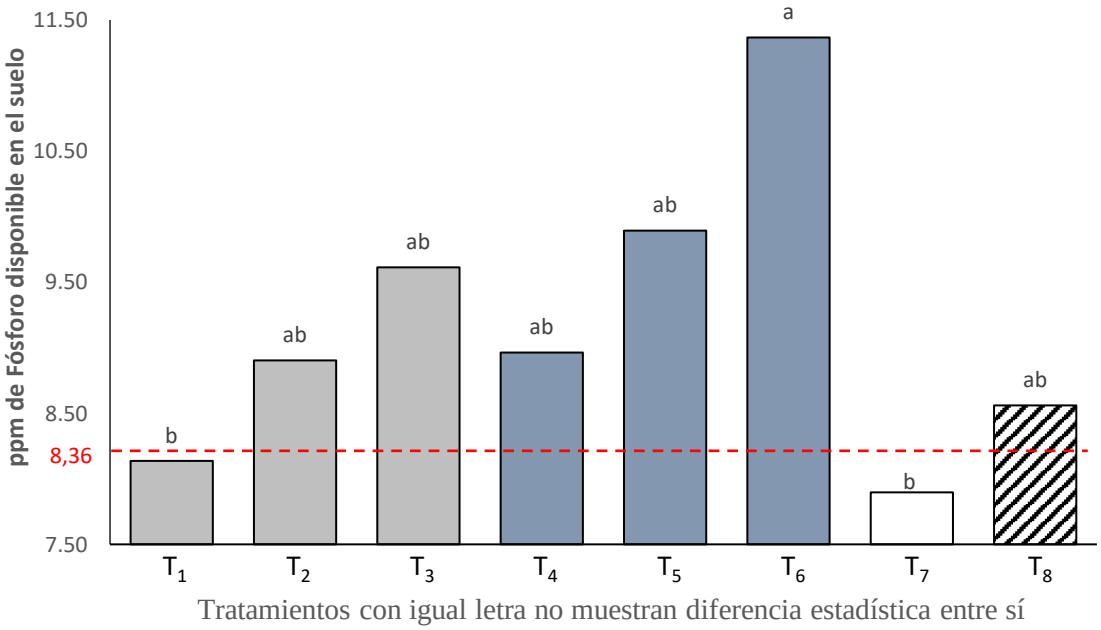



**Figura 6.** Fósforo disponible en el suelo según tratamiento, la línea roja representa el valor inicial del suelo al iniciar el ensayo.

**Potasio disponible en el suelo:** La Tabla 12 muestra el ANVA del potasio disponible en el suelo al finalizar el ensayo, se evidencia significancia estadística entre tratamientos y bloques, cuyo coeficiente de variación (CV) es 9,51 %, para ensayos agrícolas los coeficientes de variación se consideran bajos cuando son inferiores a 10 %, medios de 10 a 20 %, altos cuando van de 20 a 30 % y muy altos cuando son mayores al 30 % (Gordón y Camargo, 2015). La Tabla 13 muestra los resultados de la prueba de Tukey, en la cual se observa que el tratamiento $T_6$ es diferente a los tratamientos $T_3$, $T_2$, $T_4$, $T_1$, $T_8$ y $T_7$ respectivamente, mas no difiere del tratamiento $T_5$.

**Tabla 12.** Análisis de variancia del contenido de potasio disponible en el suelo.

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 30 743,03 | 7 | 4 391,86 | 8,78 | 0,0003 | * |
| Bloque | 6 259,64 | 2 | 3 129,82 | 6,25 | 0,0115 | * |
| Error | 7 006,78 | 14 | 500,48 | | | |
| Total | 44 009,46 | 23 | | | CV = 9,51 % | |

**Tabla 13.** Prueba de Tukey$_{0,05}$ sobre el promedio del potasio disponible según tratamiento.

| Tratamiento | Promedios | |
|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 313,58 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 263,49 | ab |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 242,61 | bc |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 226,14 | bc |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 221,94 | bc |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 211,56 | bc |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 210,93 | bc |
| $T_7$ - Testigo | 192,26 | c |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

En la Figura 7 se nota que el K disponible se incrementa con respecto al valor inicial y al testigo, lo cual estaría ligado al aporte de la ceniza dado que contiene 2,10 % $K_2O$) (Varón, 2005). Ohno (1992) menciona que la disponibilidad de K depende de la cantidad aportada al suelo y del pH. Los datos de este estudio son diferentes a los reportados por Swe et al. (2021), originalmente de 195 ppm de K se reduce a 88 ppm, y en nuestros resultados, de 198,23 ppm (suelo original) se incrementa a 313,58 ppm (mayor dosis de $C_{descompuesta}$ CA).

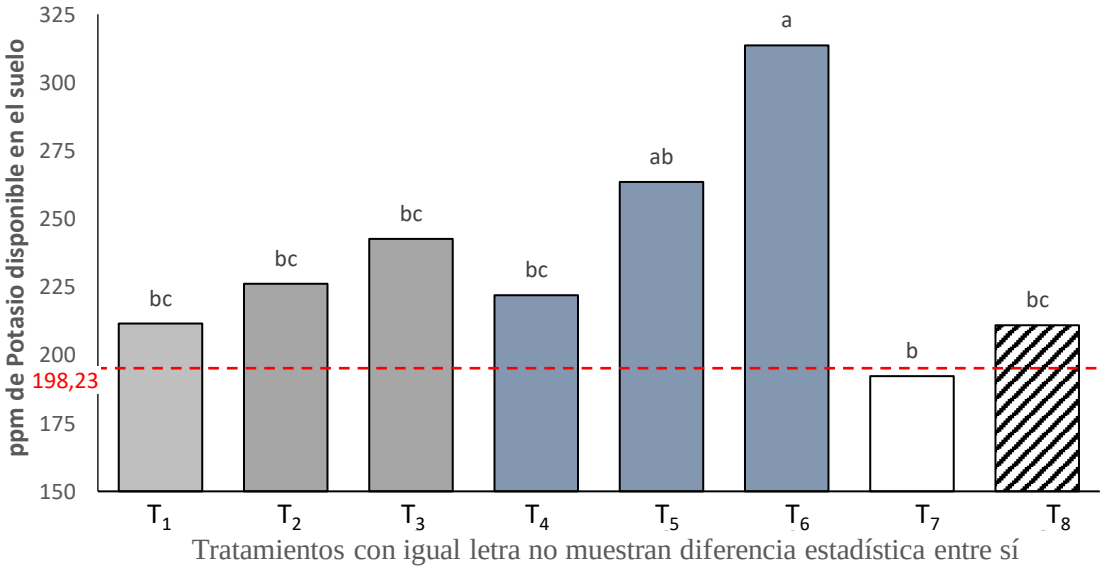



**Figura 7.** Potasio disponible en el suelo según tratamiento. La línea roja representa el valor inicial del suelo al iniciar el ensayo.

## 4.2. Efecto de la ceniza fresca de cáscara de arroz y ceniza descompuesta de cáscara de arroz en el rendimiento de arroz bajo riego

Para identificar si la ceniza de cáscara de arroz influye en los rendimientos, se utilizó la Tabla 14 que muestra el rendimiento promedio de cada uno de los tratamientos evaluados (penúltima fila de la Tabla 21 del Anexo); y en la Tabla 15 el ANVA correspondiente, igualmente, los cálculos correspondientes se presentan en la Tabla del 23.11 del Anexo.

**Tabla 14.** Valores promedios de los resultados de rendimiento según tratamiento.

| Evaluación | Unidad | Rendimiento promedio en t/ha al 14 % humedad | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
| Rendimiento 14% H | t/ha | 8,044 | 10,360 | 8,662 | 10,533 | 9,211 | 9,661 | 6,873 | 8,578 |

**Tabla 15.** Análisis de variancia del del rendimiento de arroz cáscara al 14 % H en t/ha.

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 31,24 | 7 | 4,46 | 2,95 | 0,0402 | * |
| Bloque | 19,64 | 2 | 9,82 | 6,49 | 0,0101 | * |
| Error | 21,17 | 14 | 1,51 | | | |
| Total | 72,04 | 23 | | | CV = 13,68 % | |

El ANVA obtenido del rendimiento de arroz cáscara muestra significancia estadística entre tratamientos y bloques, cuyo coeficiente de variación (CV) es 13,68 %, para ensayos agrícolas los coeficientes de variación se consideran bajos cuando son inferiores a 10 %, medios de 10 a 20 %, altos cuando van de 20 a 30 % y muy altos cuando son mayores al 30 % (Gordón y Camargo, 2015). Para la comparación de medias se realizó la prueba de Tukey, obteniéndose la Tabla 16, que muestra mediante letras la diferencia significativa entre uno y otro tratamiento, la misma que se grafica en la Figura 8.

**Tabla 16.** Prueba de Tukey sobre los promedios de los rendimientos según tratamiento

| Tratamiento | | Promedios | |
|---|---|---|---|
| $T_4$ | 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 10,53 | a |
| $T_2$ | 20 t/ha de ceniza fresca + N-K | 10,36 | ab |
| $T_6$ | 30 t/ha de ceniza descompuesta + N-P-K | 9,66 | ab |
| $T_5$ | 20 t/ha de ceniza descompuesta + N-P-K | 9,21 | ab |
| $T_3$ | 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,66 | ab |
| $T_8$ | Testigo + NPK | 8,58 | ab |
| $T_1$ | 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,04 | ab |
| $T_7$ | Testigo | 6,87 | b |

Tratamientos con letra común no muestran diferencia estadística entre sí ($p > 0,05$).

En la Figura 8 se observa que el rendimiento del $T_4$ es estadísticamente superior al tratamiento $T_7$ (testigo), y estadísticamente semejante al resto de tratamientos; aunque el rendimiento del $T_2$ le sigue en orden, estadísticamente no es igual, pero si semejante (tiene una letra en común). El aumento de rendimiento del arroz en cáscara se debería al aporte de minerales (K, Ca, Mg y P) de la ceniza a la planta, dado que estos elementos son esenciales para el crecimiento y desarrollo del arroz. La literatura reporta que en Finlandia en 1930 empezó a estudiarse el efecto de las cenizas de fitomasa procedentes de la industria de la madera como fertilizante y enmendante de sistemas forestales. Diversos estudios muestran que las cenizas de fitomasa presentan importantes contenidos en K, Ca, Mg y P (Someshwar, 1996). Los requerimientos de K de un arroz de alto rendimiento son del orden de los 120 a 150 kg ha-1, pero un arroz bien nutrido puede absorber más de 200 kg ha-1. El K juega un rol fundamental en la expansión celular y en el desarrollo de aerénquima funcional, así como en la translocación de los fotoasimilados hacia los granos (Quintero, 2018).

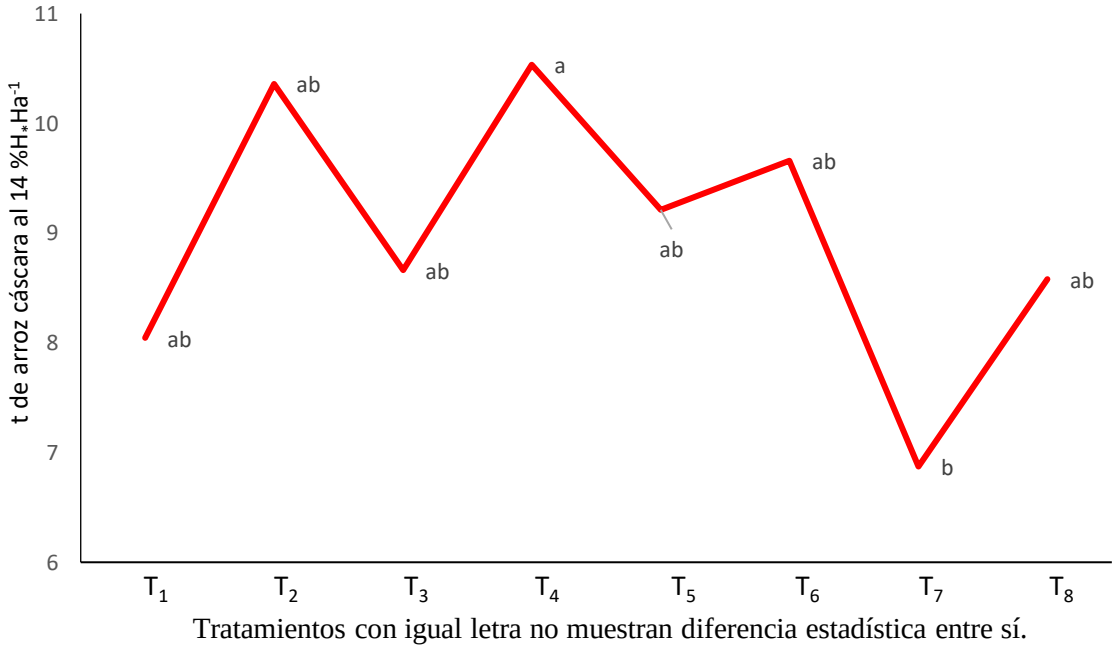



**Figura 8.** Rendimiento de arroz cáscara al 14 % de humedad según tratamiento.

En las Figuras 9 y 10, se comparan los niveles de fósforo y potasio disponible en el suelo contra el rendimiento obtenido según tratamiento. Se observa que los tratamientos de ceniza de cáscara de arroz permiten incrementos en los rendimientos, según la dosis de ceniza de cáscara de arroz aplicada, frente al testigo ($T_7$) o al tratamiento con sólo fertilización ($T_8$).

Por otro lado, el mayor rendimiento se obtiene con $T_4$ (10 t/ha de ceniza descompuesta) o con $T_2$ (20 t/ha de ceniza fresca), resaltadas con una flecha hacia abajo.

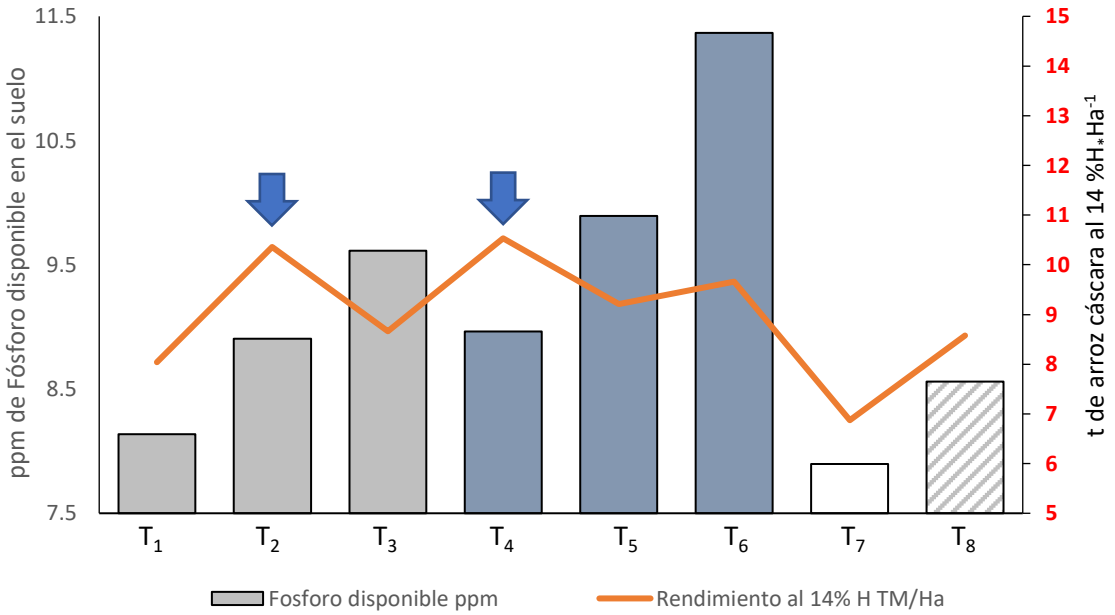



**Figura 9.** Fósforo disponible en el suelo según tratamiento versus rendimiento.

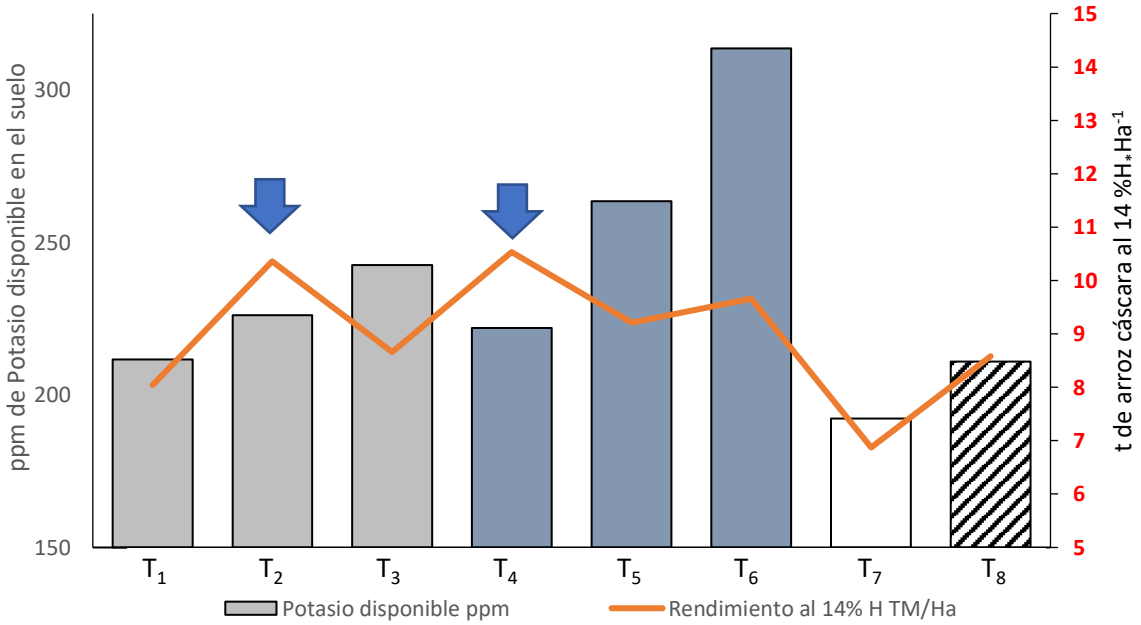



**Figura 10.** Potasio disponible en el suelo según tratamiento versus rendimiento.

En la investigación se demuestra que una mayor dosis de ceniza de cáscara de arroz (ceniza fresca o descompuesta) repercutirá en un mayor rendimiento; pero si en un mayor aporte de fósforo o potasio disponible en el suelo.

Los resultados encontrados por efecto de la ceniza de la cáscara de arroz en el incremento de la producción de arroz, concuerdan con los resultados obtenidos por Swe et al. (2021) en Birmania, Rengifo (2020) en San Martín - Perú y Rafael (2016) en Huánuco - Perú; aunque los valores en rendimiento fue superior a los reportes anteriores: 10,36 t/ha con 20 t de ceniza fresca contra 9,48 t/ha usando 30 t de cáscara de arroz descompuesta (Rengifo, 2020), y 734 kg/ha usando 250 kg de sílice (fertilizante); ambos resultados coinciden que a mayor volumen de ceniza de cáscara de arroz (o silicio equivalente) el rendimiento se incrementa.

Swe et al. (2021), reporta rendimientos de grano de arroz significativamente más alto a partir de la aplicación de la dosis recomendada de fertilización junto con la incorporación de silicio en dosis de 200 kg/ha, cantidad mucho menor a la incorporada en el presente estudio con 10 t/ha de ceniza fresca equivalente a 6 320 kg/ha (ver Tabla 3 en el ítem 2.3.3).

## 4.3. Efecto de los niveles de ceniza fresca y ceniza descompuesta de cáscara de arroz en el índice de rentabilidad (IR).

Para determinar el índice de rentabilidad (IR) de los tratamientos en estudio, se formularon los costos de producción en cada unidad experimental y al final de cada caso el análisis económico aplicado para determinar el IR, los mismos que se muestran en la Tabla 25.4 de los Anexos. Mientras que en la Tabla 17 se evidencia el resumen de los índices de rentabilidad por tratamiento y repetición, con esta información se efectuó el ANVA.

**Tabla 17.** Índice de rentabilidad según unidad experimental.

| **Bloque** | **$T_1$** | **$T_2$** | **$T_3$** | **$T_4$** | **$T_5$** | **$T_6$** | **$T_7$** | **$T_8$** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque 1 | -0,0807 | -0,1241 | -0,3908 | 0,1659 | -0,1211 | -0,1327 | 0,8082 | 0,4636 |
| Bloque 2 | 0,0961 | 0,0851 | -0,1294 | 0,4705 | 0,1238 | -0,1855 | 0,4132 | 0,7223 |
| Bloque 3 | 0,3278 | 0,4013 | -0,1073 | 0,6349 | 0,0213 | -0,0493 | 0,6018 | 0,5772 |
| Promedio | 0,1144 | 0,1208 | -0,2092 | 0,4238 | 0,0080 | -0,1225 | 0,6077 | 0,5877 |

El análisis de variancia correspondiente se muestra en la Tabla 18, que arroja significancia estadística entre los índices de rentabilidad de los tratamientos evaluados, aunque presenta un coeficiente de variabilidad muy elevado (mayor del 80%), consecuencia de valores negativos por mayores dosis de ceniza de cáscara de arroz ($T_3$ y $T_6$, 30 t/ha de ceniza fresca o descompuesta de cáscara de arroz, respectivamente).

**Tabla 18.** ANVA del índice de rentabilidad (IR) de cada uno de los tratamientos

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2,064 | 7 | 0,295 | 12,487 | <0,0001 | * |
| Bloque | 0,208 | 2 | 0,104 | 4,398 | 0,0329 | * |
| Error | 0,331 | 14 | 0,024 | | | |
| Total | 2,602 | 23 | | | CV = 80,31 % | |

En la Tabla 19 se observa los promedios de los índices de rentabilidad (IR) según tratamiento en estudio.

**Tabla 19.** Promedio de índices de rentabilidad según tratamiento en estudio.

| RUBRO | UNIDAD | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
| Análisis económico | Costo S/ por ha | 7 204 | 9 213 | 10 935 | 7 383 | 9 131 | 11 007 | 4 269 | 5 399 |
| | S/ por Kg | 0,90 | 0,89 | 1,26 | 0,70 | 0,99 | 1,14 | 0,62 | 0,63 |
| | Venta S/ por kg | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Ingreso S/ | 8 044 | 10 360 | 8 662 | 10 533 | 9 211 | 9 661 | 6 873 | 8 578 |
| | Utilidad S/ | 840 | 1 146 | -2 273 | 3 151 | 80 | -1 346 | 2 603 | 3 178 |
| | **IR** | 0,114 | 0,121 | -0,209 | 0,424 | 0,008 | -0,123 | 0,608 | 0,588 |

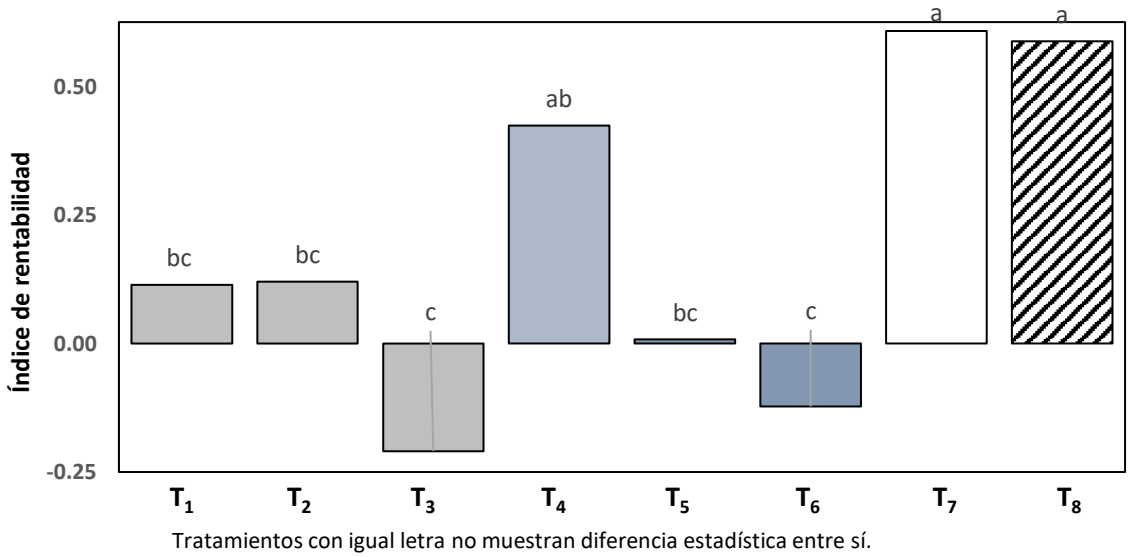



**Figura 11.** Indice de rentabilidad (IR) según los tratamientos en estudio.

En la prueba de Tukey sobresalen los tratamientos testigos $T_7$ y $T_8$ por arrojar un índice mayor al resto de los tratamientos, pero menor a la unidad, mientras que sólo los tratamientos con incorporación de 30 t de ceniza de cáscara de arroz muestran índices negativos ($T_3$ y $T_6$); resaltando el $T_4$ con incorporación de 10 t de Ceniza descompuesta.

Si comparamos los rendimientos promedios por tratamiento contra el IR promedio, lo podemos resumir en la Tabla 20 y mostrar gráficamente en la Figura 11.

**Tabla 20.** Promedio del rendimiento e índice (IR) de rentabilidad según tratamiento.

| RUBRO | UNIDAD | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
| Rendimiento | t/ha | 8,044 | 10,360 | 8,662 | 10,533 | 9,211 | 9,661 | 6,873 | 8,578 |
| Análisis económico* | IR | 0,114 | 0,121 | -0,209 | 0,424 | 0,008 | -0,123 | 0,608 | 0,588 |

* Los costos de producción para calcular el IR se muestran en la Tabla 25 de los Anexos.

En la Figura 12 se observa que según se incrementa la dosis de ceniza de cáscara de arroz (de 10 a 30 t fresca o descompuesta) el índice IR (en barras) se reduce para la ceniza fresca de 0,114 ($T_1$) a -0,209 ($T_3$) y para la ceniza descompuesta de 0,424 ($T_4$) hasta -0,123 ($T_6$); pero el rendimiento (línea roja) se incrementó para la ceniza fresca de 8,044 t ($T_1$) a 8,662 t ($T_3$), pero para la ceniza descompuesta decreció 10,533 t ($T_4$) a 9,661 t ($T_6$).

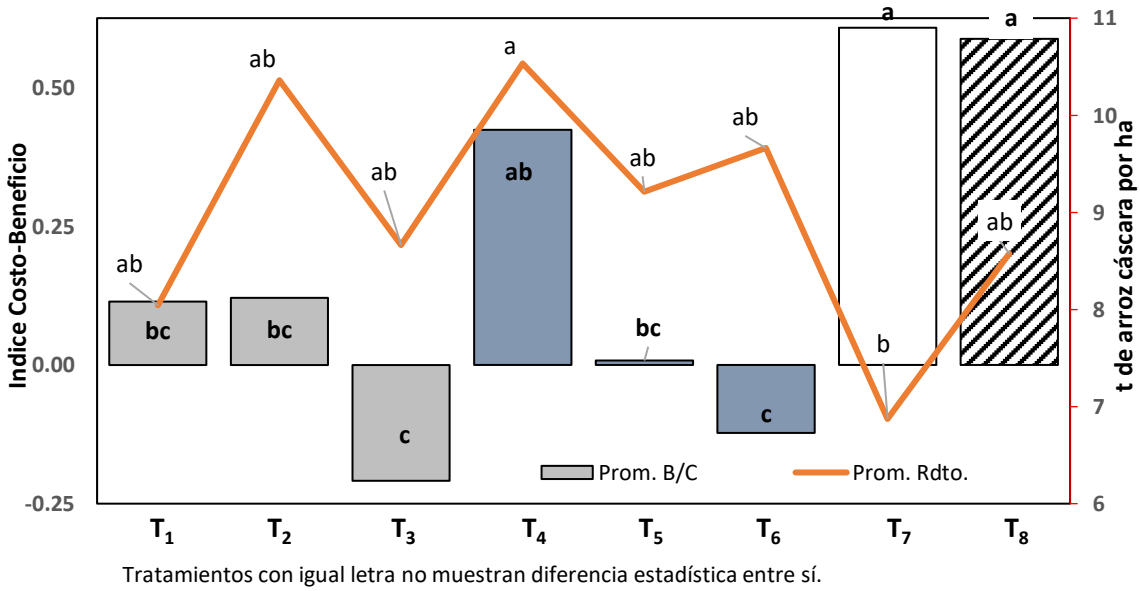



**Figura 12.** Comparación entre el índice de rentabilidad (barras) contra el rendimiento promedio (línea roja) según tratamiento.

Incrementando de 10 a 20 t ceniza fresca el rendimiento se incrementa de 8,044 t ($T_1$) a 10,360 t ($T_2$), pero el IR permanece similar en ambos casos (0,114 y 0,121 respectivamente); pero ocurre lo contrario si se utiliza ceniza descompuesta de cáscara de arroz, incrementando de 10 a 20 t, el rendimiento baja de 10,533 t ($T_4$) a 9,211 t ($T_5$), así como el IR (0,424 a 0,008 respectivamente).

En el caso del testigo (barra en blanco) y del tratamiento con fertilizante NPK

(barra en tramas), sus índices de rentabilidad son mayores que los tratamientos que incorporan ceniza de cáscara de arroz, pero los rendimientos son mucho menores al promedio de los tratamientos con ceniza de cáscara de arroz (ceniza fresca o descompuesta), la ceniza incrementa los costos de producción.

En la Figura 13 que compara el contenido de silicio (en barras) al final del experimento contra el rendimiento promedio (línea roja) según tratamiento. Se observa que la ceniza fresca aporta mayor cantidad de silicio al suelo que la ceniza descompuesta, pero el mayor rendimiento se obtiene incorporando 10 t ceniza descompuesta que 20 t ceniza fresca, aunque ambos arrojan rendimienrtos similares pero no iguales (10,53 t/ha con un IR de 0,424 frente a 10,36 t/ha con un IR de 0,121, respectivamente). La prueba de Tukey no arroja diferencia estadística entre los tratamientos de incorporación de ceniza de cáscara de arroz, pero si contra el testigo y la fertilización NPK.

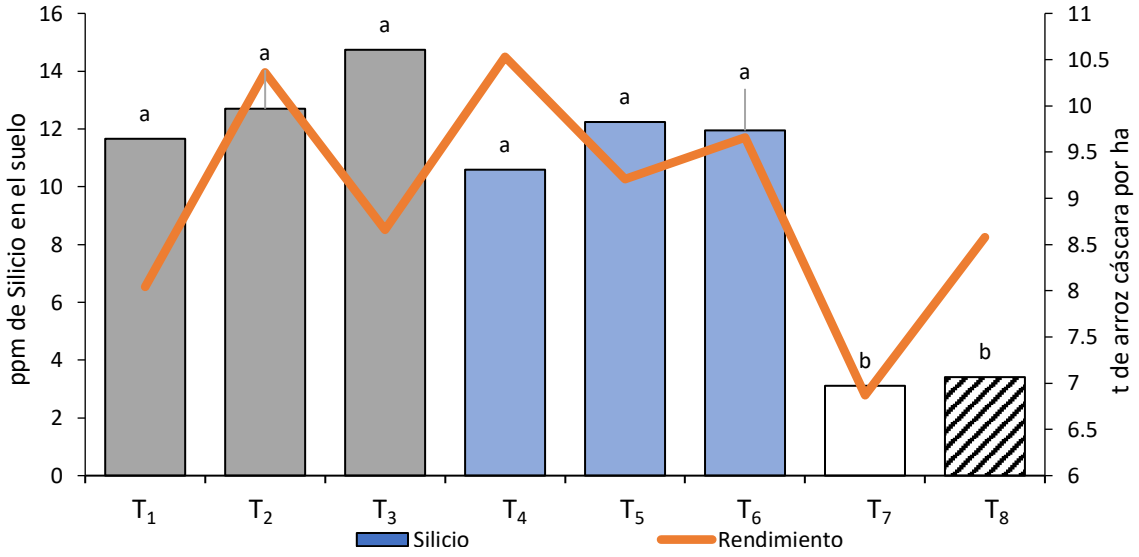



**Figura 13.** Contenido de silicio al final del experimento y el rendimiento según tratamiento.

Finalmente, los tratamientos $T_7$ y $T_8$ reportan los mayores IR, alcanzando 0,60 y 0,58 respectivamente, lo que indica que por cada S/. 1,00 (un sol) invertido se obtiene 0,60 y 0,58 soles en promedio, estos valores se deben a la menor inversión en los insumos del tratamiento, por lo tanto, la aplicación de ceniza no sería la mejor opción para incrementar la rentabilidad del cultivo. El estudio difiere con los resultados de Solano (2019), utilizando ceniza de cáscara

de arroz activada aplicando 400 kg/ha de $SiO_2$ como ceniza de cáscara de arroz obtuvo una ganancia de S/. 2,32 soles por sol invertido (IR); mientras que con la aplicación de 600 kg/ha de $SiO_2$ como escoria siderúrgica alcanzo una ganancia de S/ 1,70 soles por sol invertido.

# V. CONCLUSIONES

1. La ceniza de cáscara de arroz tuvo un efecto significativo en el contenido de fósforo y potasio disponible del suelo, mas no evidenció significación estadística en el pH, materia orgánica, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico y densidad aparente.
2. El uso de ceniza de cáscara de arroz incrementó el rendimiento del arroz en cáscara (14 % de humedad) frente a los testigos, alcanzando 10,53 t/ha correspondiente al tratamiento $T_4$ (10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK).
3. El índice de rentabilidad (IR) mayor se logró incorporando 10 t/ha de ceniza descompuesta, que arrojó un valor de S/ 0,70 por kg de arroz cáscara producido, con un beneficio neto de S/ 3 151 por la producción promedio de 10,53 toneladas de arroz cáscara al 14 % de humedad por ha con un índice de rentabilidad (IR) igual a 0,427.

# VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Para tener mejores respuestas en los cultivos con la aplicación de ceniza de cáscara de arroz al suelo, considerar que el suelo sea ácido.
2. Con la aplicación de ceniza de biomasa vegetal el principal elemento aplicado es el silicio (Si) el cual tiene evidencia científica que ejerce un papel de protección de la planta frente al ataque de plagas, lo cual debe investigarse a fondo en los diversos cultivos agrícolas.
3. Es necesario ampliar trabajos en laboratorio, para identificar la temperatura adecuada de calcinación y obtener la mayor cantidad de sílice activo (para su absorción por las plantas) o cristales amorfos de silicio (para uso en el suelo como acondicionador), pues en los alveolos que se forman dentro de los cristales amorfos se atrapa agua y gases de nitrógeno, para uso posterior por los cultivos instalados.

# VII. REFERENCIAS


Agencia Agraria de Noticias (2014). Hacienda El Potrero presenta nueva variedad de semilla de arroz. https://agraria.pe/noticias/%E2%80%9Chacienda-el-potrero%E2%80%9D-presenta-nueva-variedad-de-semilla-de--7334

Agromil (2006). Beneficio del Silicio para la Agricultura. México.

Águila, I., Sosa, M. (2008). Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos, Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 23, pp. 55-66.

Aguilera Díaz, Anailys (2017): El Beneficio-Costo como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. Cofín Habana. 2017, 12 (Número 2): 322-343. http://scielo.sld.cu/pdf/cofin/v11n2/cofin22217.pdf

Aguirre, César; Chávez, Tztzqui; García, Pedro Y Raya, Juan Carlos (2007). El silicio en los organismos vivos. Interciencia, Vol. 32 N 8 Caracas, http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800004

Arcos, Claudia Andrea; Pinto, Diego Macíaz; Y Rodríguez Páez, Jorge Enrique (2007): La cáscara de arroz como fuente de $SiO_2$. Rev. Facultad de Ing. Univ. Antioquia. Nro 41. pp. 7-20. Septiembre, 2007. http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n41/n41a01.pdf

Arkadiusz Artyszak (2018): Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality—A Literature Review in Europe. Plants 2018, 7(3) : 54 ; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6161276/pdf/plants-07-00054.pdf

Bazán Tapia, Rubén (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima - Perú. https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/504

Bertsch Hernández, Floria (2009). Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, 2009. https://books.google.com.pe/books/about/Absorci%C3%B3n_de_nutrimentos_por_los_cultiv.html?id=by_FAAAACAAJ&redir_esc=y

Castro Cuadra, Axel Franco (2017). Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10054

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMIYT] (2017). Protocolos para mediciones de plantas en las plataformas de investigación. https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18900/58838.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Clarholm, M. (1998). La ceniza de madera para contrarrestar las posibles limitaciones de fósforo y potasio en los bosques de abetos de Noruega sujetos a la contaminación del aire. Revista Escandinava de Suplemento de Investigación Forestal, 1998

Coloma C., Leyla M. (2015). Efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de silicio en la agronomía y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L)". Trabajo de titulación para obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil - Ecuador. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7427/1/TESIS%20Leyla%20Mariela%20Coloma%20Cede%C3%B1o.pdf

Diario Ahora (15 febrero del 2013). "Uso de leña sigue deforestando nuestros bosques", p. 3. https://issuu.com/diarioahora/docs/15.02.13-diario-ahora-tarapoto

Dirección Regional de Energía y Minas - San Martin [DREM-SM] (2014). Evaluación del potencial de generación energética con cáscara de arroz en la zona del Huallaga Central del departamento de San Martín. DREM - Moyobamba, San Martin, 73 pp. http://chasqui.ngrok.io/file/drem/archivos/electricidad/Potencial%20energetico.pdf

Erich, M.; Ohno, T. (1992). Disponibilidad de fósforo para el maíz procedente de suelos modificados con cenizas de madera. Contaminación del aire y del suelo. Orono , Estados Unidos. 14 p.

Ginés, I.; Mariscal, S. I. 2002. Incidencia de los Fertilizantes sobre el pH del Suelo. Fertiberia. España. 9 p.

Gordón, R., Camargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 10 p.

Hilario E., José D. (2018). Fuentes y niveles de silicio en el rendimiento y en la incidencia de ojo de gallo (*Stillbum flavidum* C.) en la variedad de café Catimor. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1644/TS_JDHE_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Horna, R. 2009. Aprovechamiento de la cáscara de *Oryza sativa* (arroz) para la producción de silicio orgánico. https://www.engormix.com/agricultura/foros/aprovechamiento-cascarilla-*Oryza*-sativa-t10676/

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2021). Producción de arroz cáscara creció 26,2% en diciembre del año 2021. Lima, Perú. https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-crecio-262-en-diciembre-del-ano-2021-13455/

International Seed Testing Association [ISTA] (2020). Reglas internacionales para el análisis de las semillas 2020. http://www.seedhealth.org/files/2020/02/ISTA-SH-methods-2020-7-032-opt.pdf

Jiménez Valencia, Livingston Simón (2016). Estudio de cinco dosis de ceniza de cáscara de arroz como fuente de silicio complementaria a la fertilización edáfica en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L). Trabajo de titulación para obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil - Ecuador. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13837/1/Jim%C3%A9nez%20Valencia%20Livingston%20Sim%C3%B3n.pdf

Matori, K.A.; Haslinawati, M.M.; Wahab, Z.A.; Sidek, H.A.A.; Ban, T.K. And Ghani, W.A.K. (2009): Producing amorphous white silica from rice husk. Masaum Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 1, No. 3. https://www.researchgate.net/profile/Khamirul-Matori/publication/236839923_Producing_Amorphous_White_Silica_from_Rice_Husk/links/556ac2af08aeab7772212d05/Producing-Amorphous-White-Silica-from-Rice-Husk.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MINAGRI] (2017). Observatorio de las siembras y perspectivas de la producción arroz, campaña agrícola 2020-2021. Boletín cuatrimestral No 2, 2021. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1693880/Observatorio%20de%20las%20siembras%20y%20perspectivas%20de%20arroz.pdf

Olmos, Sofia (2007): Apunte de morfología, fenología, eco fisiología, y mejoramiento genético del arroz. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Argentina. https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN [FAO] (2004). Arroz, perspectivas alimentarias. Diciembre, 2004.

Departamento Económico y Social, Sistema mundial de información y alerta sobre la agricultura y la alimentación. https://www.fao.org/3/j3877s/j3877s06.htm

Paredes C., Mariobecerra V., Viviana Y Donoso Ñ., Gabriel (2021). Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Fundación para la Innovación Agraria (FIA): *100 años del cultivo del arroz en Chile en un contexto internacional 1920-2020. Tomo I* [en línea]. Chillán, Chile: Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 40. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14001/68050.

Phonphuak, N. Y P. Chindaprasirt (2015). Types of waste, properties, and durability of pore-forming waste-based fired masonry bricks, En Eco-Efficient Masonry Bricks and Blocks, 2015. https://www.researchgate.net/publication/285433864_Types_of_waste_pr0operties_and_durability_of_pore-forming_waste-based_fired_asonry_bricks

Portal web Esto Es Agricultura (2018). Silicio en agricultura ($SiO_2$) [Remineralizador de suelos agrícolas]. https://estoesagricultura.com/silicio-en-agricultura/

Possamai D., V.; Kühn, I.; Y Hotza, D. (2003). Processing and Characterization of Active Silica Obtained from Rice Husk Ash. Materials Science Forum Vols. 416-418 (2003) pp. 531-536. DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.416-418.531. http://www.scientific.net

Quintero, C. (2018). Fertilización para altos rendimientos de arroz en la región templada argentina. Argentina, 12 p.

Rafael Alania, Josué Juan (2016): Efecto del abonado orgánico en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad "La Conquista" INIA 507 en un sistema bajo riego en Aucayacu. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1255/RAJJ_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rengifo García, F. (2020): Efectos de fuentes de silicio en el rendimiento de arroz bajo riego (*Oryza sativa L.*) variedad La Conquista. Tesis para grado Maestro en Ciencias Agrícolas con mención en Agricultura Sostenible, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María - Huánuco. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1911/TS_FRG_2020_R2.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Rivera, M., Pérez, J. (1999). Estabilidad para rendimiento de genotipos de maíz y fríjol voluble sembrados en asociación y monocultivo. Resumen publicado en Releza II, Cali, Colombia. 29 p.

Siddique, R. (2008). Rice Husk ASH (RHA). En: Waste materials and by-products in concrete. Springer, Berlin, Heidelberg. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74294-4_7?noAccess=true

Sánchez, Fernando T. (2008). El silicio en la agricultura intensiva bajo plástico. Efecto sobre la producción y calidad en solanáceas y cucurbitáceas. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=222669

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI] (2022). https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones

Sierra, J. 2009. Alternativas de aprovechamiento de la cáscara de arroz en Colombia. https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/211

Singh, Bhupinder (2018). Rice husk ash. En Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete, 2018. Pág. 417-460, https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/rice-husk-ash/pdf

Solano Limas, Feliciano Valderrama (2019): Fuentes y niveles de silicio en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa L.*) variedad La Esperanza, bajo riego. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco. http://repositorio.unas.edu.pe/themes/Mirage/images/mime.png

Someshwar, A. (1996). Caracterización de la madera y la combinación de cenizas de calderas de leña. Revista de Calidad Ambiental 25. Cataluña, España.

Swe, Mya Mya; Mar, Swe Swe; Naing, Tin Tun; Zar, Thu; And Ngwe, Kyaw (2021): Effect of silicon application on growth, yield and uptake of rice *(Oryza sativa* L.) in two different soils. Birmania. Open access library journal, Oct. 2021. https://www.scirp.org/pdf/oalibj_2021102816122765.pdf

Valverde G., A.; Sarria L., B. Y Monteagudo Y., J. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cáscara de arroz. Scientia et Technica Año XIII, No 37: 255 – 260, diciembre del 2 07. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4055

Varón, J. (2005). Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cáscara de arroz. El Hombre y la Máquina, Núm.

25, julio-diciembre del 2005, pp. 128-135. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47802513

# ANEXOS

**Tabla 21.** Registros biométricos efectuados en el estudio de ceniza (fresca o descompuesta) de cáscara de arroz aplicada al cultivo de arroz.

| Evaluación morfológica | Unidades | $T_1$ | | | $T_2$ | | | $T_3$ | | | $T_4$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| Altura a los 30 DDT [1] | cm | 62,90 | 65,30 | 63,80 | 67,80 | 64,20 | 67,60 | 65,90 | 67,00 | 67,90 | 68,05 | 62,20 | 65,70 |
| Altura a los 60 DDT [1] | cm | 88,25 | 86,80 | 85,60 | 99,10 | 91,70 | 88,00 | 90,70 | 91,30 | 87,20 | 90,30 | 87,50 | 80,40 |
| Macollos a 30 DDT [1] | número | 13,40 | 14,30 | 15,40 | 15,00 | 15,90 | 18,60 | 12,70 | 15,50 | 18,60 | 12,70 | 13,90 | 18,00 |
| Macollos a 60 DDT [1] | número | 20,20 | 19,60 | 21,90 | 21,40 | 20,40 | 25,70 | 19,20 | 21,80 | 26,60 | 19,40 | 23,40 | 22,00 |
| Panículas por golpe [1] | número | 17,20 | 18,80 | 20,60 | 17,00 | 17,20 | 20,00 | 16,60 | 17,00 | 19,60 | 15,60 | 17,40 | 17,20 |
| Longitud de raíces de 1 planta | cm | 23,75 | 24,00 | 22,50 | 20,00 | 20,25 | 19,50 | 21,75 | 21,50 | 20,50 | 24,35 | 24,35 | 21,70 |
| Peso fresco de raíz de 1 planta | gr | 67,50 | 67,75 | 67,65 | 57,50 | 57,25 | 57,40 | 92,50 | 94,75 | 89,95 | 79,00 | 79,25 | 79,20 |
| Peso fresco de hojas en 1 $m^2$ | gr | 1,750 | 1,800 | 2,850 | 2,000 | 2,000 | 3,750 | 1,600 | 2,230 | 3,205 | 2,000 | 2,250 | 2,950 |
| Peso seco de hojas en 1 $m^2$ | gr | 450,07 | 462,92 | 732,96 | 494,74 | 494,74 | 927,64 | 641,25 | 893,74 | 1,284,50 | 686,74 | 772,58 | 1012,94 |
| Rendimiento al 14 % H | t/ha | 6,523 | 7,884 | 9,726 | 7,916 | 9,967 | 13,196 | 6,571 | 9,577 | 9,837 | 8,432 | 10,894 | 12,274 |
| Calidad molinera [2] | % | 59,90 | 63,10 | 58,40 | 63,60 | 62,50 | 58,80 | 66,90 | 63,20 | 61,80 | 67,30 | 54,50 | 57,90 |

| Evaluación morfológica | Unidades | $T_5$ | | | $T_6$ | | | $T_7$ | | | $T_8$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| Altura a los 30 DDT [1] | cm | 70,00 | 65,30 | 64,90 | 67,00 | 68,10 | 67,70 | 59,10 | 50,90 | 60,40 | 55,90 | 53,90 | 62,90 |
| Altura a los 60 DDT [1] | cm | 88,70 | 87,40 | 88,30 | 88,30 | 91,90 | 87,40 | 75,50 | 76,90 | 73,20 | 81,80 | 78,60 | 77,80 |
| Macollos a 30 DDT [1] | número | 14,30 | 15,50 | 15,10 | 14,60 | 15,10 | 14,90 | 11,20 | 11,00 | 10,40 | 13,50 | 12,60 | 11,70 |
| Macollos a 60 DDT [1] | número | 18,80 | 21,80 | 24,00 | 19,40 | 20,20 | 24,00 | 11,50 | 13,60 | 14,80 | 18,20 | 17,60 | 17,40 |
| Panículas por golpe [1] | número | 15,60 | 15,80 | 19,80 | 12,40 | 19,00 | 24,00 | 8,00 | 11,00 | 11,00 | 12,40 | 15,20 | 12,20 |
| Longitud de raíces de 1 planta | cm | 23,50 | 23,60 | 26,50 | 21,50 | 21,65 | 21,00 | 19,10 | 19,15 | 20,20 | 18,50 | 18,55 | 20,50 |
| Peso fresco de raíz de 1 planta | gr | 70,00 | 70,25 | 70,15 | 82,00 | 82,10 | 82,05 | 40,50 | 40,75 | 40,65 | 50,00 | 50,25 | 50,15 |
| Peso fresco de hojas en 1 $m^2$ | gr | 1,600 | 2,200 | 2,900 | 2,050 | 2,400 | 2,820 | 1,400 | 1,250 | 1,500 | 1,800 | 1,750 | 2,210 |
| Peso seco de hojas en 1 $m^2$ | gr | 521,94 | 717,66 | 946,01 | 728,57 | 852,96 | 1,002,23 | 271,46 | 242,38 | 290,85 | 559,31 | 543,78 | 686,71 |
| Rendimiento al 14 % H | t/ha | 7,946 | 10,353 | 9,335 | 9,538 | 8,922 | 10,523 | 7,845 | 5,939 | 6,834 | 7,823 | 9,401 | 8,508 |
| Calidad molinera [2] | % | 67,80 | 54,60 | 63,00 | 62,60 | 65,40 | 63,60 | 61,10 | 56,30 | 56,10 | 61,00 | 59,70 | 62,90 |

[1] Valor promedio de 10 lecturas efectuadas en las plantas de arroz en su desarrollo según Unidad experimental.

[2] Resultado del porcentaje de granos enteros a la pila.

**Tabla 22.** Registros de análisis de suelos efectuados en el estudio de ceniza (fresca o descompuesta) de cáscara de arroz aplicadas al cultivo de arroz.

| Análisis de Suelos | Unidades | $T_1$ | | | $T_2$ | | | $T_3$ | | | $T_4$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ |
| pH | | 5,63 | 6,32 | 6,89 | 5,96 | 6,52 | 6,45 | 6,12 | 6,75 | 6,74 | 6,23 | 5,96 | 6,54 |
| Materia Orgánica | % | 2,960 | 2,200 | 3,120 | 2,310 | 2,560 | 3,450 | 2,850 | 2,210 | 4,120 | 3,120 | 3,560 | 3,560 |
| Nitrógeno disponible | % | 0,148 | 0,112 | 0,156 | 0,116 | 0,128 | 0,173 | 0,143 | 0,111 | 0,206 | 0,156 | 0,178 | 0,178 |
| Fósforo disponible | ppm | 6,32 | 8,53 | 9,56 | 8,69 | 9,56 | 8,46 | 8,96 | 9,65 | 10,23 | 9,12 | 8,21 | 9,56 |
| Potasio disponible | ppm | 185,23 | 214,23 | 235,23 | 212,20 | 254,23 | 212,00 | 215,25 | 256,25 | 256,32 | 235,25 | 198,56 | 232,00 |
| Capacidad de Intercambio | $cmol^+/kg$ | 13,88 | 16,17 | 18,89 | 15,73 | 16,94 | 17,65 | 16,96 | 17,53 | 19,10 | 17,78 | 13,68 | 15,94 |
| Densidad aparente | | 1,43 | 1,44 | 1,37 | 1,41 | 1,46 | 1,36 | 1,41 | 1,52 | 1,37 | 1,41 | 1,42 | 1,40 |

| Análisis de Suelos | Unidades | $T_5$ | | | $T_6$ | | | $T_7$ | | | $T_8$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ |
| pH | | 6,12 | 6,10 | 6,74 | 6,32 | 6,41 | 6,89 | 6,78 | 6,12 | 6,32 | 6,52 | 6,42 | 6,41 |
| Materia Orgánica | % | 3,250 | 2,850 | 3,120 | 4,120 | 3,120 | 3,560 | 2,560 | 2,780 | 3,000 | 3,120 | 3,740 | 3,600 |
| Nitrógeno disponible | % | 0,163 | 0,143 | 0,156 | 0,206 | 0,156 | 0,178 | 0,128 | 0,139 | 0,150 | 0,156 | 0,187 | 0,180 |
| Fósforo disponible | ppm | 8,56 | 9,00 | 12,12 | 9,65 | 10,45 | 14,00 | 8,12 | 7,45 | 8,12 | 7,56 | 8,56 | 9,56 |
| Potasio disponible | ppm | 224,25 | 256,00 | 310,23 | 278,50 | 312,00 | 350,23 | 195,23 | 185,23 | 196,32 | 175,36 | 212,20 | 245,23 |
| Capacidad de Intercambio | $cmol^+/kg$ | 16,78 | 16,19 | 18,42 | 18,26 | 19,20 | 21,50 | 20,80 | 15,73 | 13,70 | 15,29 | 16,75 | 17,29 |
| Densidad aparente | | 1,37 | 1,44 | 1,39 | 1,54 | 1,52 | 1,39 | 1,36 | 1,52 | 1,45 | 1,36 | 1,45 | 1,45 |

**Tabla 23.** Análisis de variancia de los registros biométricos evaluados.

**Tabla 23.1.** Cuadro de cajas de los rendimientos

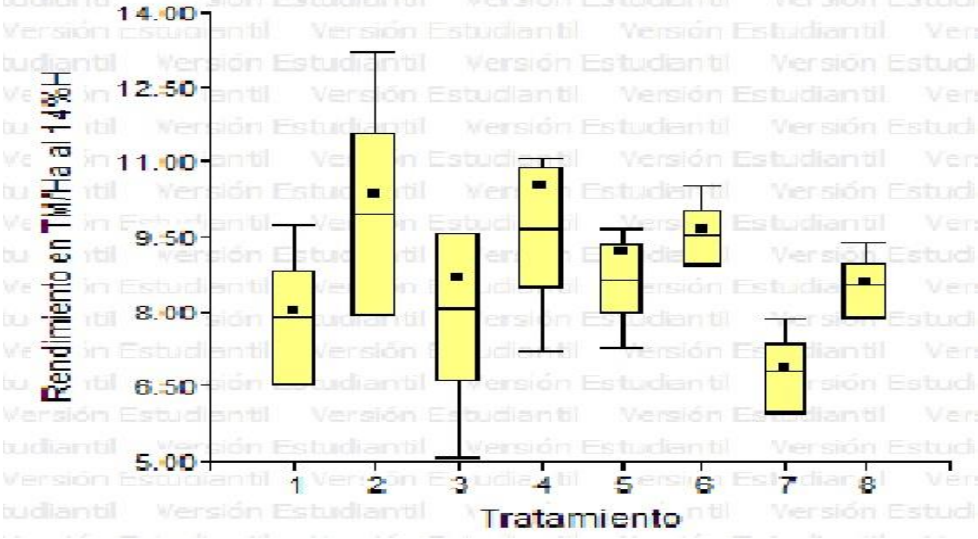



**Tabla 23.2. Altura de plantas a los 30 DDT**

ANVA de los registros de altura de plantas a los 30 DDT

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 391,14 | 7 | 55,88 | 7,53 | 0,0007 | * |
| Bloque | 41,01 | 2 | 20,5 | 2,76 | 0,0974 | NS |
| Error | 103,89 | 14 | 7,42 | | | |
| Total | 536,04 | 23 | | | CV = 4,26 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS =7,84865
Error: 7,4209 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 67,60 | 3 | 1,57 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 66,93 | 3 | 1,57 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 66,73 | 3 | 1,57 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 66,53 | 3 | 1,57 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 65,32 | 3 | 1,57 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 64,00 | 3 | 1,57 | abc |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 57,57 | 3 | 1,57 | bc |
| $T_7$ - Testigo | 56,80 | 3 | 1,57 | c |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.3. Altura de plantas a los 60 DDT**

ANVA de los registros de altura de plantas a los 60 DDT

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 713,28 | 7 | 101,9 | 18,26 | <0,0001 | * |
| Bloque | 79,35 | 2 | 39,68 | 7,11 | 0,0074 | * |
| Error | 78,11 | 14 | 5,58 | | | |
| Total | 870,75 | 23 | | | CV = 2,75 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 6,80559
Error: 5,5796 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 92,93 | 3 | 1,36 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 89,73 | 3 | 1,36 | ab |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 89,20 | 3 | 1,36 | ab |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 88,13 | 3 | 1,36 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 86,88 | 3 | 1,36 | ab |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 86,07 | 3 | 1,36 | bc |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 79,40 | 3 | 1,36 | cd |
| $T_7$ - Testigo | 75,20 | 3 | 1,36 | d |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.4. Número de macollos a los 30 DDT**

ANVA de los registros de número de macollos a los 30 DDT

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 66,88 | 7 | 9,55 | 4,46 | 0,0084 | * |
| Bloque | 14,76 | 2 | 7,38 | 3,45 | 0,0606 | NS |
| Error | 29,97 | 14 | 2,14 | | | |
| Total | 111,61 | 23 | | | CV = 10,21 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 4,21563
Error: 2,1409 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 16,50 | 3 | 0,84 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 15,60 | 3 | 0,84 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 14,97 | 3 | 0,84 | ab |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 14,87 | 3 | 0,84 | ab |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 14,87 | 3 | 0,84 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 14,37 | 3 | 0,84 | ab |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 12,60 | 3 | 0,84 | ab |
| $T_7$ - Testigo | 10,87 | 3 | 0,84 | b |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.5. Número de macollos a los 60 DDT**

ANVA de los registros de número de macollos a los 60 DDT

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 207,75 | 7 | 29,68 | 11,71 | 0,0001 | * |
| Bloque | 51,29 | 2 | 25,65 | 10,12 | 0,0019 | * |
| Error | 35,48 | 14 | 2,53 | | | |
| Total | 294,52 | 23 | | | CV = 7,91 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 4,58635
Error: 2,5340 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 22,53 | 3 | 0,92 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 22,50 | 3 | 0,92 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 21,60 | 3 | 0,92 | ab |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 21,53 | 3 | 0,92 | ab |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 21,20 | 3 | 0,92 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 20,57 | 3 | 0,92 | ab |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 17,73 | 3 | 0,92 | bc |
| $T_7$ - Testigo | 13,30 | 3 | 0,92 | c |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.6. Número de panículas por golpe**

ANVA de los registros de número de panículas de arroz por golpe

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 198,36 | 7 | 28,34 | 7,32 | 0,0008 | * |
| Bloque | 55,03 | 2 | 27,52 | 7,11 | 0,0074 | * |
| Error | 54,20 | 14 | 3,87 | | | |
| Total | 307,59 | 23 | | | CV = 12,09 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 5,66875
Error: 3,8712 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 18,87 | 3 | 1,14 | a |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 18,47 | 3 | 1,14 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 18,07 | 3 | 1,14 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 17,73 | 3 | 1,14 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 17,07 | 3 | 1,14 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 16,73 | 3 | 1,14 | a |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 13,27 | 3 | 1,14 | ab |
| $T_7$ - Testigo | 10,00 | 3 | 1,14 | b |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.7. Longitud de raíces**

ANVA de los registros de longitud de raíces al final del estudio

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 86,13 | 7 | 12,3 | 10,43 | 0,0001 | * |
| Bloque | 0,03 | 2 | 0,02 | 0,01 | 0,9862 | NS |
| Error | 16,52 | 14 | 1,18 | | | |
| Total | 102,68 | 23 | | | CV = 5,03 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 3,12963
Error: 1,1799 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 24,53 | 3 | 0,63 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 23,47 | 3 | 0,63 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 23,42 | 3 | 0,63 | ab |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 21,38 | 3 | 0,63 | bc |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 21,25 | 3 | 0,63 | bc |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 19,92 | 3 | 0,63 | c |
| $T_7$ - Testigo | 19,48 | 3 | 0,63 | c |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 19,18 | 3 | 0,63 | c |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.8. Peso de raíces finales**

ANVA de los registros de peso fresco de raíces al final del estudio

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 6300,37 | 7 | 900,05 | 1256,85 | <0,0001 | * |
| Bloque | 1,71 | 2 | 0,85 | 1,19 | 0,3325 | NS |
| Error | 10,03 | 14 | 0,72 | | | |
| Total | 6312,10 | 23 | | | CV =1,25 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 2,43813
Error: 0,7161 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 92,40 | 3 | 0,49 | a |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 82,05 | 3 | 0,49 | b |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 79,15 | 3 | 0,49 | c |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 70,13 | 3 | 0,49 | d |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 67,63 | 3 | 0,49 | e |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 57,38 | 3 | 0,49 | f |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 50,13 | 3 | 0,49 | g |
| $T_7$ - Testigo | 40,63 | 3 | 0,49 | h |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.9. Peso fresco de hojas en 1 $m^2$**

ANVA de los registros de peso fresco de hojas en 1 $m^2$ al final

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 3014315,63 | 7 | 430616,52 | 4,08 | 0,0122 | * |
| Bloque | 4430652,08 | 2 | 2215326,04 | 20,98 | 0,0001 | * |
| Error | 1478531,25 | 14 | 105609,38 | | | |
| Total | 8923498,96 | 23 | | | CV = 14,92 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 936,30333
Error: 105609,3750 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 2583,33 | 3 | 187,62 | a |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 2423,33 | 3 | 187,62 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 2400,00 | 3 | 187,62 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 2345,00 | 3 | 187,62 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 2233,33 | 3 | 187,62 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 2133,33 | 3 | 187,62 | ab |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 1920,00 | 3 | 187,62 | ab |
| $T_7$ - Testigo | 1383,33 | 3 | 187,62 | b |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.10. Peso seco de hojas en 1 $m^2$**

ANVA de los registros de peso seco de hojas en 1 $m^2$

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 956339,39 | 7 | 136620 | 12,71 | <0,0001 | * |
| Bloque | 433924,57 | 2 | 216962 | 20,19 | 0,0001 | * |
| Error | 150439,25 | 14 | 10746 | | | |
| Total | 1540703,2 | 23 | | | CV = 15,34 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 298,66332
Error: 10745,6606 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 939,83 | 3 | 59,85 | a |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 861,25 | 3 | 59,85 | ab |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 824,09 | 3 | 59,85 | abc |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 728,54 | 3 | 59,85 | abc |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 639,04 | 3 | 59,85 | bc |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 596,6 | 3 | 59,85 | bc |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 548,65 | 3 | 59,85 | cd |
| $T_7$ - Testigo | 268,23 | 3 | 59,85 | d |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.11. Rendimiento en granos al 14% de humedad**

Registro de rendimiento (t/ha) en granos de arroz al 14 % de humedad por unidad experimental

| Tratamiento | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque I | 6,523 | 7,916 | 6,571 | 8,432 | 7,946 | 9,538 | 7,845 | 7,823 |
| Bloque II | 7,884 | 9,967 | 9,577 | 10,894 | 10,353 | 8,922 | 5,939 | 9,401 |
| Bloque III | 9,726 | 13,196 | 9,837 | 12,274 | 9,335 | 10,523 | 6,834 | 8,508 |
| Promedio | 8,044 | 10,360 | 8,662 | 10,533 | 9,211 | 9,661 | 6,873 | 8,578 |

ANVA de los rendimientos en granos de arroz cáscara al 14 % de humedad

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 31,24 | 7 | 4,46 | 2,95 | 0,0402 | * |
| Bloque | 19,64 | 2 | 9,82 | 6,49 | 0,0101 | * |
| Error | 21,17 | 14 | 1,51 | | | |
| Total | 72,04 | 23 | | | CV = 13,67 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 3,54259
Error: 1,5119 gl: 14

| Tratamiento | Promedios en t/ha | |
|---|---|---|
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 10,533 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 10,360 | ab |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 9,661 | ab |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 9,211 | ab |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,662 | ab |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 8,578 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,044 | ab |
| $T_7$ - Testigo | 6,873 | b |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 23.12. Porcentaje de granos enteros**

ANVA porcentaje de granos enteros

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 86,20 | 7 | 12,31 | 1,02 | 0,4564 | NS |
| Bloque | 72,18 | 2 | 36,09 | 3,00 | 0,0822 | NS |
| Error | 168,31 | 14 | 12,02 | | | |
| Total | 326,69 | 23 | | | CV = 5,65 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 9,88986
Error: 12,0223 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | |
|---|---|---|
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 63,97 | a |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 63,87 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 61,80 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 61,63 | a |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 61,20 | a |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 60,47 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 59,90 | a |
| $T_7$ - Testigo | 57,83 | a |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 24.** Análisis de variancia sobre los análisis físico-químicos de suelos.

**Tabla 24.1.** Cuadro de cajas del P y K disponible

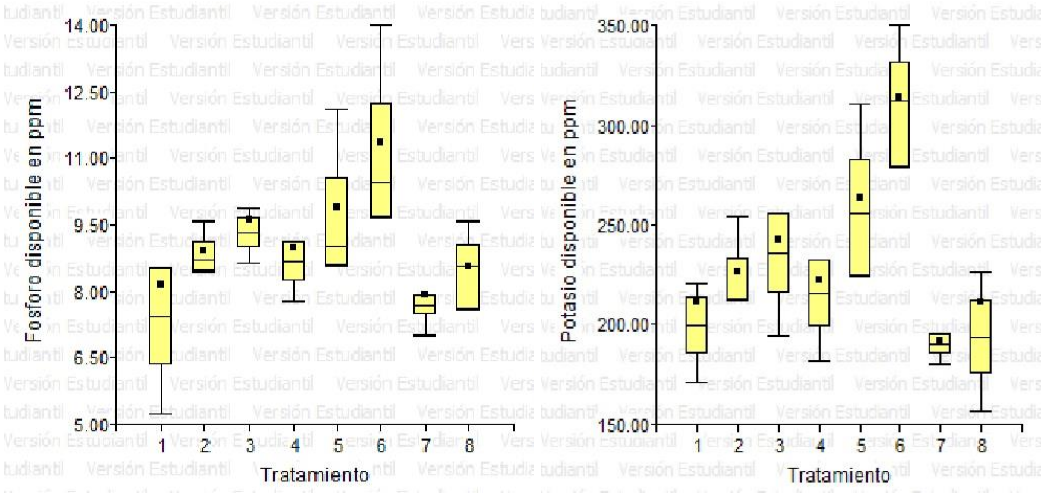



**Tabla 24.2. pH del suelo**

ANVA de los registros de pH del suelo al final del estudio

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 0,28 | 7 | 0,04 | 0,40 | 0,8841 | NS |
| Bloque | 0,73 | 2 | 0,36 | 3,69 | 0,0516 | NS |
| Error | 1,38 | 14 | 0,10 | | | |
| Total | 2,38 | 23 | | | CV = 4,91 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,90305
Error: 0,0982 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 6,54 | 3 | 0,18 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 6,54 | 3 | 0,18 | a |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 6,45 | 3 | 0,18 | a |
| $T_7$ - Testigo | 6,41 | 3 | 0,18 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 6,32 | 3 | 0,18 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 6,31 | 3 | 0,18 | a |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 6,28 | 3 | 0,18 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 6,24 | 3 | 0,18 | a |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 24.3. Porcentaje de materia orgánica**

ANVA de los registros del porcentaje de materia orgánica del suelo

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2,47 | 7 | 0,35 | 1,79 | 0,1685 | NS |
| Bloque | 1,35 | 2 | 0,68 | 3,43 | 0,0615 | NS |
| Error | 2,76 | 14 | 0,20 | | | |
| Total | 6,58 | 23 | | | CV = 14,24 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 1,27980
Error: 0,1973 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 3,60 | 3 | 0,26 | a |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 3,49 | 3 | 0,26 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 3,41 | 3 | 0,26 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 3,07 | 3 | 0,26 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 3,06 | 3 | 0,26 | a |
| $T_7$ - Testigo | 2,78 | 3 | 0,26 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 2,77 | 3 | 0,26 | a |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 2,76 | 3 | 0,26 | a |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 24.4. Fósforo disponible en el suelo**

ANVA de los registros de Fósforo disponible del suelo

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 26,16 | 7 | 3,74 | 3,63 | 0,0191 | * |
| Bloque | 14,07 | 2 | 7,04 | 6,84 | 0,0085 | * |
| Error | 14,39 | 14 | 1,03 | | | |
| Total | 54,63 | 23 | | | CV = 11,06 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 2,92146
Error: 1,0282 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 11,37 | 3 | 0,59 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 9,89 | 3 | 0,59 | ab |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 9,61 | 3 | 0,59 | ab |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 8,96 | 3 | 0,59 | ab |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,90 | 3 | 0,59 | ab |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 8,56 | 3 | 0,59 | ab |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 8,14 | 3 | 0,59 | b |
| $T_7$ - Testigo | 7,90 | 3 | 0,59 | b |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 24.5. Potasio disponible en el suelo**

ANVA de los registros del Potasio disponible del suelo

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 30743,03 | 7 | 4391,86 | 8,78 | 0,0003 | * |
| Bloque | 6259,64 | 2 | 3129,82 | 6,25 | 0,0115 | * |
| Error | 7006,78 | 14 | 500,48 | | | |
| Total | 44009,46 | 23 | | | CV = 9,51 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 64,45561
Error: 500,4846 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 313,58 | 3 | 12,92 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 263,49 | 3 | 12,92 | ab |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 242,61 | 3 | 12,92 | bc |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 226,14 | 3 | 12,92 | bc |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 221,94 | 3 | 12,92 | bc |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 211,56 | 3 | 12,92 | bc |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 210,93 | 3 | 12,92 | bc |
| $T_7$ - Testigo | 192,26 | 3 | 12,92 | c |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 24.6. Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo**

ANVA de los registros de la Capacidad de Intercambio Catiónico

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 30,23 | 7 | 4,32 | 1,09 | 0,4206 | NS |
| Bloque | 6,92 | 2 | 3,46 | 0,87 | 0,4397 | NS |
| Error | 55,55 | 14 | 3,97 | | | |
| Total | 92,70 | 23 | | | CV = 11,66 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 5,73916
Error: 3,9679 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 19,65 | 3 | 1,15 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 17,86 | 3 | 1,15 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 17,13 | 3 | 1,15 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 16,77 | 3 | 1,15 | a |
| $T_7$ - Testigo | 16,74 | 3 | 1,15 | a |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 16,44 | 3 | 1,15 | a |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 16,31 | 3 | 1,15 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 15,80 | 3 | 1,15 | a |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 24.7. Densidad aparente del suelo**

ANVA de los registros de la densidad aparente del suelo

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 0,020 | 7 | 0,0021 | 1,02 | 0,4612 | NS |
| Bloque | 0,020 | 2 | 0,0122 | 5,81 | 0,0146 | * |
| Error | 0,030 | 14 | 0,0021 | | | |
| Total | 0,070 | 23 | | | CV = 3,23 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,13261
Error: 0,0021 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 1,48 | 3 | 0,03 | a |
| $T_7$ - Testigo | 1,44 | 3 | 0,03 | a |
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 1,43 | 3 | 0,03 | a |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 1,42 | 3 | 0,03 | a |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 1,41 | 3 | 0,03 | a |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 1,41 | 3 | 0,03 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 1,41 | 3 | 0,03 | a |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 1,40 | 3 | 0,03 | a |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 24.8. Silicio en el suelo**

ANVA de los registros del contenido de Silicio (ppm) en el suelo

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 397,77 | 7 | 56,820 | 11,57 | 0,0001 | * |
| Bloque | 22,18 | 2 | 11,090 | 2,26 | 0,1413 | NS |
| Error | 68,75 | 14 | 4,911 | | | |
| Total | 488,70 | 23 | | | CV = 22,05 % | |

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 6,38465
Error: 4,9107 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | n | E.E. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $T_3$ - 30 t/ha de ceniza fresca + NPK | 14,74 | 3 | 1,28 | a | |
| $T_2$ - 20 t/ha de ceniza fresca + NPK | 12,70 | 3 | 1,28 | a | |
| $T_5$ - 20 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 12,24 | 3 | 1,28 | a | |
| $T_6$ - 30 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 11,95 | 3 | 1,28 | a | |
| $T_1$ - 10 t/ha de ceniza fresca + NPK | 11,66 | 3 | 1,28 | a | |
| $T_4$ - 10 t/ha de ceniza descompuesta + NPK | 10,59 | 3 | 1,28 | a | |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 3,41 | 3 | 1,28 | | b |
| $T_7$ - Testigo | 3,11 | 3 | 1,28 | | b |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 25.** Costos de producción por unidad experimental.

**Tabla 25.1. Costos de producción de arroz en el bloque I**

| RUBRO | Volúmenes y Precios | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
| Semilla | Kg | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| | Precio | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Costos | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Fertilizante | Kg | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 0 | 250 |
| | Precio | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 |
| | Costos | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 0,00 | 347,50 |
| Ceniza de cáscara de arroz | t/ha | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 0 | 0 |
| | Precio | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Costos | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 0 | 0 |
| Pesticidas | Kg o L | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Precio | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | Costos | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Agua | $m^3$ | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 |
| | Precio | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 |
| | Costos | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 |
| Mano de Obra | Nro. jornal | 105 | 115 | 125 | 105 | 115 | 125 | 85 | 95 |
| | Precio | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | Costos | 2 100 | 2 300 | 2 500 | 2 100 | 2 300 | 2 500 | 1 700 | 1 900 |
| Mecanización | Hora Tractor | 11 | 13 | 15 | 11 | 13 | 15 | 7 | 9 |
| | Precio | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | Costos | 1 320 | 1 560 | 1 800 | 1 320 | 1 560 | 1 800 | 840 | 1 080 |
| Cosecha | t/ha | 6 523 | 7 916 | 6 571 | 8 432 | 7 946 | 9 538 | 7 845 | 7 823 |
| | S/ trillado | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 |
| | Costos | 365 | 443 | 368 | 472 | 445 | 534 | 439 | 438 |
| | | | | | | | | | |
| COSTOS | Directos | 5 543 | 7 061 | 8 426 | 5 650 | 7 063 | 8 592 | 3 390 | 4 176 |
| | Indirectos * | 1 552 | 1 977 | 2 359 | 1 582 | 1 978 | 2 406 | 949 | 1 169 |
| | | | | | | | | | |
| ANÁLISIS ECONOMICO BLOQUE I | Costo total de la Producción (S/ Ha) | 7 095 | 9 038 | 10 785 | 7 232 | 9 040 | 10 998 | 4 339 | 5 345 |
| | S/ por Kg | 1,09 | 1,14 | 1,64 | 0,86 | 1,14 | 1,15 | 0,55 | 0,68 |
| | Venta S/ por Kg | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Valor Bruto de la Producción (S/ Ha) | 6 523 | 7 916 | 6 571 | 8 432 | 7 946 | 9 538 | 7 845 | 7 823 |
| | Utilidad neta | -572 | -1 122 | -4 214 | 1 200 | -1 095 | -1 460 | 3 506 | 2 478 |
| | **B / C **** | **-0,081** | **-0,124** | **-0,391** | **0,166** | **-0,121** | **-0,133** | **0,808** | **0,464** |

* Incluyen gastos administrativos y financieros (25 %) y asistencia técnica (3 %),

** El índice Beneficio-Costo es igual a la (Utilidad neta / Costo total de la Producción)

Fuente: Adaptado del MINAG (2015), https://www,midagri,gob,pe/portal/26-sector-agrario/arroz/219-costos-de-produccion

**Tabla 25.2. Costos de producción de arroz en el bloque II**

| RUBRO | Volúmenes y Precios | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
| Semilla | Kg | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| | Precio | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Costos | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Fertilizante | Kg | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | **0** | 250 |
| | Precio | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 |
| | Costos | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 0,00 | 347,50 |
| Ceniza de cáscara de arroz | t/ha | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | **0** | **0** |
| | Precio | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Costos | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 0 | 0 |
| Pesticidas | Kg o L | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Precio | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | Costos | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Agua | $m^3$ | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 |
| | Precio | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 |
| | Costos | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 |
| Mano de Obra | Nro. jornal | 105 | 115 | 125 | 105 | 115 | 125 | 85 | 95 |
| | Precio | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | Costos | 2 100 | 2 300 | 2 500 | 2 100 | 2 300 | 2 500 | 1 700 | 1 900 |
| Mecanización | Hora Tractor | 11 | 13 | 15 | 11 | 13 | 15 | 7 | 9 |
| | Precio | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | Costos | 1 320 | 1 560 | 1 800 | 1 320 | 1 560 | 1 800 | 840 | 1 080 |
| Cosecha | t/ha | 7,884 | 9,967 | 9,577 | 10,894 | 10,353 | 8,922 | 5,939 | 9,401 |
| | S/ trillado | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 |
| | Costos | 441 | 558 | 536 | 610 | 580 | 500 | 333 | 526 |
| COSTOS | Directos | 5 619 | 7 176 | 8 594 | 5 788 | 7 198 | 8 558 | 3 283 | 4 264 |
| | Indirectos * | 1 573 | 2 009 | 2 406 | 1 621 | 2 015 | 2 396 | 919 | 1 194 |
| ANÁLISIS ECONOMICO BLOQUE II | Costo total de la Producción (S/ Ha) | 7 193 | 9 185 | 11 001 | 7 409 | 9 213 | 10 954 | 4 202 | 5 458 |
| | S/ por Kg | 0,91 | 0,92 | 1,15 | 0,68 | 0,89 | 1,23 | 0,71 | 0,58 |
| | Venta S/ por Kg | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Valor Bruto de la Producción (S/ Ha) | 7 884 | 9 967 | 9 577 | 10 894 | 10 353 | 8 922 | 5 939 | 9 401 |
| | Utilidad neta | 691 | 782 | -1 424 | 3 486 | 1 140 | -2 032 | 1 736 | 3 943 |
| | **B / C **** | **0,096** | **0,085** | **-0,129** | **0,471** | **0,124** | **-0,186** | **0,413** | **0,722** |

* Costos Indirectos: gastos administrativos y financieros (25 %) y asistencia técnica (3 %)

** El índice Beneficio-Costo es igual a la (Utilidad neta / Costo total de la Producción)

**Tabla 25.3. Costos de producción de arroz en el bloque III**

| RUBRO | Volúmenes y Precios | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **$T_1$** | **$T_2$** | **$T_3$** | **$T_4$** | **$T_5$** | **$T_6$** | **$T_7$** | **$T_8$** |
| Semilla | Kg | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| | Precio | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Costos | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Fertilizante | Kg | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | **0** | 250 |
| | Precio | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 | 1,39 |
| | Costos | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 347,50 | 0,00 | 347,50 |
| Ceniza de cáscara de arroz | t/ha | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | **0** | **0** |
| | Precio | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Costos | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 0 | 0 |
| Pesticidas | Kg o L | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Precio | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | Costos | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Agua | $m^3$ | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 |
| | Precio | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0036 |
| | Costos | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 | 50,40 |
| Mano de Obra | Nro. jornal | 105 | 115 | 125 | 105 | 115 | 125 | 85 | 95 |
| | Precio | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | Costos | 2 100 | 2 300 | 2 500 | 2 100 | 2 300 | 2 500 | 1 700 | 1 900 |
| Mecanización | Hora Tractor | 11 | 13 | 15 | 11 | 13 | 15 | 7 | 9 |
| | Precio | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | Costos | 1 320 | 1 560 | 1 800 | 1 320 | 1 560 | 1 800 | 840 | 1 080 |
| Cosecha | t/ha | 9 726 | 13 196 | 9 837 | 12 274 | 9 335 | 10 523 | 6 834 | 8 508 |
| | S/ trillado | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 | 0,056 |
| | Costos | 545 | 739 | 551 | 687 | 523 | 589 | 383 | 476 |
| COSTOS | Directos | 5 723 | 7 357 | 8 609 | 5 865 | 7 141 | 8 647 | 3 333 | 4 214 |
| | Indirectos * | 1 602 | 2 060 | 2 410 | 1 642 | 1 999 | 2 421 | 933 | 1 180 |
| ANÁLISIS ECONOMICO BLOQUE III | Costo total de la Producción (S/ Ha) | 7,325 | 9,417 | 11,019 | 7,508 | 9,140 | 11,068 | 4,266 | 5,394 |
| | S/ por Kg | 0,75 | 0,71 | 1,12 | 0,61 | 0,98 | 1,05 | 0,62 | 0,63 |
| | Venta S/ por Kg | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Valor Bruto de la Producción (S/ Ha) | 9,726 | 13,196 | 9,837 | 12,274 | 9,335 | 10,523 | 6,834 | 8,508 |
| | Utilidad neta | 2,401 | 3,779 | -1,182 | 4,767 | 195 | -546 | 2,567 | 3,114 |
| | **B / C **** | **0,328** | **0,401** | **-0,107** | **0,635** | **0,021** | **-0,049** | **0,602** | **0,577** |

* Costos Indirectos: gastos administrativos y financieros (25 %) y asistencia técnica (3 %)

** El índice Beneficio-Costo es igual a la (Utilidad neta / Costo total de la Producción)

**ANÁLISIS ECONOMICO DEL PROMEDIO**

| RUBRO | Volúmenes y Precios | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANÁLISIS ECONOMICO PROMEDIO | Costo total de la Producción (S/ Ha) | 7 204 | 9 213 | 10 935 | 7 383 | 9 131 | 11 007 | 4 269 | 5 399 |
| | S/ por Kg | 0,90 | 0,89 | 1,26 | 0,70 | 0,99 | 1,14 | 0,62 | 0,63 |
| | Venta S/ por Kg | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Valor Bruto de la Producción (S/ Ha) | 8 044 | 10 360 | 8 662 | 10 533 | 9 211 | 9 661 | 6 873 | 8 578 |
| | Utilidad neta | 840 | 1 146 | -2 273 | 3 151 | 80 | -1 346 | 2 603 | 3 178 |
| | **B / C** | **0,117** | **0,124** | **-0,208** | **0,427** | **0,009** | **-0,122** | **0,610** | **0,589** |

**Tabla 25.4. Análisis de variancia sobre el índice Beneficio-Costo**

**Índices Beneficio-Costo por unidad experimental**

| Tratamiento | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ | $T_8$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque I | -0,081 | -0,124 | -0,391 | 0,166 | -0,121 | -0,133 | 0,808 | 0,464 |
| Bloque II | 0,096 | 0,085 | -0,129 | 0,471 | 0,124 | -0,186 | 0,413 | 0,722 |
| Bloque III | 0,328 | 0,401 | -0,107 | 0,635 | 0,021 | -0,049 | 0,602 | 0,577 |
| Promedio | 0,114 | 0,121 | -0,209 | 0,424 | 0,008 | -0,123 | 0,608 | 0,588 |

**ANVA de los registros del índice Beneficio-Costo**

| F. de V. | SC | GL | CM | F | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2,064 | 7 | 0,295 | 12,487 | <0,0001 | * |
| Bloque | 0,208 | 2 | 0,104 | 4,398 | 0,0329 | * |
| Error | 0,331 | 14 | 0,024 | | | |
| Total | 2,602 | 23 | | | CV = 80,306 % | |

**Prueba de Tukey sobre el índice Beneficio-Costo**

Prueba de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,44271
Error: 0,0236 gl: 14

| Tratamiento | Promedios | |
|---|---|---|
| $T_7$ - Testigo | 0,608 | a |
| $T_8$ - Testigo + NPK | 0,588 | a |
| $T_4$ - 10 t/ha de Ceniza descompuesta + NPK | 0,424 | a b |
| $T_2$ - 20 t/ha de Ceniza fresca + NPK | 0,121 | b c |
| $T_1$ - 10 t/ha de Ceniza fresca + NPK | 0,114 | b c |
| $T_5$ - 20 t/ha de Ceniza descompuesta + NPK | 0,008 | b c |
| $T_6$ - 30 t/ha de Ceniza descompuesta + NPK | -0,123 | c |
| $T_3$ - 30 t/ha de Ceniza fresca + NPK | -0,209 | c |

Tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Tabla 26.** Base de Datos utilizada con el software InfoStat versión 2020 (http://www,infostat,com,ar)

| Nro. | Tratam. | Bloque | Altura 30 | Altura 60 | Macollos 30 | Macollos 60 | Panículas | Long raíces | PF raíces | PF hojas | PS hojas | Rdto. 14 %H | % Granos Enteros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 62,90 | 88,25 | 13,40 | 20,20 | 17,20 | 23,75 | 67,50 | 1750 | 450,06 | 6,523 | 59,90 |
| 2 | 1 | 2 | 65,30 | 86,80 | 14,30 | 19,60 | 18,80 | 24,00 | 67,75 | 1800 | 462,92 | 7,884 | 63,10 |
| 3 | 1 | 3 | 63,80 | 85,60 | 15,40 | 21,90 | 20,60 | 22,50 | 67,65 | 2850 | 732,96 | 9,726 | 58,40 |
| 4 | 2 | 1 | 67,80 | 99,10 | 15,00 | 21,40 | 17,00 | 20,00 | 57,50 | 2000 | 494,74 | 7,916 | 63,60 |
| 5 | 2 | 2 | 64,20 | 91,70 | 15,90 | 20,40 | 17,20 | 20,25 | 57,25 | 2000 | 494,74 | 9,967 | 62,50 |
| 6 | 2 | 3 | 67,60 | 88,00 | 18,60 | 25,70 | 20,00 | 19,50 | 57,40 | 3750 | 927,64 | 13,196 | 58,80 |
| 7 | 3 | 1 | 65,90 | 90,70 | 12,70 | 19,20 | 16,60 | 21,75 | 92,50 | 1600 | 641,25 | 6,571 | 66,90 |
| 8 | 3 | 2 | 67,00 | 91,30 | 15,50 | 21,80 | 17,00 | 21,50 | 94,75 | 2230 | 893,74 | 9,577 | 63,20 |
| 9 | 3 | 3 | 67,90 | 87,20 | 18,60 | 26,60 | 19,60 | 20,50 | 89,95 | 3205 | 1,284,50 | 9,837 | 61,80 |
| 10 | 4 | 1 | 68,05 | 90,30 | 12,70 | 19,40 | 15,60 | 24,35 | 79,00 | 2000 | 686,74 | 8,432 | 67,30 |
| 11 | 4 | 2 | 62,20 | 87,50 | 13,90 | 23,40 | 17,40 | 24,35 | 79,25 | 2250 | 772,58 | 10,894 | 54,50 |
| 12 | 4 | 3 | 65,70 | 80,40 | 18,00 | 22,00 | 17,20 | 21,70 | 79,20 | 2950 | 1,012,94 | 12,274 | 57,90 |
| 13 | 5 | 1 | 70,00 | 88,70 | 14,30 | 18,80 | 15,60 | 23,50 | 70,00 | 1600 | 521,94 | 7,946 | 67,80 |
| 14 | 5 | 2 | 65,30 | 87,40 | 15,50 | 21,80 | 15,80 | 23,60 | 70,25 | 2200 | 717,66 | 10,353 | 54,60 |
| 15 | 5 | 3 | 64,90 | 88,30 | 15,10 | 24,00 | 19,80 | 26,50 | 70,15 | 2900 | 946,01 | 9,335 | 63,00 |
| 16 | 6 | 1 | 67,00 | 88,30 | 14,60 | 19,40 | 12,40 | 21,50 | 82,00 | 2050 | 728,57 | 9,538 | 62,60 |
| 17 | 6 | 2 | 68,10 | 91,90 | 15,10 | 20,20 | 19,00 | 21,65 | 82,10 | 2400 | 852,96 | 8,922 | 65,40 |
| 18 | 6 | 3 | 67,70 | 87,40 | 14,90 | 24,00 | 24,00 | 21,00 | 82,05 | 2820 | 1,002,23 | 10,523 | 63,60 |
| 19 | 7 | 1 | 59,10 | 75,50 | 11,20 | 11,50 | 8,00 | 19,10 | 40,50 | 1400 | 271,46 | 7,845 | 61,10 |
| 20 | 7 | 2 | 50,90 | 76,90 | 11,00 | 13,60 | 11,00 | 19,15 | 40,75 | 1250 | 242,38 | 5,939 | 56,30 |
| 21 | 7 | 3 | 60,40 | 73,20 | 10,40 | 14,80 | 11,00 | 20,20 | 40,65 | 1500 | 290,85 | 6,834 | 56,10 |
| 22 | 8 | 1 | 55,90 | 81,80 | 13,50 | 18,20 | 12,40 | 18,50 | 50,00 | 1800 | 559,31 | 7,823 | 61,00 |
| 23 | 8 | 2 | 53,90 | 78,60 | 12,60 | 17,60 | 15,20 | 18,55 | 50,25 | 1750 | 543,78 | 9,401 | 59,70 |
| 24 | 8 | 3 | 62,90 | 77,80 | 11,70 | 17,40 | 12,20 | 20,50 | 50,15 | 2210 | 686,71 | 8,508 | 62,90 |

(continuación)

| Nro. | Tratam. | Bloque | pH final | MO final | P final | K final | CIC final | Dap final | B/C | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 5,63 | 2,960 | 6,32 | 185,23 | 13,88 | 1,43 | -0,0807 | 10 t/ha ceniza fresca |
| 2 | 1 | 2 | 6,32 | 2,200 | 8,53 | 214,23 | 16,17 | 1,44 | 0,0961 | 10 t/ha ceniza fresca |
| 3 | 1 | 3 | 6,89 | 3,120 | 9,56 | 235,23 | 18,89 | 1,37 | 0,3278 | 10 t/ha ceniza fresca |
| 4 | 2 | 1 | 5,96 | 2,310 | 8,69 | 212,20 | 15,73 | 1,41 | -0,1241 | 20 t/ha ceniza fresca |
| 5 | 2 | 2 | 6,52 | 2,560 | 9,56 | 254,23 | 16,94 | 1,46 | 0,0851 | 20 t/ha ceniza fresca |
| 6 | 2 | 3 | 6,45 | 3,450 | 8,46 | 212,00 | 17,65 | 1,36 | 0,4013 | 20 t/ha ceniza fresca |
| 7 | 3 | 1 | 6,12 | 2,850 | 8,96 | 215,25 | 16,96 | 1,41 | -0,3908 | 30 t/ha ceniza fresca |
| 8 | 3 | 2 | 6,75 | 2,210 | 9,65 | 256,25 | 17,53 | 1,52 | -0,1294 | 30 t/ha ceniza fresca |
| 9 | 3 | 3 | 6,74 | 4,120 | 10,23 | 256,32 | 19,10 | 1,37 | -0,1073 | 30 t/ha ceniza fresca |
| 10 | 4 | 1 | 6,23 | 3,120 | 9,12 | 235,25 | 17,78 | 1,41 | 0,1659 | 10 t/ha ceniza descompuesta |
| 11 | 4 | 2 | 5,96 | 3,560 | 8,21 | 198,56 | 13,68 | 1,42 | 0,4705 | 10 t/ha ceniza descompuesta |
| 12 | 4 | 3 | 6,54 | 3,560 | 9,56 | 232,00 | 15,94 | 1,40 | 0,6349 | 10 t/ha ceniza descompuesta |
| 13 | 5 | 1 | 6,12 | 3,250 | 8,56 | 224,25 | 16,78 | 1,37 | -0,1211 | 20 t/ha ceniza descompuesta |
| 14 | 5 | 2 | 6,10 | 2,850 | 9,00 | 256,00 | 16,19 | 1,44 | 0,1238 | 20 t/ha ceniza descompuesta |
| 15 | 5 | 3 | 6,74 | 3,120 | 12,12 | 310,23 | 18,42 | 1,39 | 0,0213 | 20 t/ha ceniza descompuesta |
| 16 | 6 | 1 | 6,32 | 4,120 | 9,65 | 278,50 | 18,26 | 1,54 | -0,1327 | 30 t/ha ceniza descompuesta |
| 17 | 6 | 2 | 6,41 | 3,120 | 10,45 | 312,00 | 19,20 | 1,52 | -0,1855 | 30 t/ha ceniza descompuesta |
| 18 | 6 | 3 | 6,89 | 3,560 | 14,00 | 350,23 | 21,50 | 1,39 | -0,0493 | 30 t/ha ceniza descompuesta |
| 19 | 7 | 1 | 6,78 | 2,560 | 8,12 | 195,23 | 20,80 | 1,36 | 0,8082 | Testigo |
| 20 | 7 | 2 | 6,12 | 2,780 | 7,45 | 185,23 | 15,73 | 1,52 | 0,4132 | Testigo |
| 21 | 7 | 3 | 6,32 | 3,000 | 8,12 | 196,32 | 13,70 | 1,45 | 0,6018 | Testigo |
| 22 | 8 | 1 | 6,52 | 3,120 | 7,56 | 175,36 | 15,29 | 1,36 | 0,4636 | Fertilización NPK |
| 23 | 8 | 2 | 6,42 | 3,740 | 8,56 | 212,20 | 16,75 | 1,45 | 0,7223 | Fertilización NPK |
| 24 | 8 | 3 | 6,41 | 3,600 | 9,56 | 245,23 | 17,29 | 1,45 | 0,5772 | Fertilización NPK |

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
Jr. Amorarca Cdra. 3
Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
Morales - San Martín
Telef. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

**INFORME DE ENSAYO N°001-2020 - CENIZA DE ARROZ/LSFCA-UNSM-T**

| | | |
|---|---|---|
| Propietario | : | YESENIA NERITH VINCES MORI |
| Provincia | : | RIOJA |
| Distrito | : | POSIC |
| Sector | : | RIO NEGRO |
| Fecha de muestreo | : | 9/11/2020 |
| Fecha de reporte | : | 26/11/2020 |

| Muestra | $SiO_2$ (%) | Si (%) | $SiO_2$ (ppm) (mg/kg) | Si (ppm)(mg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| CENIZA FRESCA | 63.2 | 29.544 | 632000 | 295440 |
| CENIZA DESCOMPUESTA | 45.23 | 21.143 | 452300 | 211430 |

| Metodología |
|---|
| Digestión ácida nitrica-perclórica, lectura absorción atómica |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 14.** Análisis de ceniza fresca y descompuesta de cáscara de arroz.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
## LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

### ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 11/04/2019
FECHADE REPORTE: 2/05/2019
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: INICIAL

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| 1 | 50 | 32 | 18 | F Arc Ar | 6.9 | 309.36 | 2.63 | 0.1 | 8.36 | 198.23 | 21 | 15.23 | 1.32 | 0.5 | 0.2 | 4.2 | 0 | 80 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | %MO | % N | Pppm | Kppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | Color |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.9 | 309.36 | 2.63 | 0.1315 | 8.36 | 198.23 | 15.23 | 1.32 | 0.19 | 4.2 | 7.5YR4/1 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio | |

Densidad aparente ⟶ 1.36 $t/m^3$ HUE (7.5YR); VALUE (4); CHROMA (1) (COLOR DE SUELO)

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 2/05/2019

| Existencia en suelo | | | Extracción de 8 t/hadearroz | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 37.6 | kg/ha | N | 130 | kg/ha | -92.4 | Guanodeisla | | kg/ha | 0 | g/planta. |
| $P_2O_5$ | 3.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | 53 | kg/ha | -49.7 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 181.2 | kg/ha | $K_2O$ | 187.52 | kg/ha | -6.4 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 29.0 | kg/ha | MgO | 46.67 | kg/ha | -17.7 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 464.0 | kg/ha | CaO | 72.82 | kg/ha | 391.1 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

| Existencia en suelo | | | Extracción de 8 t/ha de arroz | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 37.6 | kg/ha | N | 130 | kg/ha | -92.4 | Urea | 180.65 | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | 53 | kg/ha | -49.7 | Fosfato diamónico | 270.36 | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 181.2 | kg/ha | $K_2O$ | 187.52 | kg/ha | -6.4 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 29.0 | kg/ha | MgO | 46.67 | kg/ha | -17.7 | Sulpomag | 240.32 | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 464.0 | kg/ha | CaO | 72.82 | kg/ha | 391.1 | | | kg/ha | | g/planta |

La presente recomendación se hace considerando que se quiere obtener una producción de 8/ha de arroz, observando que el suelo es de fertilidad media por los niveles de los siguientes parámetros:

pH ⟶ Neutro
N ⟶ Normal K ⟶ Medio $Al^{+3}+H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio Clase textural ⟶ F Arc Ar Distanciamiento ⟶

Observando los parámetros obtenidos en el análisis de suelo, se plantea dos tipos de fertilización a elegir, una orgánica y una química; se recomienda aplicar:

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 180.65 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 270.36 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 140.32 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

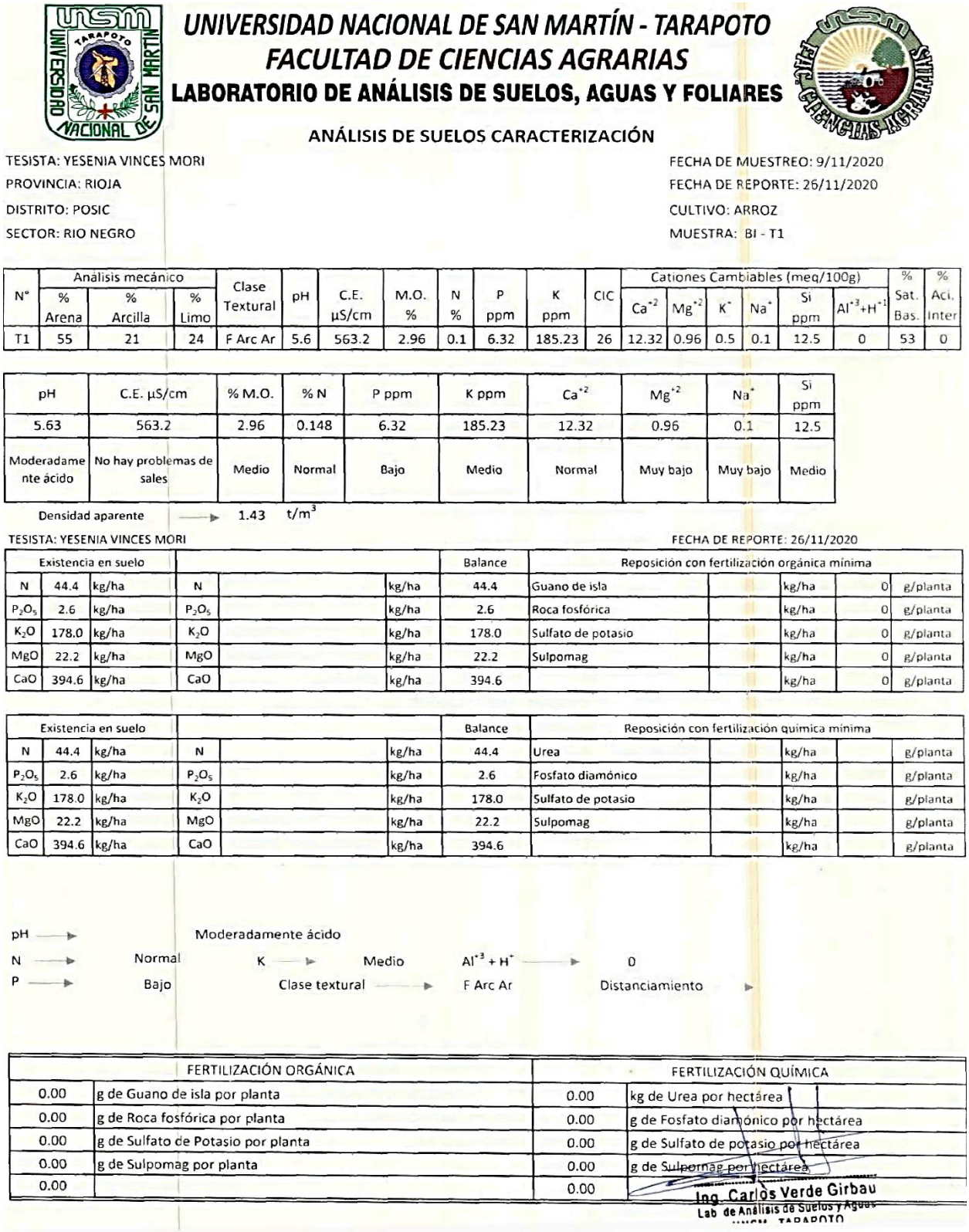
Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Analisis deSuelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

Scanned with MOBILE SCANNER



**Figura 15.** Análisis de suelos inicial del campo en general.

**Figura 16.** Análisis de suelos final por unidad experimental.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T1

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T1 | 55 | 21 | 24 | F Arc Ar | 5.6 | 563.2 | 2.96 | 0.1 | 6.32 | 185.23 | 26 | 12.32 | 0.96 | 0.5 | 0.1 | 12.5 | 0 | 53 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.63 | 563.2 | 2.96 | 0.148 | 6.32 | 185.23 | 12.32 | 0.96 | 0.1 | 12.5 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Bajo | Medio | Normal | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.43 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.4 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.4 | Guano de isla | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 2.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 2.6 | Roca fosfórica | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 178.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 178.0 | Sulfato de potasio | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 22.2 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 22.2 | Sulpomag | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 394.6 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 394.6 | | kg/ha | 0 | g/planta |

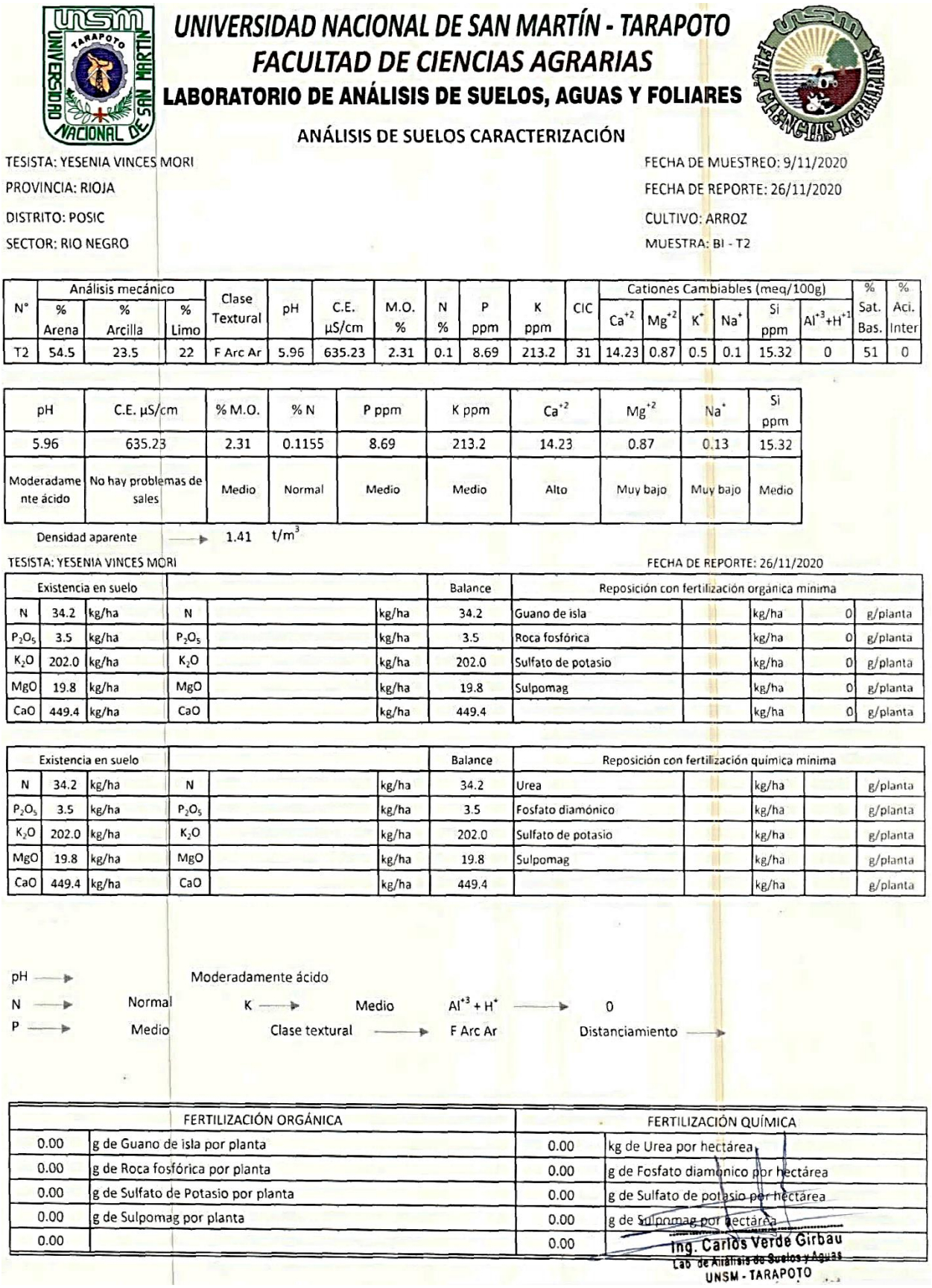
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.4 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.4 | Urea | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 2.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 2.6 | Fosfato diamónico | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 178.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 178.0 | Sulfato de potasio | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 22.2 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 22.2 | Sulpomag | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 394.6 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 394.6 | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Moderadamente ácido
N ⟶ Normal — K ⟶ Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Bajo — Clase textural ⟶ F Arc Ar — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas

**Figura 16.1.** Bloque I, Tratamiento 1.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T2

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T2 | 54.5 | 23.5 | 22 | F Arc Ar | 5.96 | 635.23 | 2.31 | 0.1 | 8.69 | 213.2 | 31 | 14.23 | 0.87 | 0.5 | 0.1 | 15.32 | 0 | 51 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.96 | 635.23 | 2.31 | 0.1155 | 8.69 | 213.2 | 14.23 | 0.87 | 0.13 | 15.32 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.41 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica minima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 34.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 34.2 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.5 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.5 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 202.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 202.0 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 19.8 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 19.8 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 449.4 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 449.4 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

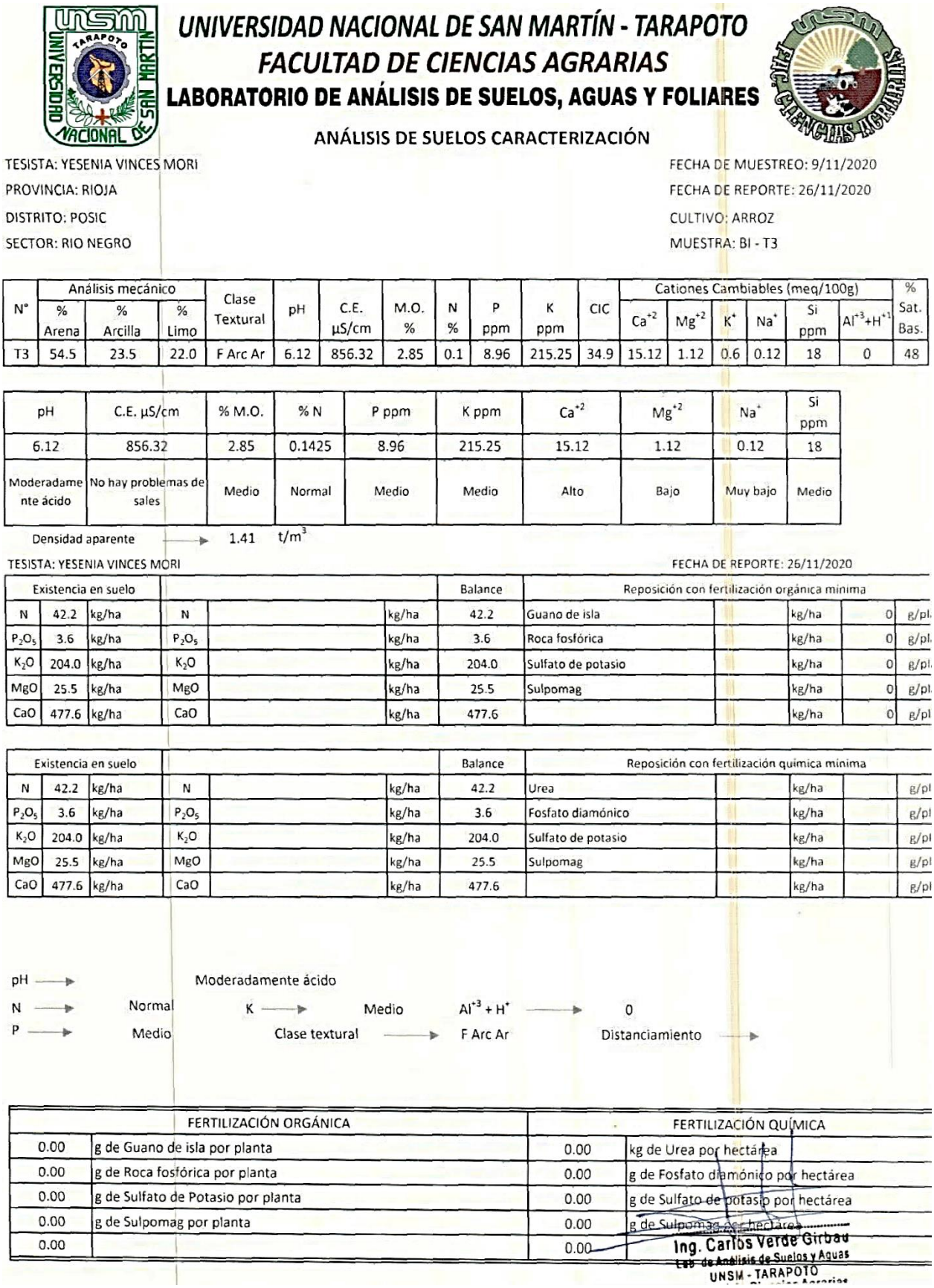
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química minima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 34.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 34.2 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.5 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.5 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 202.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 202.0 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 19.8 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 19.8 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 449.4 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 449.4 | | | kg/ha | | g/planta |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.2.** Bloque I, Tratamiento 2.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T3

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T3 | 54.5 | 23.5 | 22.0 | F Arc Ar | 6.12 | 856.32 | 2.85 | 0.1 | 8.96 | 215.25 | 34.9 | 15.12 | 1.12 | 0.6 | 0.12 | 18 | 0 | 48 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.12 | 856.32 | 2.85 | 0.1425 | 8.96 | 215.25 | 15.12 | 1.12 | 0.12 | 18 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.41 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 42.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 42.2 | Guano de isla | kg/ha | 0 | g/pl |
| $P_2O_5$ | 3.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.6 | Roca fosfórica | kg/ha | 0 | g/pl |
| $K_2O$ | 204.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 204.0 | Sulfato de potasio | kg/ha | 0 | g/pl |
| MgO | 25.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 25.5 | Sulpomag | kg/ha | 0 | g/pl |
| CaO | 477.6 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 477.6 | | kg/ha | 0 | g/pl |

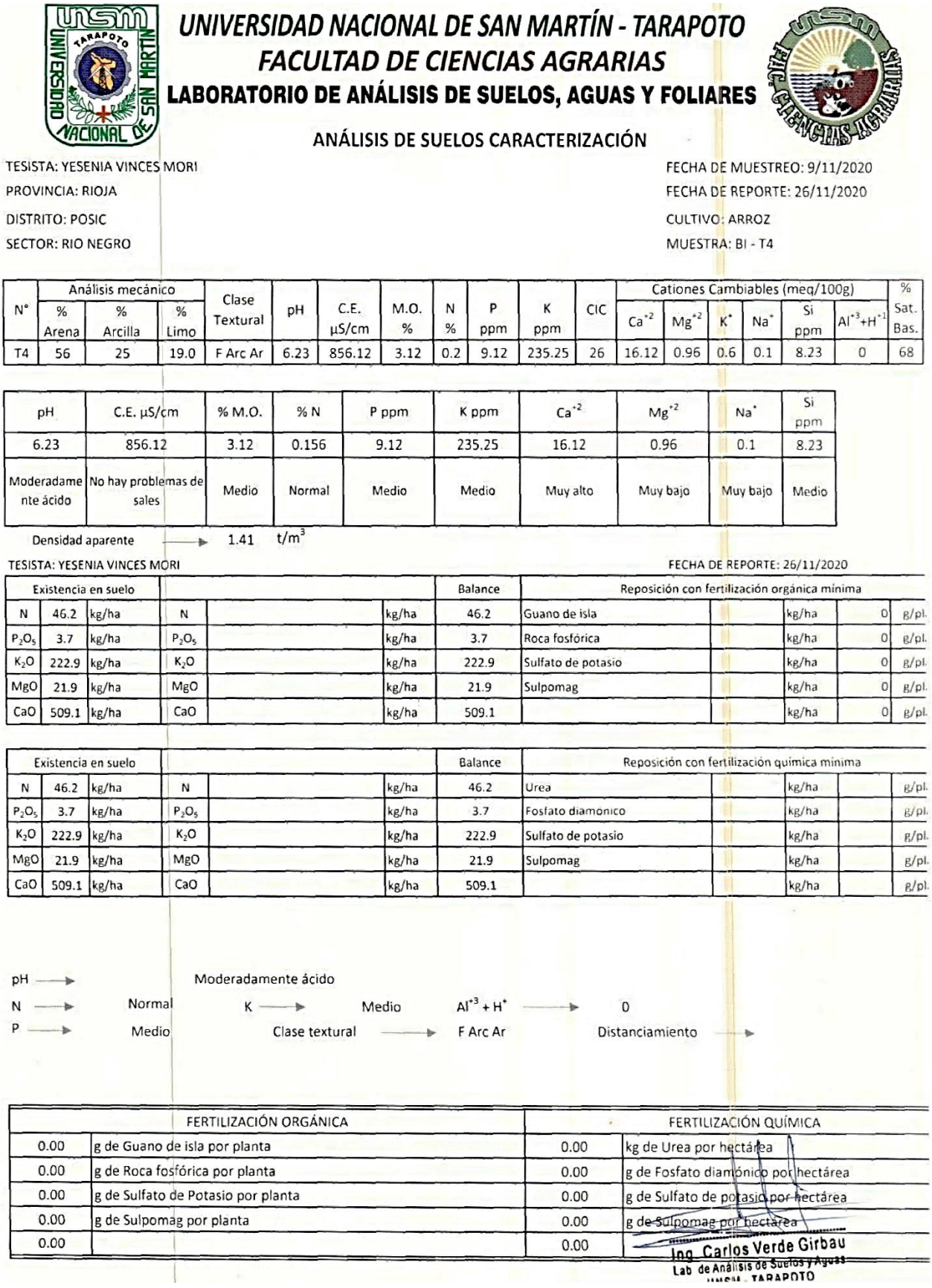
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 42.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 42.2 | Urea | kg/ha | | g/pl |
| $P_2O_5$ | 3.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.6 | Fosfato diamónico | kg/ha | | g/pl |
| $K_2O$ | 204.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 204.0 | Sulfato de potasio | kg/ha | | g/pl |
| MgO | 25.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 25.5 | Sulpomag | kg/ha | | g/pl |
| CaO | 477.6 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 477.6 | | kg/ha | | g/pl |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.3.** Bloque I, Tratamiento 3.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T4

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T4 | 56 | 25 | 19.0 | F Arc Ar | 6.23 | 856.12 | 3.12 | 0.2 | 9.12 | 235.25 | 26 | 16.12 | 0.96 | 0.6 | 0.1 | 8.23 | 0 | 68 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.23 | 856.12 | 3.12 | 0.156 | 9.12 | 235.25 | 16.12 | 0.96 | 0.1 | 8.23 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Muy alto | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.41 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 46.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 46.2 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.7 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.7 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $K_2O$ | 222.9 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 222.9 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| MgO | 21.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 21.9 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| CaO | 509.1 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 509.1 | | | kg/ha | 0 | g/pl. |

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 46.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 46.2 | Urea | | kg/ha | | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.7 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.7 | Fosfato diamonico | | kg/ha | | g/pl. |
| $K_2O$ | 222.9 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 222.9 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/pl. |
| MgO | 21.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 21.9 | Sulpomag | | kg/ha | | g/pl. |
| CaO | 509.1 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 509.1 | | | kg/ha | | g/pl. |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.4.** Bloque I, Tratamiento 4.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T5

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T5 | 51 | 29 | 20.0 | F Arc Ar | 6.12 | 965.23 | 3.25 | 0.2 | 8.56 | 224.25 | 27 | 15.2 | 0.86 | 0.6 | 0.12 | 10.23 | 0 | 62 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.12 | 965.23 | 3.25 | 0.1625 | 8.56 | 224.25 | 15.2 | 0.86 | 0.12 | 10.23 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.37 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 46.8 | kg/ha | N | | kg/ha | 46.8 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.4 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.4 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $K_2O$ | 206.5 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 206.5 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| MgO | 19.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 19.0 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| CaO | 466.5 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 466.5 | | | kg/ha | 0 | g/pl. |

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 46.8 | kg/ha | N | | kg/ha | 46.8 | Urea | | kg/ha | | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.4 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.4 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/pl. |
| $K_2O$ | 206.5 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 206.5 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/pl. |
| MgO | 19.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 19.0 | Sulpomag | | kg/ha | | g/pl. |
| CaO | 466.5 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 466.5 | | | kg/ha | | g/pl. |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.5.** Bloque I, Tratamiento 5.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
## LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

### ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T6

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T6 | 63 | 11.2 | 25.8 | F Aren | 6.32 | 875.32 | 4.12 | 0.2 | 9.65 | 278.5 | 29.6 | 16.23 | 1.23 | 0.7 | 0.1 | 11.36 | 0 | 62 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.32 | 875.32 | 4.12 | 0.206 | 9.65 | 278.5 | 16.23 | 1.23 | 0.1 | 11.36 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Alto | Alto | Medio | Alto | Muy alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.54 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 66.6 | kg/ha | N | | kg/ha | 66.6 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 4.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.3 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $K_2O$ | 288.2 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 288.2 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| MgO | 30.6 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 30.6 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| CaO | 559.9 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 559.9 | | | kg/ha | 0 | g/pl. |

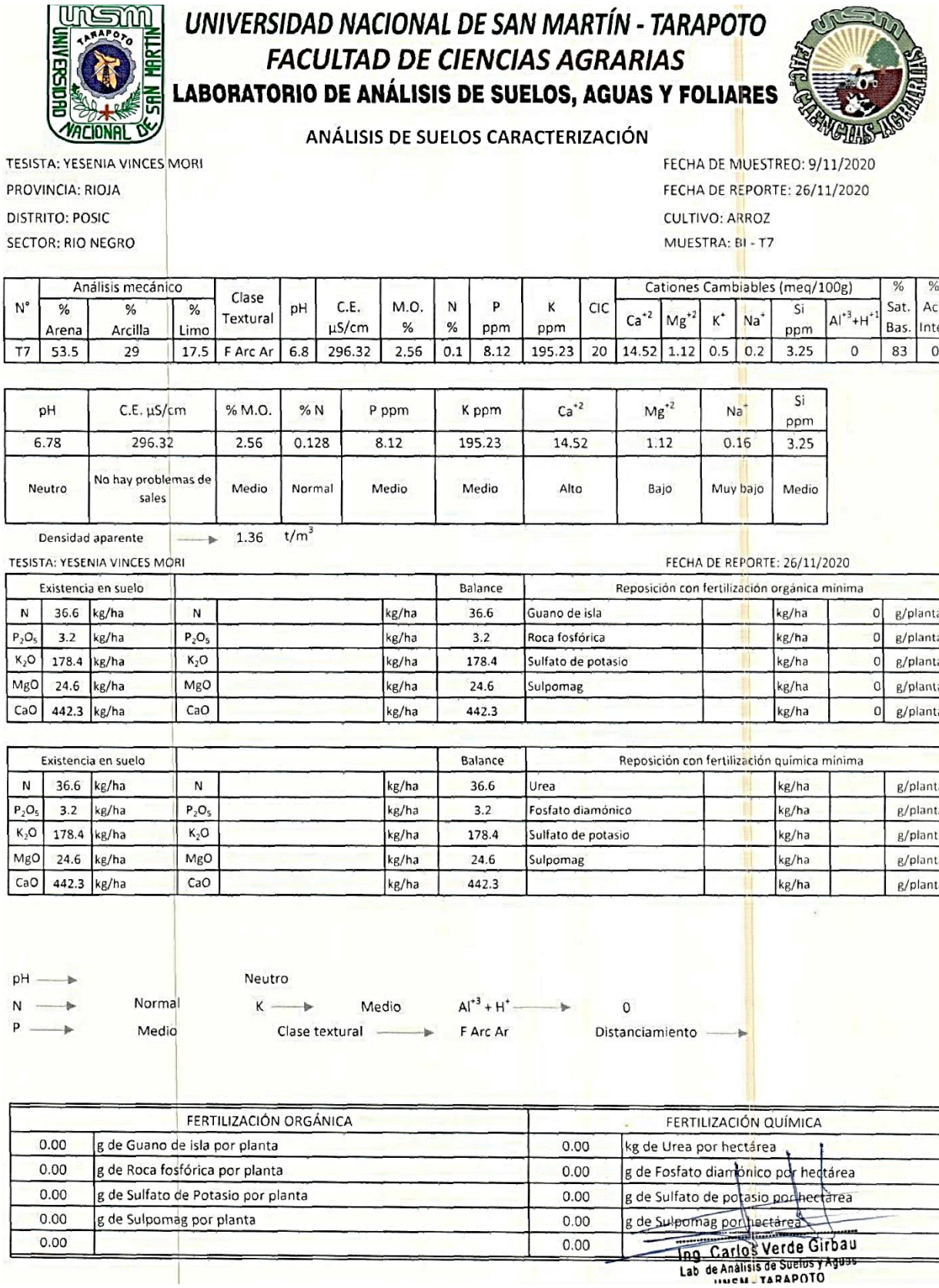
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 66.6 | kg/ha | N | | kg/ha | 66.6 | Urea | | kg/ha | | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 4.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.3 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/pl. |
| $K_2O$ | 288.2 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 288.2 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/pl. |
| MgO | 30.6 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 30.6 | Sulpomag | | kg/ha | | g/pl. |
| CaO | 559.9 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 559.9 | | | kg/ha | | g/pl. |

pH ⟶ Moderadamente ácido
N ⟶ Alto — K ⟶ Alto — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Aren — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.6.** Bloque I, Tratamiento 6.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T7

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T7 | 53.5 | 29 | 17.5 | F Arc Ar | 6.8 | 296.32 | 2.56 | 0.1 | 8.12 | 195.23 | 20 | 14.52 | 1.12 | 0.5 | 0.2 | 3.25 | 0 | 83 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.78 | 296.32 | 2.56 | 0.128 | 8.12 | 195.23 | 14.52 | 1.12 | 0.16 | 3.25 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.36 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 36.6 | kg/ha | N | | kg/ha | 36.6 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.2 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.2 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 178.4 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 178.4 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 24.6 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 24.6 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 442.3 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 442.3 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

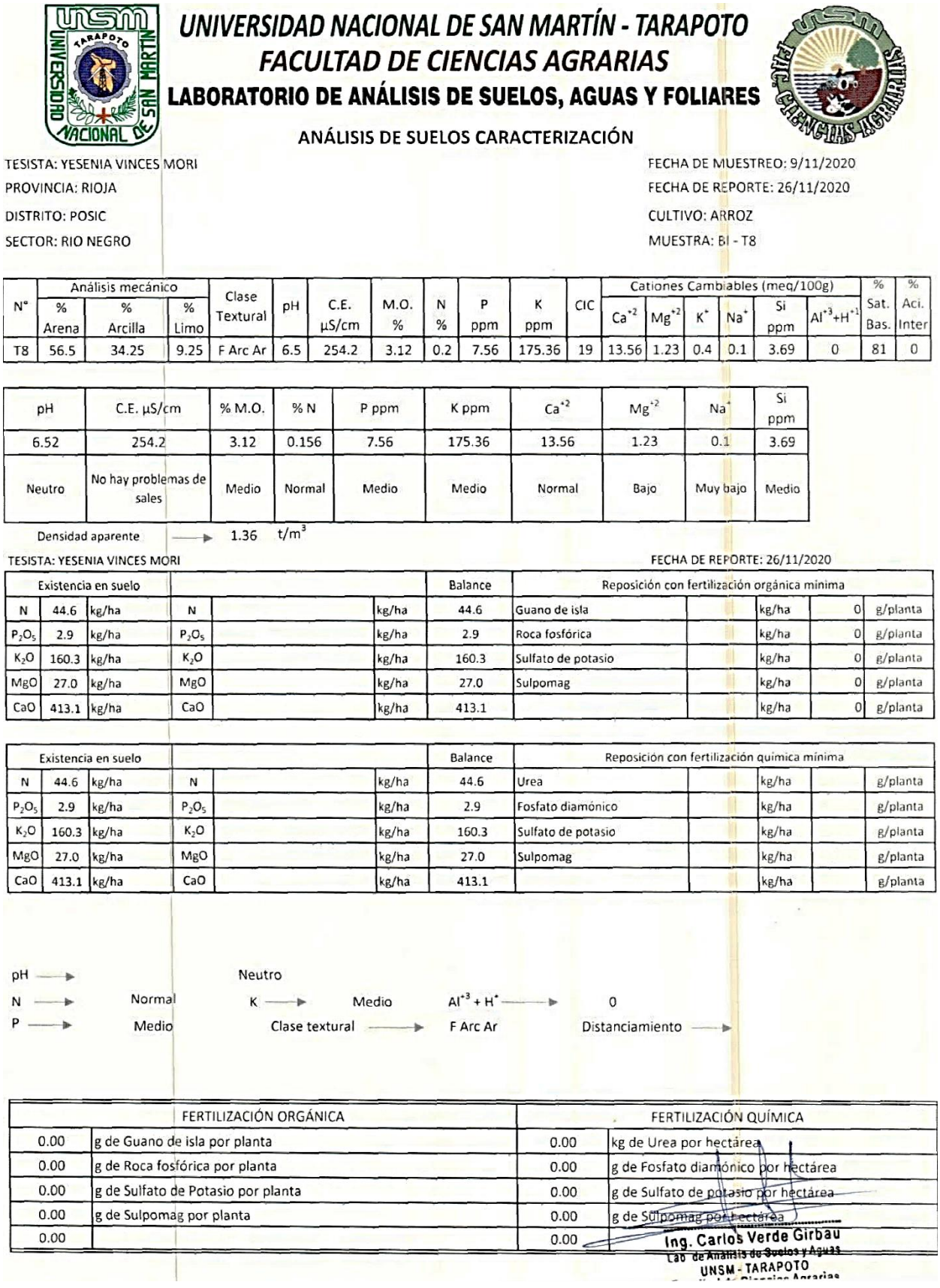
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 36.6 | kg/ha | N | | kg/ha | 36.6 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.2 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.2 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 178.4 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 178.4 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 24.6 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 24.6 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 442.3 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 442.3 | | | kg/ha | | g/planta |

pH → Neutro
N → Normal
K → Medio
$Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio
Clase textural → F Arc Ar
Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.7.** Bloque I, Tratamiento 7.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BI - T8

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T8 | 56.5 | 34.25 | 9.25 | F Arc Ar | 6.5 | 254.2 | 3.12 | 0.2 | 7.56 | 175.36 | 19 | 13.56 | 1.23 | 0.4 | 0.1 | 3.69 | 0 | 81 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.52 | 254.2 | 3.12 | 0.156 | 7.56 | 175.36 | 13.56 | 1.23 | 0.1 | 3.69 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Normal | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.36 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.6 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.6 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 2.9 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 2.9 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 160.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 160.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 27.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 27.0 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 413.1 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 413.1 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

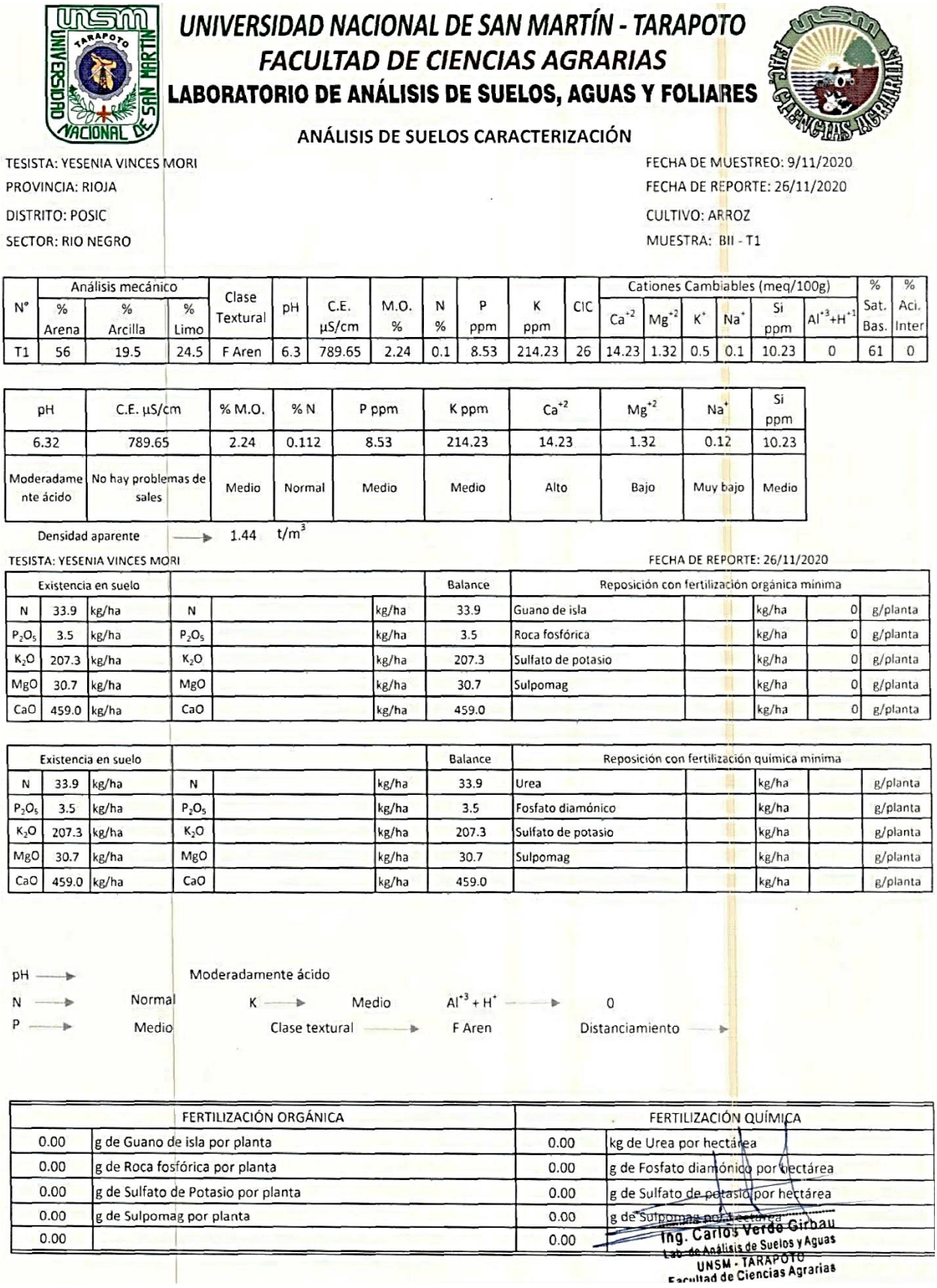
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.6 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.6 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 2.9 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 2.9 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 160.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 160.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 27.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 27.0 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 413.1 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 413.1 | | | kg/ha | | g/planta |

pH → Neutro
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Fac. de Ciencias Agrarias

**Figura 16.8.** Bloque I, Tratamiento 8.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T1

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T1 | 56 | 19.5 | 24.5 | F Aren | 6.3 | 789.65 | 2.24 | 0.1 | 8.53 | 214.23 | 26 | 14.23 | 1.32 | 0.5 | 0.1 | 10.23 | 0 | 61 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.32 | 789.65 | 2.24 | 0.112 | 8.53 | 214.23 | 14.23 | 1.32 | 0.12 | 10.23 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.44 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 33.9 | kg/ha | N | | kg/ha | 33.9 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.5 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.5 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 207.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 207.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 30.7 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 30.7 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 459.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 459.0 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

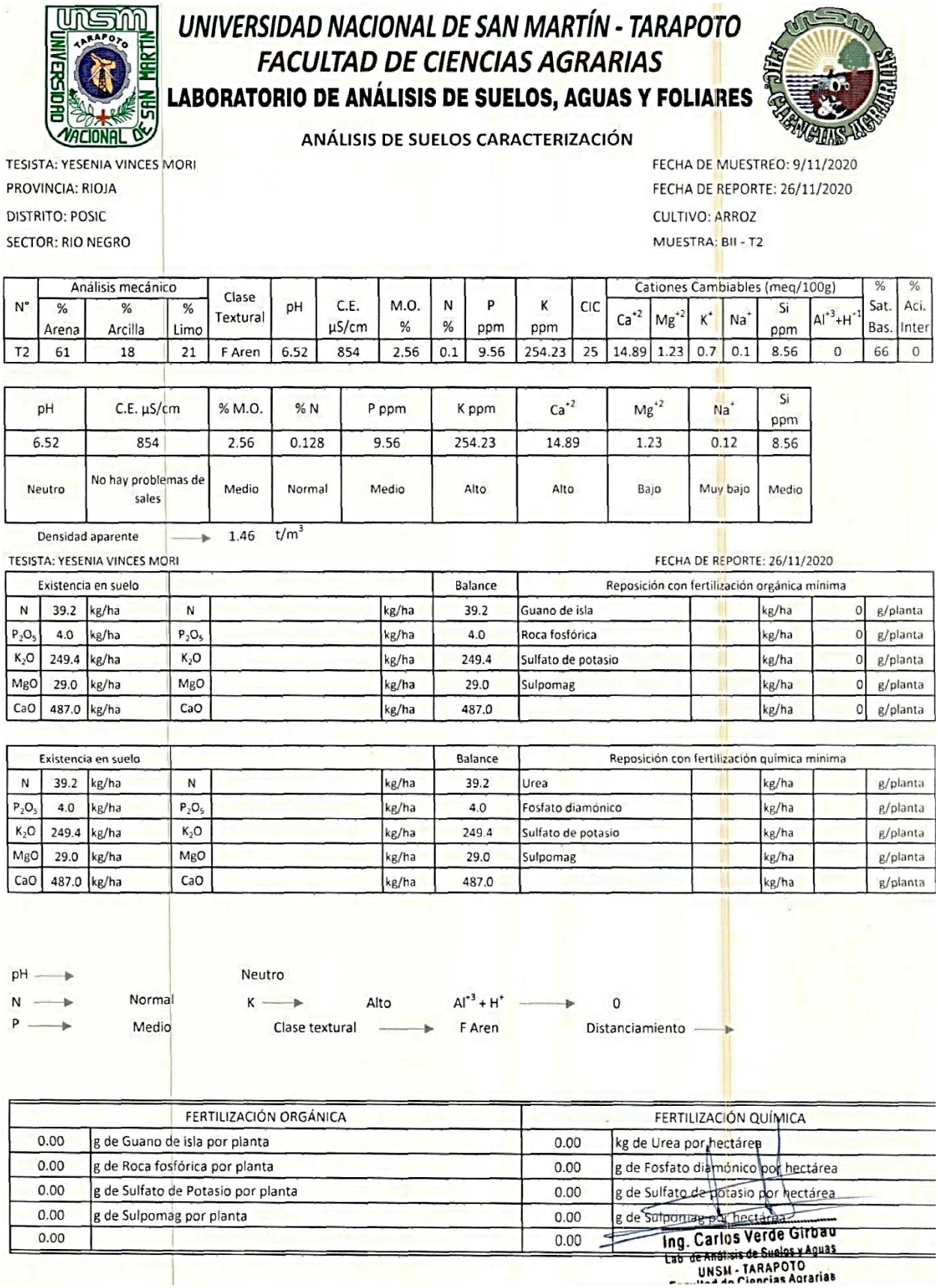
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 33.9 | kg/ha | N | | kg/ha | 33.9 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.5 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.5 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 207.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 207.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 30.7 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 30.7 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 459.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 459.0 | | | kg/ha | | g/planta |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Aren — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.9.** Bloque II, Tratamiento 1.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T2

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T2 | 61 | 18 | 21 | F Aren | 6.52 | 854 | 2.56 | 0.1 | 9.56 | 254.23 | 25 | 14.89 | 1.23 | 0.7 | 0.1 | 8.56 | 0 | 66 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.52 | 854 | 2.56 | 0.128 | 9.56 | 254.23 | 14.89 | 1.23 | 0.12 | 8.56 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Alto | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.46 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 39.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 39.2 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 4.0 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.0 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 249.4 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 249.4 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 29.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 29.0 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 487.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 487.0 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

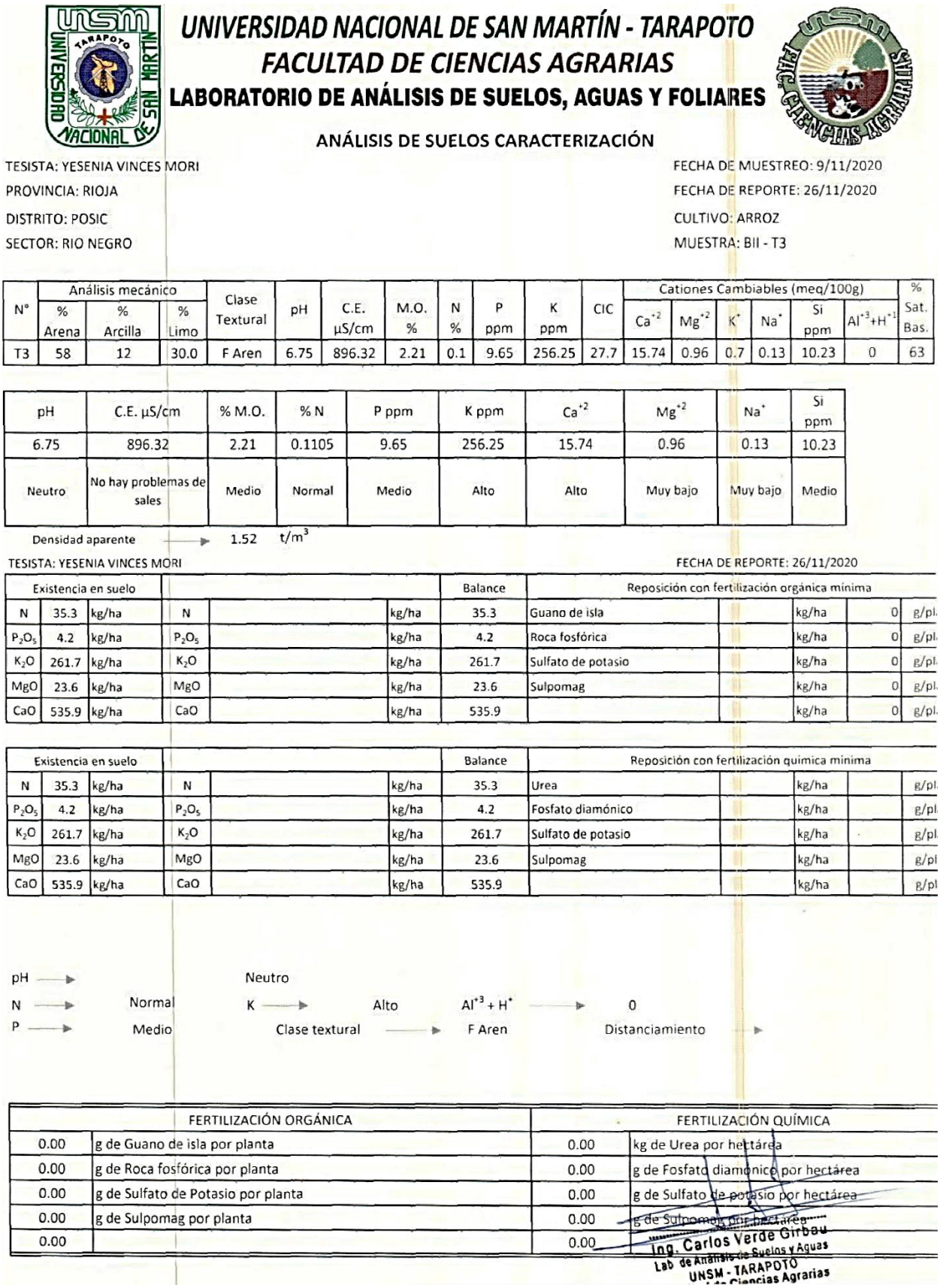
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 39.2 | kg/ha | N | | kg/ha | 39.2 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 4.0 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.0 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 249.4 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 249.4 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 29.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 29.0 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 487.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 487.0 | | | kg/ha | | g/planta |

pH → Neutro
N → Normal — K → Alto — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Aren — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.10.** Bloque II, Tratamiento 2.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T3

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T3 | 58 | 12 | 30.0 | F Aren | 6.75 | 896.32 | 2.21 | 0.1 | 9.65 | 256.25 | 27.7 | 15.74 | 0.96 | 0.7 | 0.13 | 10.23 | 0 | 63 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.75 | 896.32 | 2.21 | 0.1105 | 9.65 | 256.25 | 15.74 | 0.96 | 0.13 | 10.23 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Alto | Alto | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.52 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 35.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 35.3 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 4.2 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.2 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $K_2O$ | 261.7 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 261.7 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| MgO | 23.6 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 23.6 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| CaO | 535.9 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 535.9 | | | kg/ha | 0 | g/pl. |

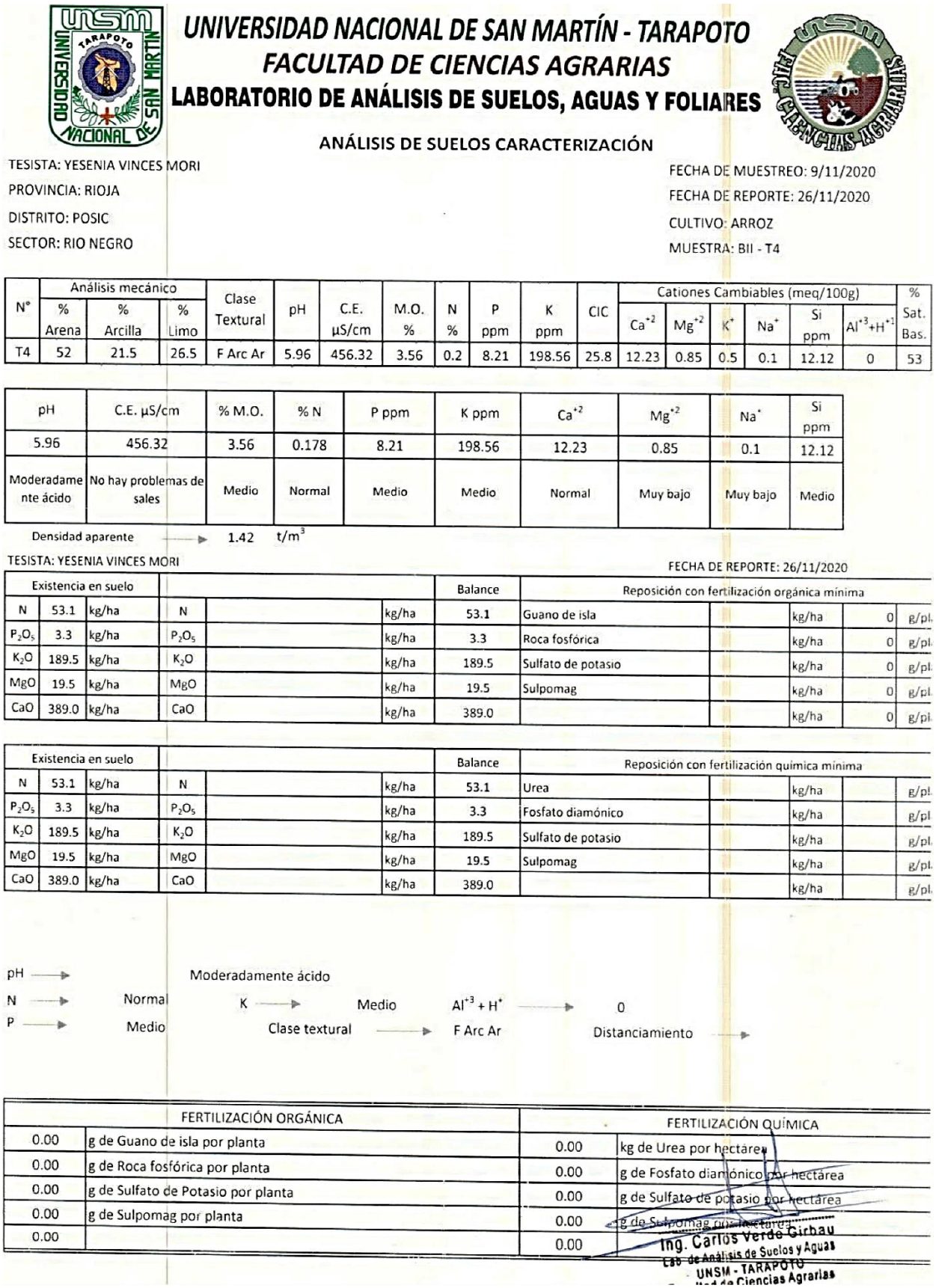
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 35.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 35.3 | Urea | | kg/ha | | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 4.2 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.2 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/pl. |
| $K_2O$ | 261.7 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 261.7 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/pl. |
| MgO | 23.6 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 23.6 | Sulpomag | | kg/ha | | g/pl. |
| CaO | 535.9 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 535.9 | | | kg/ha | | g/pl. |

pH ⟶ Neutro
N ⟶ Normal K ⟶ Alto $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio Clase textural ⟶ F Aren Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Fac. Ciencias Agrarias

**Figura 16.11.** Bloque II, Tratamiento 3.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T4

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T4 | 52 | 21.5 | 26.5 | F Arc Ar | 5.96 | 456.32 | 3.56 | 0.2 | 8.21 | 198.56 | 25.8 | 12.23 | 0.85 | 0.5 | 0.1 | 12.12 | 0 | 53 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.96 | 456.32 | 3.56 | 0.178 | 8.21 | 198.56 | 12.23 | 0.85 | 0.1 | 12.12 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Normal | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.42 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 53.1 | kg/ha | N | | kg/ha | 53.1 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.3 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $K_2O$ | 189.5 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 189.5 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| MgO | 19.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 19.5 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| CaO | 389.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 389.0 | | | kg/ha | 0 | g/pl. |

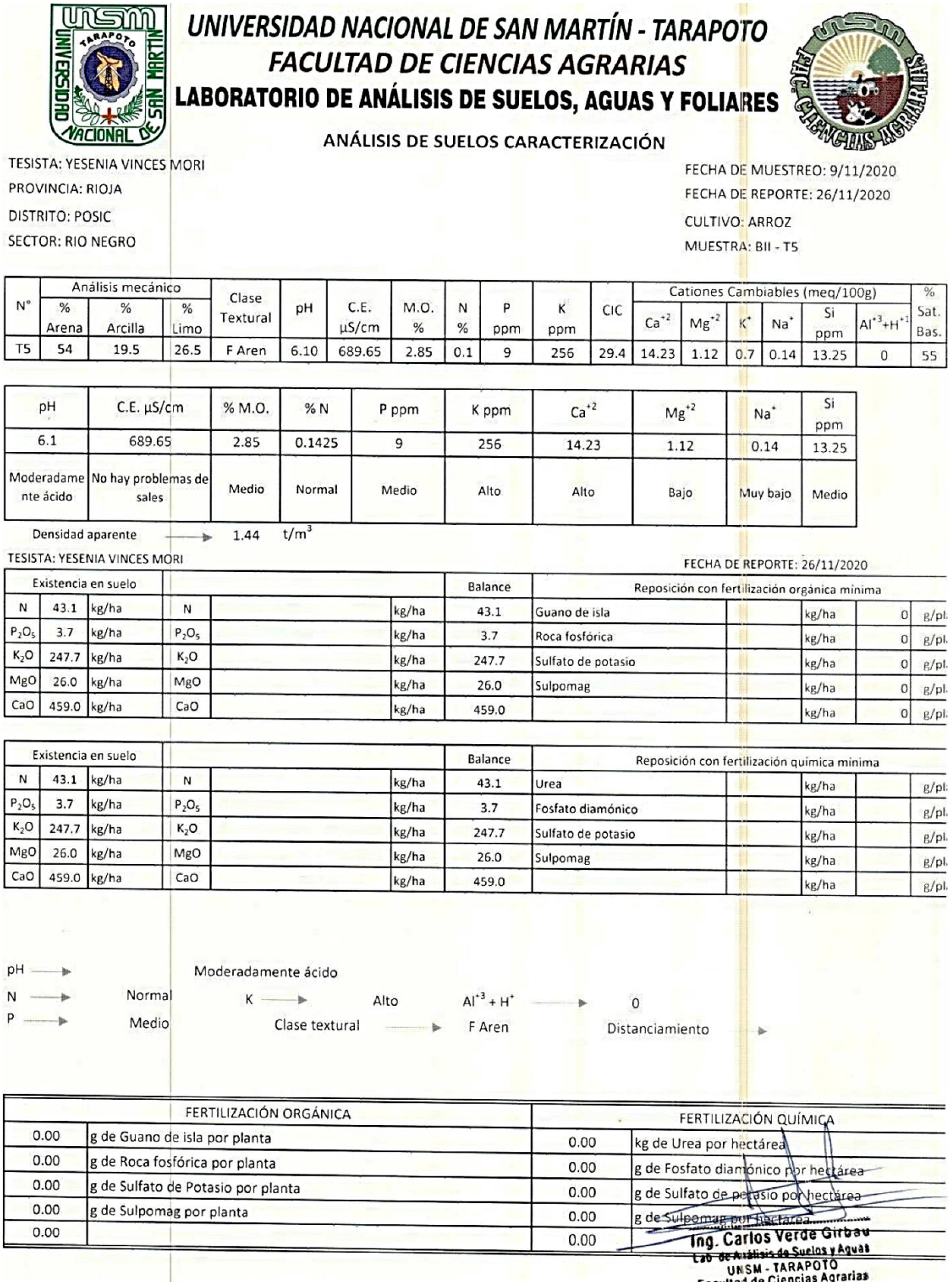
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 53.1 | kg/ha | N | | kg/ha | 53.1 | Urea | | kg/ha | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.3 | Fosfato diamónico | | kg/ha | g/pl. |
| $K_2O$ | 189.5 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 189.5 | Sulfato de potasio | | kg/ha | g/pl. |
| MgO | 19.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 19.5 | Sulpomag | | kg/ha | g/pl. |
| CaO | 389.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 389.0 | | | kg/ha | g/pl. |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.12.** Bloque II, Tratamiento 4.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T5

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T5 | 54 | 19.5 | 26.5 | F Aren | 6.10 | 689.65 | 2.85 | 0.1 | 9 | 256 | 29.4 | 14.23 | 1.12 | 0.7 | 0.14 | 13.25 | 0 | 55 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.1 | 689.65 | 2.85 | 0.1425 | 9 | 256 | 14.23 | 1.12 | 0.14 | 13.25 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Alto | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.44 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 43.1 | kg/ha | N | | kg/ha | 43.1 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.7 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.7 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $K_2O$ | 247.7 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 247.7 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| MgO | 26.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 26.0 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| CaO | 459.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 459.0 | | | kg/ha | 0 | g/pl. |

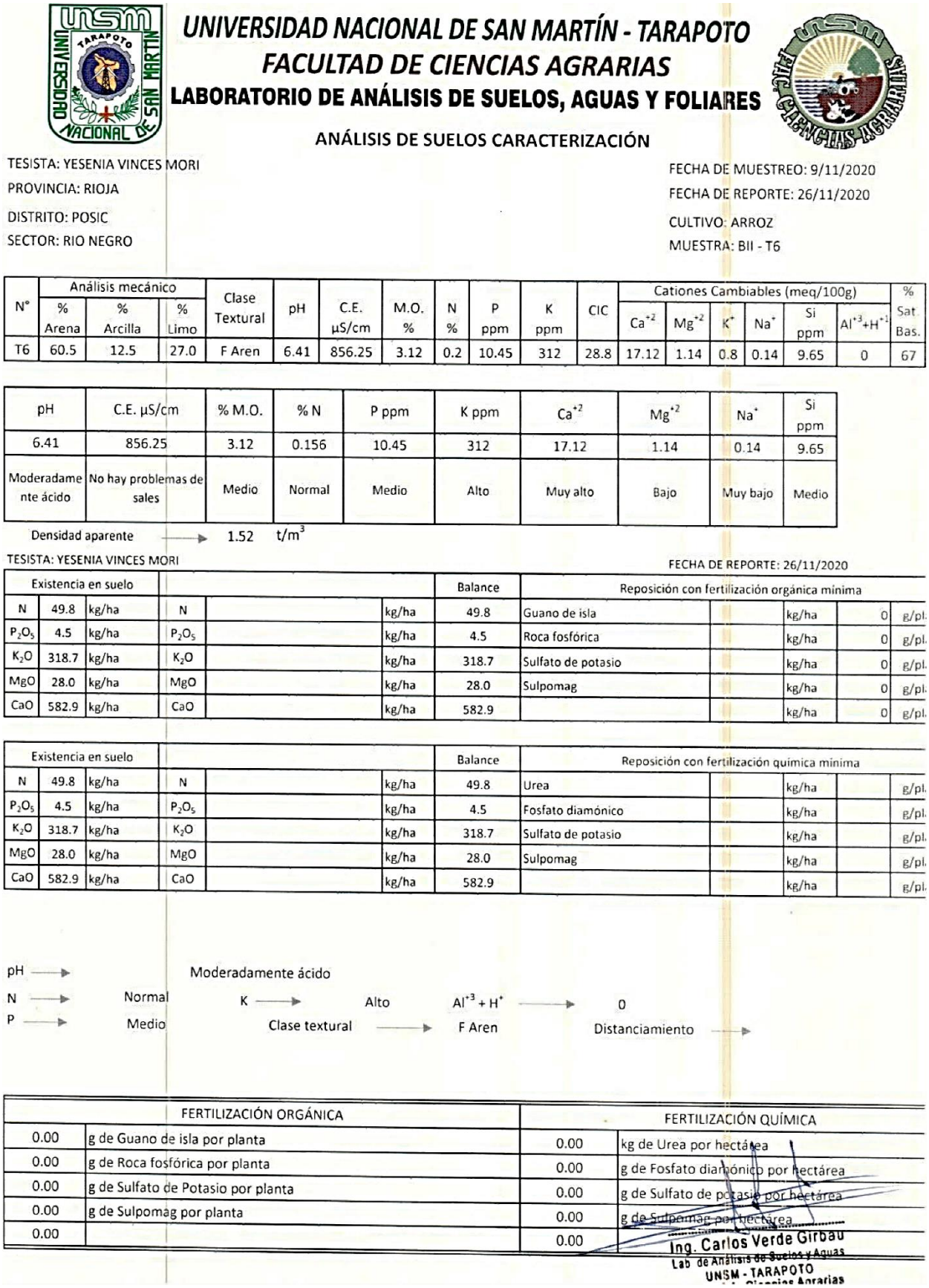
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 43.1 | kg/ha | N | | kg/ha | 43.1 | Urea | | kg/ha | | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 3.7 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.7 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/pl. |
| $K_2O$ | 247.7 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 247.7 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/pl. |
| MgO | 26.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 26.0 | Sulpomag | | kg/ha | | g/pl. |
| CaO | 459.0 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 459.0 | | | kg/ha | | g/pl. |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal
P → Medio
K → Alto
$Al^{+3} + H^{+}$ → 0
Clase textural → F Aren
Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.13.** Bloque II, Tratamiento 5.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T6

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | |
| T6 | 60.5 | 12.5 | 27.0 | F Aren | 6.41 | 856.25 | 3.12 | 0.2 | 10.45 | 312 | 28.8 | 17.12 | 1.14 | 0.8 | 0.14 | 9.65 | 0 | 67 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.41 | 856.25 | 3.12 | 0.156 | 10.45 | 312 | 17.12 | 1.14 | 0.14 | 9.65 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Alto | Muy alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.52 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 49.8 | kg/ha | N | | kg/ha | 49.8 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 4.5 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.5 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| $K_2O$ | 318.7 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 318.7 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| MgO | 28.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 28.0 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl. |
| CaO | 582.9 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 582.9 | | | kg/ha | 0 | g/pl. |

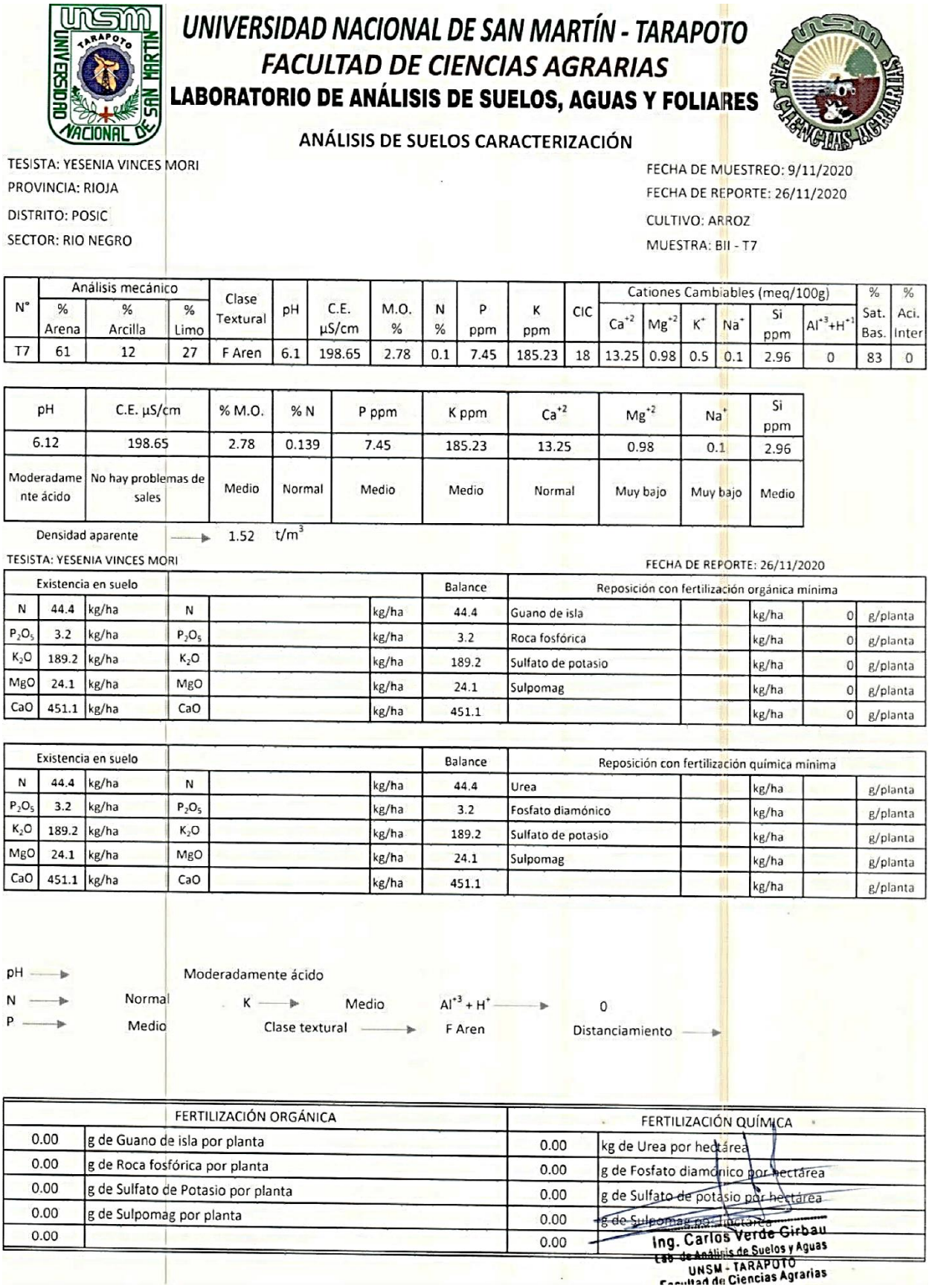
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 49.8 | kg/ha | N | | kg/ha | 49.8 | Urea | | kg/ha | | g/pl. |
| $P_2O_5$ | 4.5 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.5 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/pl. |
| $K_2O$ | 318.7 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 318.7 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/pl. |
| MgO | 28.0 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 28.0 | Sulpomag | | kg/ha | | g/pl. |
| CaO | 582.9 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 582.9 | | | kg/ha | | g/pl. |

pH → Moderadamente ácido
N → Normal
P → Medio
K → Alto
$Al^{+3} + H^{+}$ → 0
Clase textural → F Aren
Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.14.** Bloque II, Tratamiento 6.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T7

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T7 | 61 | 12 | 27 | F Aren | 6.1 | 198.65 | 2.78 | 0.1 | 7.45 | 185.23 | 18 | 13.25 | 0.98 | 0.5 | 0.1 | 2.96 | 0 | 83 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.12 | 198.65 | 2.78 | 0.139 | 7.45 | 185.23 | 13.25 | 0.98 | 0.1 | 2.96 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Normal | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.52 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.4 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.4 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.2 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.2 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 189.2 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 189.2 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 24.1 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 24.1 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 451.1 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 451.1 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

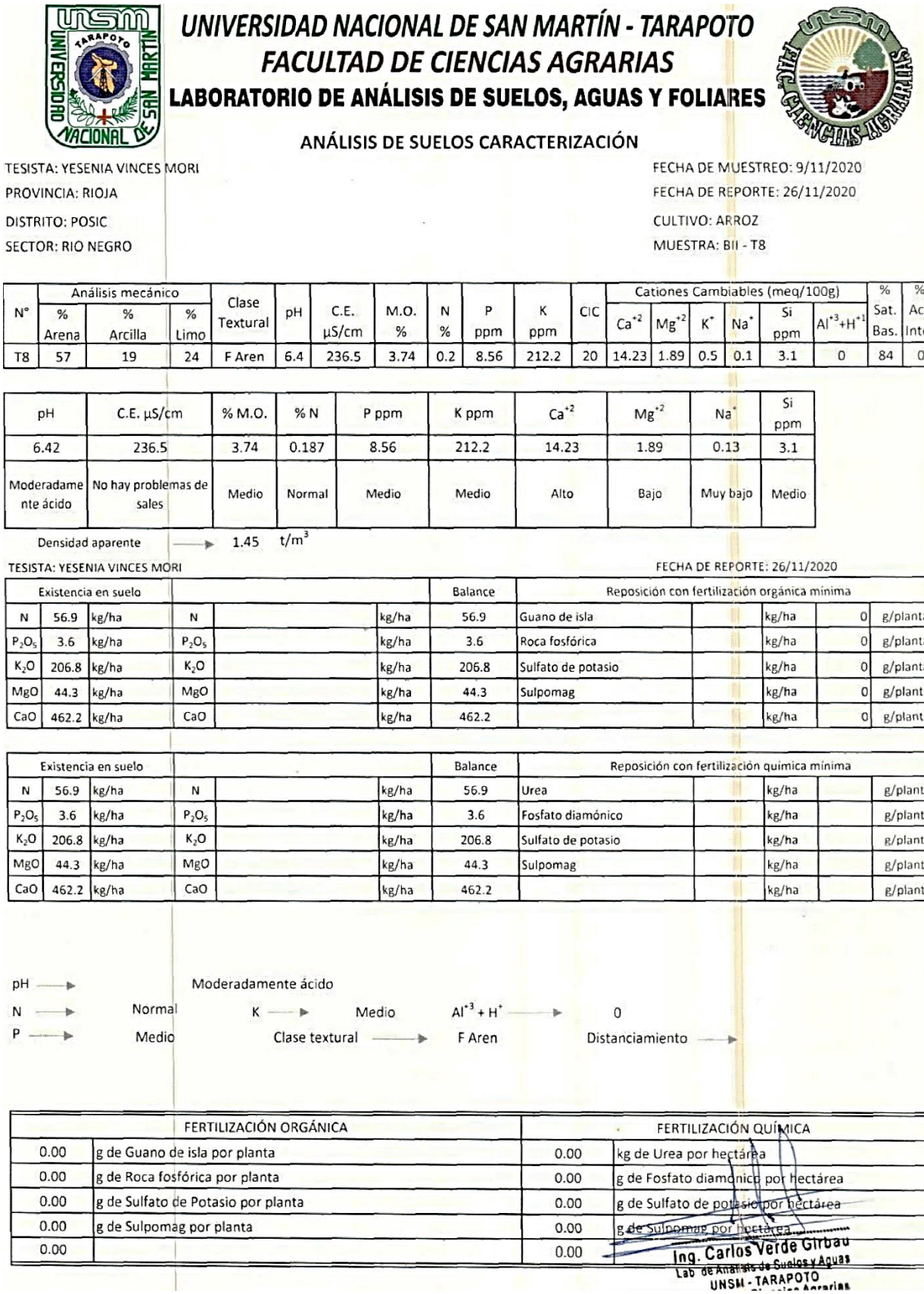
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.4 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.4 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.2 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.2 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 189.2 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 189.2 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 24.1 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 24.1 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 451.1 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 451.1 | | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Moderadamente ácido
N ⟶ Normal — K ⟶ Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Aren — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.15.** Bloque II, Tratamiento 7.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BII - T8

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T8 | 57 | 19 | 24 | F Aren | 6.4 | 236.5 | 3.74 | 0.2 | 8.56 | 212.2 | 20 | 14.23 | 1.89 | 0.5 | 0.1 | 3.1 | 0 | 84 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.42 | 236.5 | 3.74 | 0.187 | 8.56 | 212.2 | 14.23 | 1.89 | 0.13 | 3.1 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.45 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 56.9 | kg/ha | N | | kg/ha | 56.9 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.6 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 206.8 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 206.8 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 44.3 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 44.3 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 462.2 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 462.2 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 56.9 | kg/ha | N | | kg/ha | 56.9 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.6 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 206.8 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 206.8 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 44.3 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 44.3 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 462.2 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 462.2 | | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Moderadamente ácido
N ⟶ Normal — K ⟶ Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Aren — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.16.** Bloque II, Tratamiento 8.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T1

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T1 | 56 | 31 | 13 | F Arc Ar | 6.9 | 915.23 | 3.12 | 0.2 | 9.56 | 235.23 | 31 | 16.32 | 1.85 | 0.6 | 0.12 | 12.25 | 0 | 61 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.89 | 915.23 | 3.12 | 0.156 | 9.56 | 235.23 | 16.32 | 1.85 | 0.12 | 12.25 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Muy alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.37 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.9 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.9 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.7 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.7 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 216.6 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 216.6 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 40.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 40.9 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 500.8 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 500.8 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

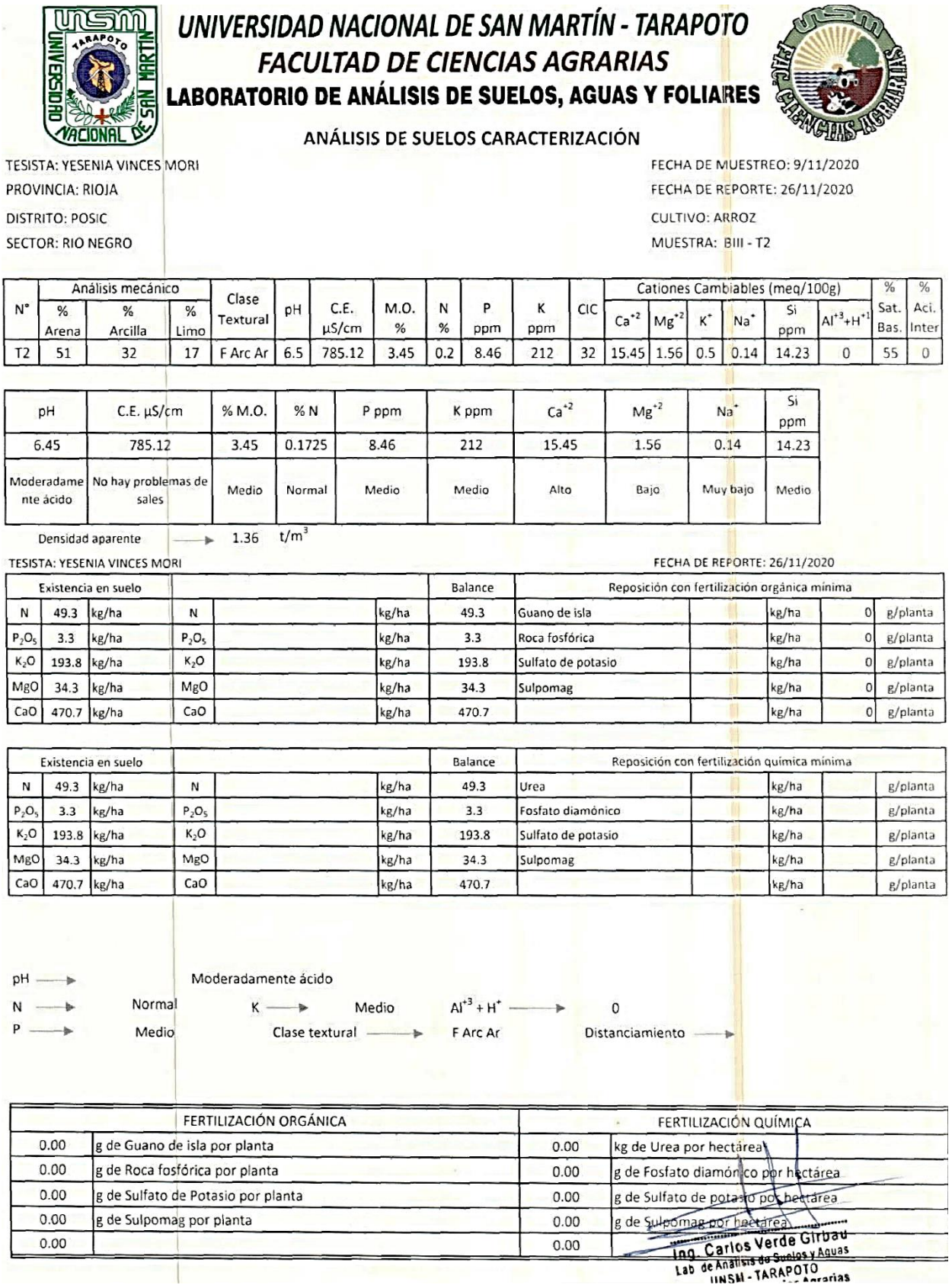
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 44.9 | kg/ha | N | | kg/ha | 44.9 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.7 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.7 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 216.6 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 216.6 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 40.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 40.9 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 500.8 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 500.8 | | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Neutro
N ⟶ Normal — K ⟶ Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Arc Ar — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas

**Figura 16.17.** Bloque III, Tratamiento 1.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T2

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T2 | 51 | 32 | 17 | F Arc Ar | 6.5 | 785.12 | 3.45 | 0.2 | 8.46 | 212 | 32 | 15.45 | 1.56 | 0.5 | 0.14 | 14.23 | 0 | 55 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.45 | 785.12 | 3.45 | 0.1725 | 8.46 | 212 | 15.45 | 1.56 | 0.14 | 14.23 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.36 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 49.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 49.3 | Guano de isla | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.3 | Roca fosfórica | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 193.8 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 193.8 | Sulfato de potasio | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 34.3 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 34.3 | Sulpomag | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 470.7 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 470.7 | | kg/ha | 0 | g/planta |

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 49.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 49.3 | Urea | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.3 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.3 | Fosfato diamónico | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 193.8 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 193.8 | Sulfato de potasio | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 34.3 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 34.3 | Sulpomag | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 470.7 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 470.7 | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Moderadamente ácido
N ⟶ Normal — K ⟶ Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Arc Ar — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.18.** Bloque III, Tratamiento 2.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T3

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T3 | 55.5 | 31.5 | 13 | F Arc Ar | 6.7 | 863.25 | 4.12 | 0.2 | 10.23 | 256.32 | 35 | 16.25 | 2 | 0.7 | 0.15 | 16 | 0 | 54 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.74 | 863.25 | 4.12 | 0.206 | 10.23 | 256.32 | 16.25 | 2 | 0.15 | 16 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Alto | Alto | Medio | Alto | Muy alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.37 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 59.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 59.3 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 4.0 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.0 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 236.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 236.0 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 44.2 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 44.2 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 498.7 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 498.7 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

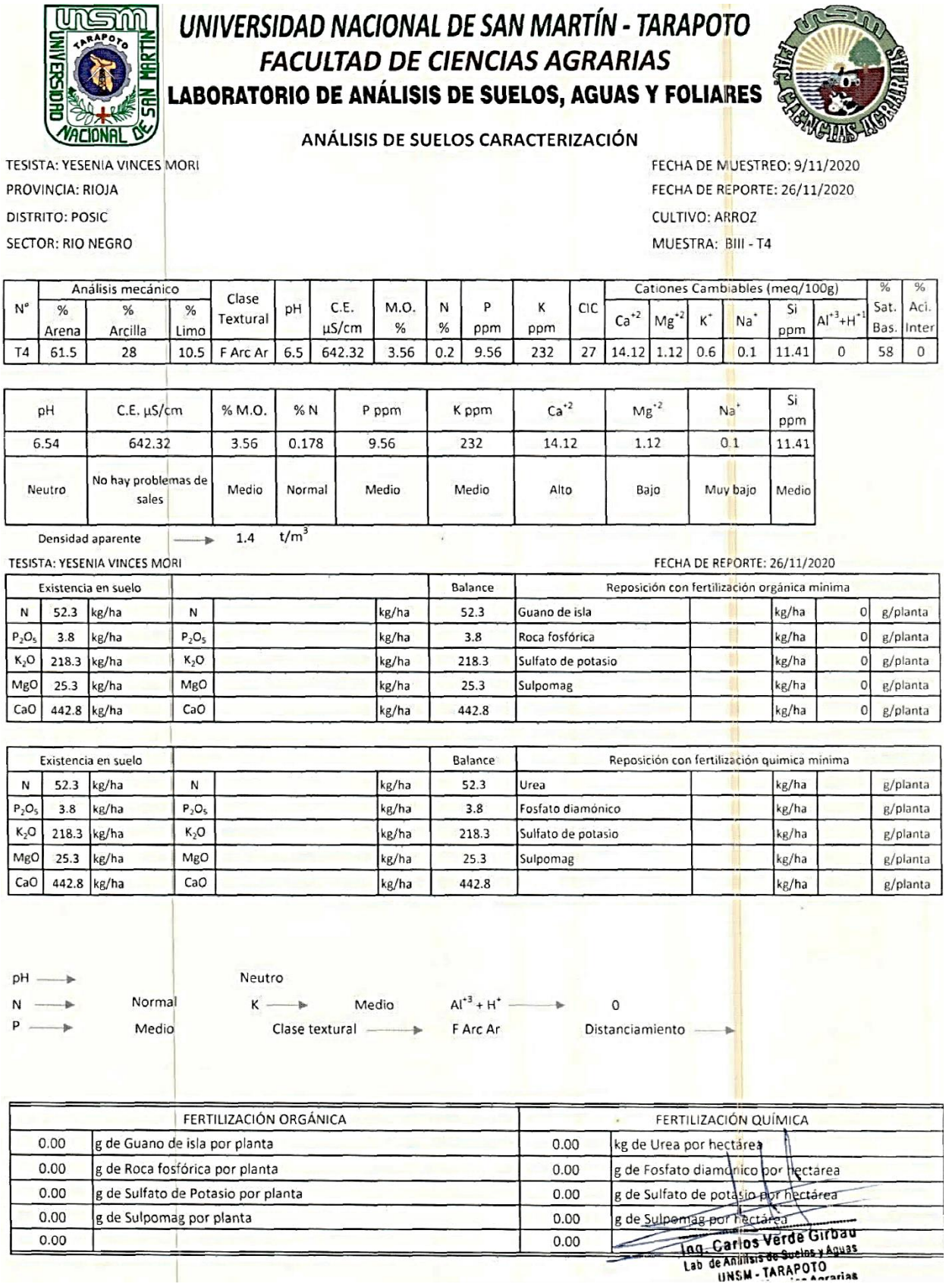
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 59.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 59.3 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 4.0 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.0 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 236.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 236.0 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 44.2 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 44.2 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 498.7 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 498.7 | | | kg/ha | | g/planta |

pH → Neutro
N → Alto — K → Alto — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Facultad de Ciencias Agrarias

**Figura 16.19.** Bloque III, Tratamiento 3.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T4

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T4 | 61.5 | 28 | 10.5 | F Arc Ar | 6.5 | 642.32 | 3.56 | 0.2 | 9.56 | 232 | 27 | 14.12 | 1.12 | 0.6 | 0.1 | 11.41 | 0 | 58 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.54 | 642.32 | 3.56 | 0.178 | 9.56 | 232 | 14.12 | 1.12 | 0.1 | 11.41 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente → 1.4 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 52.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 52.3 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.8 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.8 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 218.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 218.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 25.3 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 25.3 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 442.8 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 442.8 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 52.3 | kg/ha | N | | kg/ha | 52.3 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.8 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.8 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 218.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 218.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 25.3 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 25.3 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 442.8 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 442.8 | | | kg/ha | | g/planta |

pH → Neutro
N → Normal — K → Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ → 0
P → Medio — Clase textural → F Arc Ar — Distanciamiento →

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.20.** Bloque III, Tratamiento 4.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
## LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

### ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T5

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T5 | 63 | 31 | 6 | F Arc Ar | 6.7 | 963.25 | 3.12 | 0.2 | 12.12 | 310.23 | 32 | 16.23 | 1.2 | 0.8 | 0.19 | 13.25 | 0 | 58 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.74 | 963.25 | 3.12 | 0.156 | 12.12 | 310.23 | 16.23 | 1.2 | 0.19 | 13.25 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Alto | Muy alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.39 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 45.5 | kg/ha | N | | kg/ha | 45.5 | Guano de isla | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 4.8 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.8 | Roca fosfórica | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 289.8 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 289.8 | Sulfato de potasio | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 26.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 26.9 | Sulpomag | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 505.3 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 505.3 | | kg/ha | 0 | g/planta |

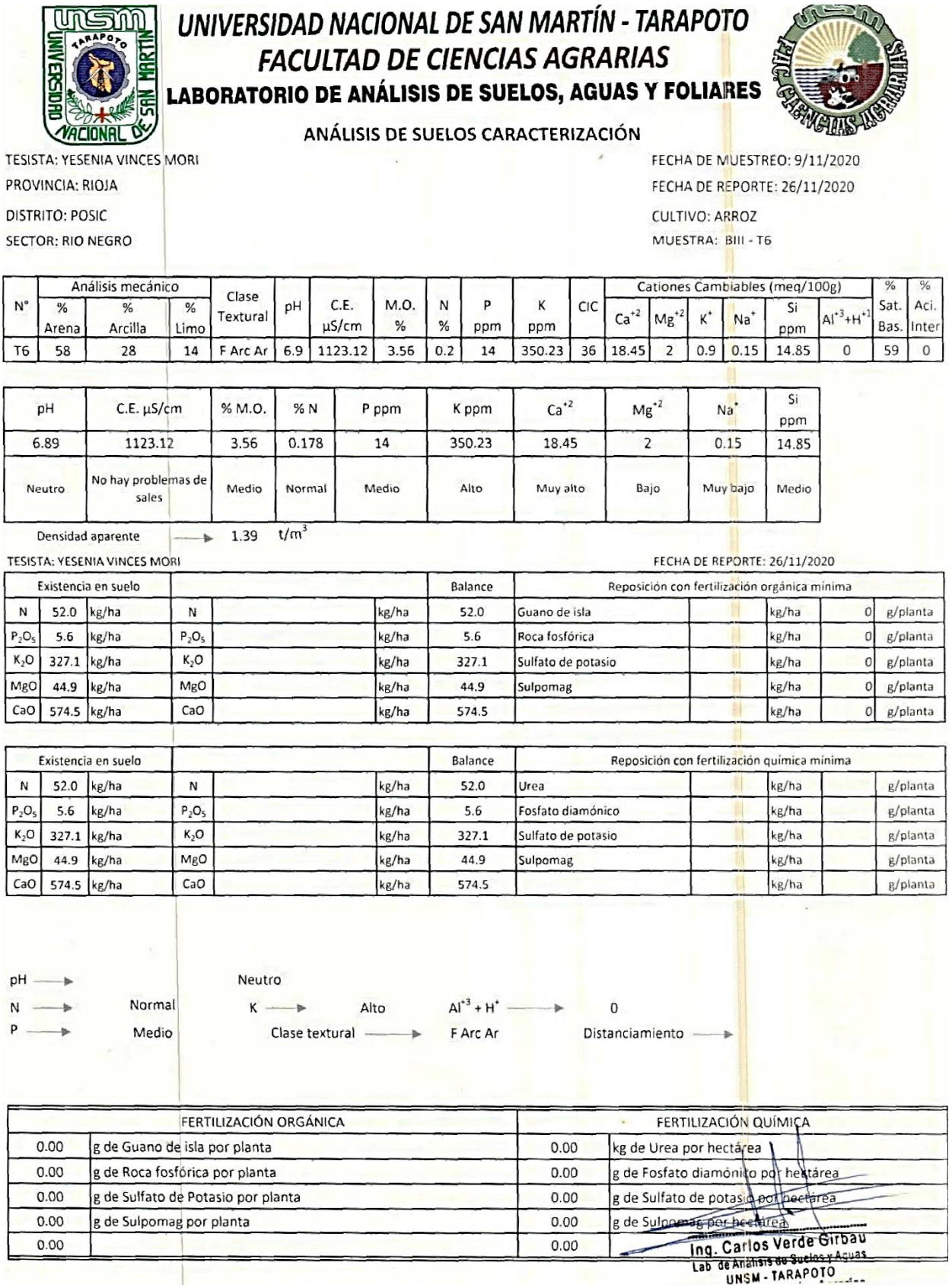
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 45.5 | kg/ha | N | | kg/ha | 45.5 | Urea | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 4.8 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.8 | Fosfato diamónico | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 289.8 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 289.8 | Sulfato de potasio | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 26.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 26.9 | Sulpomag | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 505.3 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 505.3 | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Neutro
N ⟶ Normal — K ⟶ Alto — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Arc Ar — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO
Fac. de Ciencias Agrarias

**Figura 16.21.** Bloque III, Tratamiento 5.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T6

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T6 | 58 | 28 | 14 | F Arc Ar | 6.9 | 1123.12 | 3.56 | 0.2 | 14 | 350.23 | 36 | 18.45 | 2 | 0.9 | 0.15 | 14.85 | 0 | 59 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.89 | 1123.12 | 3.56 | 0.178 | 14 | 350.23 | 18.45 | 2 | 0.15 | 14.85 |
| Neutro | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Alto | Muy alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.39 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 52.0 | kg/ha | N | | kg/ha | 52.0 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 5.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 5.6 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 327.1 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 327.1 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 44.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 44.9 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 574.5 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 574.5 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

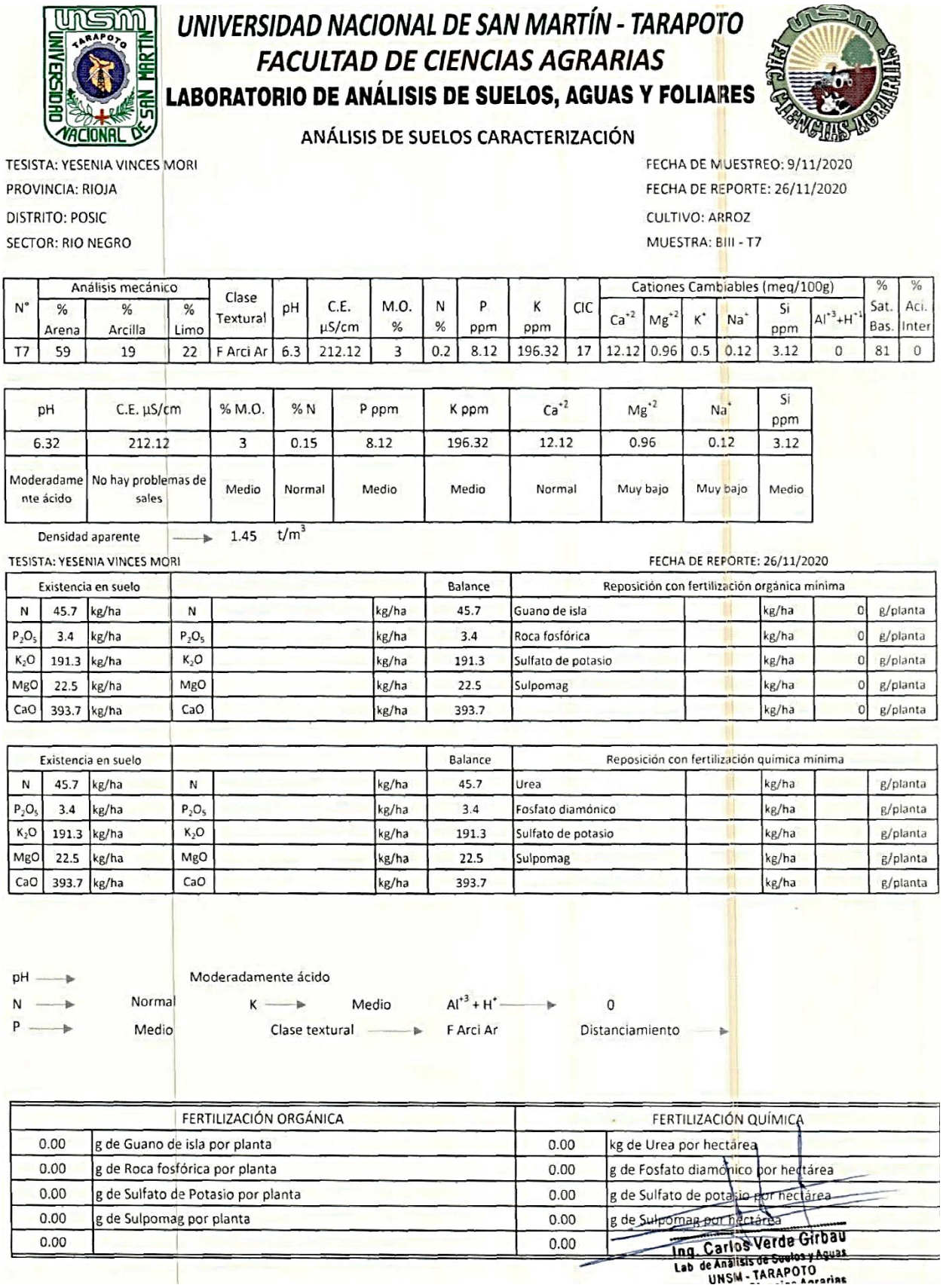
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 52.0 | kg/ha | N | | kg/ha | 52.0 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 5.6 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 5.6 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 327.1 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 327.1 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 44.9 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 44.9 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 574.5 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 574.5 | | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Neutro
N ⟶ Normal — K ⟶ Alto — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Arc Ar — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.22.** Bloque III, Tratamiento 6.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T7

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. | % Aci. Inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+1}$ | | |
| T7 | 59 | 19 | 22 | F Arci Ar | 6.3 | 212.12 | 3 | 0.2 | 8.12 | 196.32 | 17 | 12.12 | 0.96 | 0.5 | 0.12 | 3.12 | 0 | 81 | 0 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.32 | 212.12 | 3 | 0.15 | 8.12 | 196.32 | 12.12 | 0.96 | 0.12 | 3.12 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Medio | Normal | Muy bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.45 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 45.7 | kg/ha | N | | kg/ha | 45.7 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.4 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.4 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/planta |
| $K_2O$ | 191.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 191.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/planta |
| MgO | 22.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 22.5 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/planta |
| CaO | 393.7 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 393.7 | | | kg/ha | 0 | g/planta |

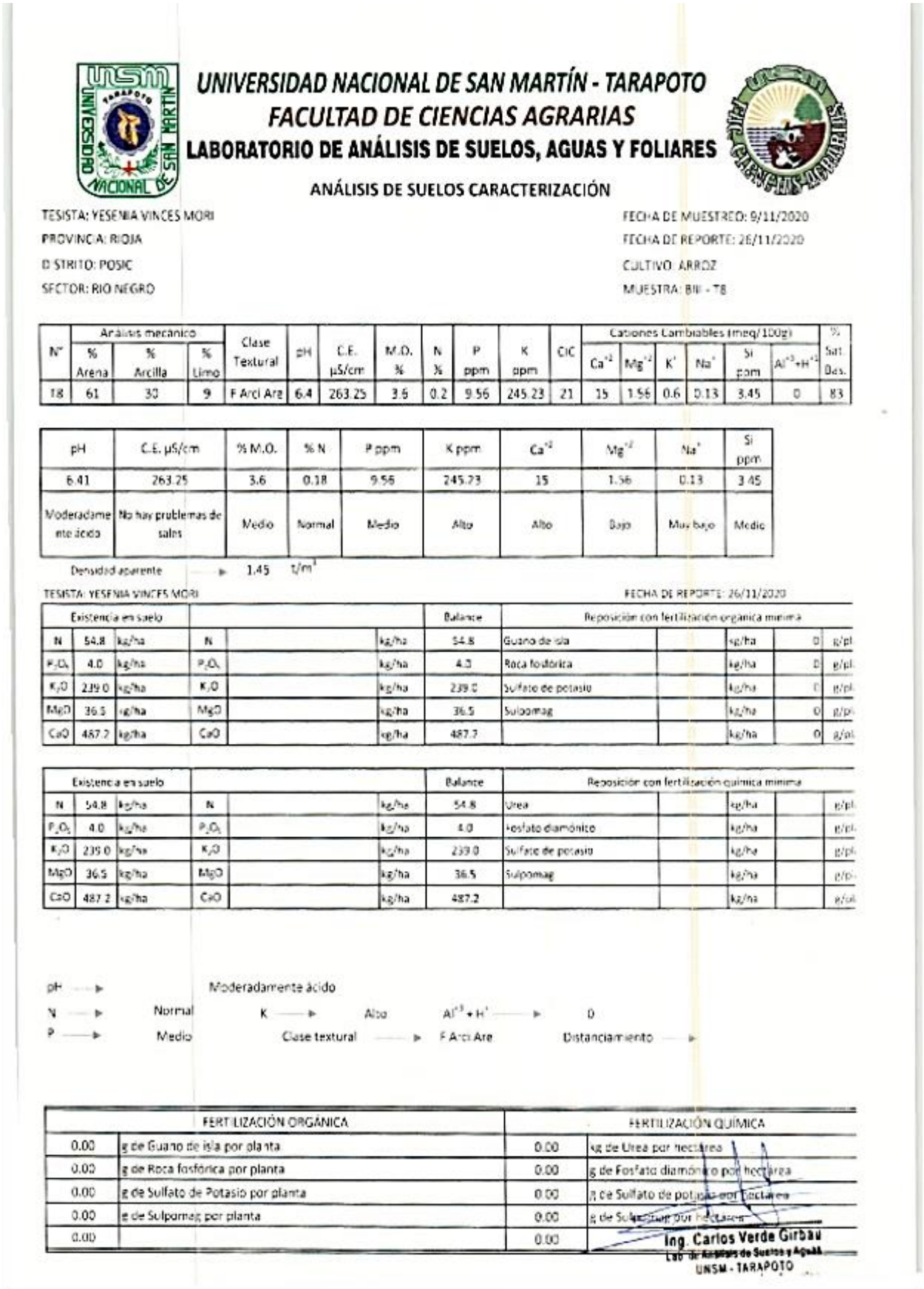
| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 45.7 | kg/ha | N | | kg/ha | 45.7 | Urea | | kg/ha | | g/planta |
| $P_2O_5$ | 3.4 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 3.4 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/planta |
| $K_2O$ | 191.3 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 191.3 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/planta |
| MgO | 22.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 22.5 | Sulpomag | | kg/ha | | g/planta |
| CaO | 393.7 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 393.7 | | | kg/ha | | g/planta |

pH ⟶ Moderadamente ácido
N ⟶ Normal — K ⟶ Medio — $Al^{+3} + H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Arci Ar — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.23.** Bloque III, Tratamiento 7.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**

**ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN**

TESISTA: YESENIA VINCES MORI
PROVINCIA: RIOJA
DISTRITO: POSIC
SECTOR: RIO NEGRO

FECHA DE MUESTREO: 9/11/2020
FECHA DE REPORTE: 26/11/2020
CULTIVO: ARROZ
MUESTRA: BIII - T8

| N° | Análisis mecánico | | | Clase Textural | pH | C.E. µS/cm | M.O. % | N % | P ppm | K ppm | CIC | Cationes Cambiables (meq/100g) | | | | | | % Sat. Bas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % Arena | % Arcilla | % Limo | | | | | | | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | Si ppm | $Al^{+3}+H^{+2}$ | |
| T8 | 61 | 30 | 9 | F Arci Are | 6.4 | 263.25 | 3.6 | 0.2 | 9.56 | 245.23 | 21 | 15 | 1.56 | 0.6 | 0.13 | 3.45 | 0 | 83 |

| pH | C.E. µS/cm | % M.O. | % N | P ppm | K ppm | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | Si ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.41 | 263.25 | 3.6 | 0.18 | 9.56 | 245.23 | 15 | 1.56 | 0.13 | 3.45 |
| Moderadamente ácido | No hay problemas de sales | Medio | Normal | Medio | Alto | Alto | Bajo | Muy bajo | Medio |

Densidad aparente ⟶ 1.45 $t/m^3$

TESISTA: YESENIA VINCES MORI — FECHA DE REPORTE: 26/11/2020

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización orgánica mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 54.8 | kg/ha | N | | kg/ha | 54.8 | Guano de isla | | kg/ha | 0 | g/pl |
| $P_2O_5$ | 4.0 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.0 | Roca fosfórica | | kg/ha | 0 | g/pl |
| $K_2O$ | 239.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 239.0 | Sulfato de potasio | | kg/ha | 0 | g/pl |
| MgO | 36.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 36.5 | Sulpomag | | kg/ha | 0 | g/pl |
| CaO | 487.2 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 487.2 | | | kg/ha | 0 | g/pl |

| Existencia en suelo | | | | | | Balance | Reposición con fertilización química mínima | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 54.8 | kg/ha | N | | kg/ha | 54.8 | Urea | | kg/ha | | g/pl |
| $P_2O_5$ | 4.0 | kg/ha | $P_2O_5$ | | kg/ha | 4.0 | Fosfato diamónico | | kg/ha | | g/pl |
| $K_2O$ | 239.0 | kg/ha | $K_2O$ | | kg/ha | 239.0 | Sulfato de potasio | | kg/ha | | g/pl |
| MgO | 36.5 | kg/ha | MgO | | kg/ha | 36.5 | Sulpomag | | kg/ha | | g/pl |
| CaO | 487.2 | kg/ha | CaO | | kg/ha | 487.2 | | | kg/ha | | g/pl |

pH ⟶ Moderadamente ácido
N ⟶ Normal — K ⟶ Alto — $Al^{+3}+H^{+}$ ⟶ 0
P ⟶ Medio — Clase textural ⟶ F Arci Are — Distanciamiento ⟶

| FERTILIZACIÓN ORGÁNICA | | FERTILIZACIÓN QUÍMICA | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | g de Guano de isla por planta | 0.00 | kg de Urea por hectárea |
| 0.00 | g de Roca fosfórica por planta | 0.00 | g de Fosfato diamónico por hectárea |
| 0.00 | g de Sulfato de Potasio por planta | 0.00 | g de Sulfato de potasio por hectárea |
| 0.00 | g de Sulpomag por planta | 0.00 | g de Sulpomag por hectárea |
| 0.00 | | 0.00 | |

Ing. Carlos Verde Girbau
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
UNSM - TARAPOTO

**Figura 16.24.** Bloque III, Tratamiento 8.

**Figura 17.** Registro Fotográfico.

**Figura 17.1.** Recolección de ceniza de cáscara de arroz fresca brindada por la ladrillera "Cerámicos Prisma".

**Figura 17.2.** Preparación del almacigo, voleo de semilla y almácigo.

**Figura 17.3.** Diseño de bloques y unidades experimentales, campo definitivo.

**Figura 17.4.** Incorporación de la ceniza de cáscara de arroz por tratamiento y trasplante de plántulas de arroz.

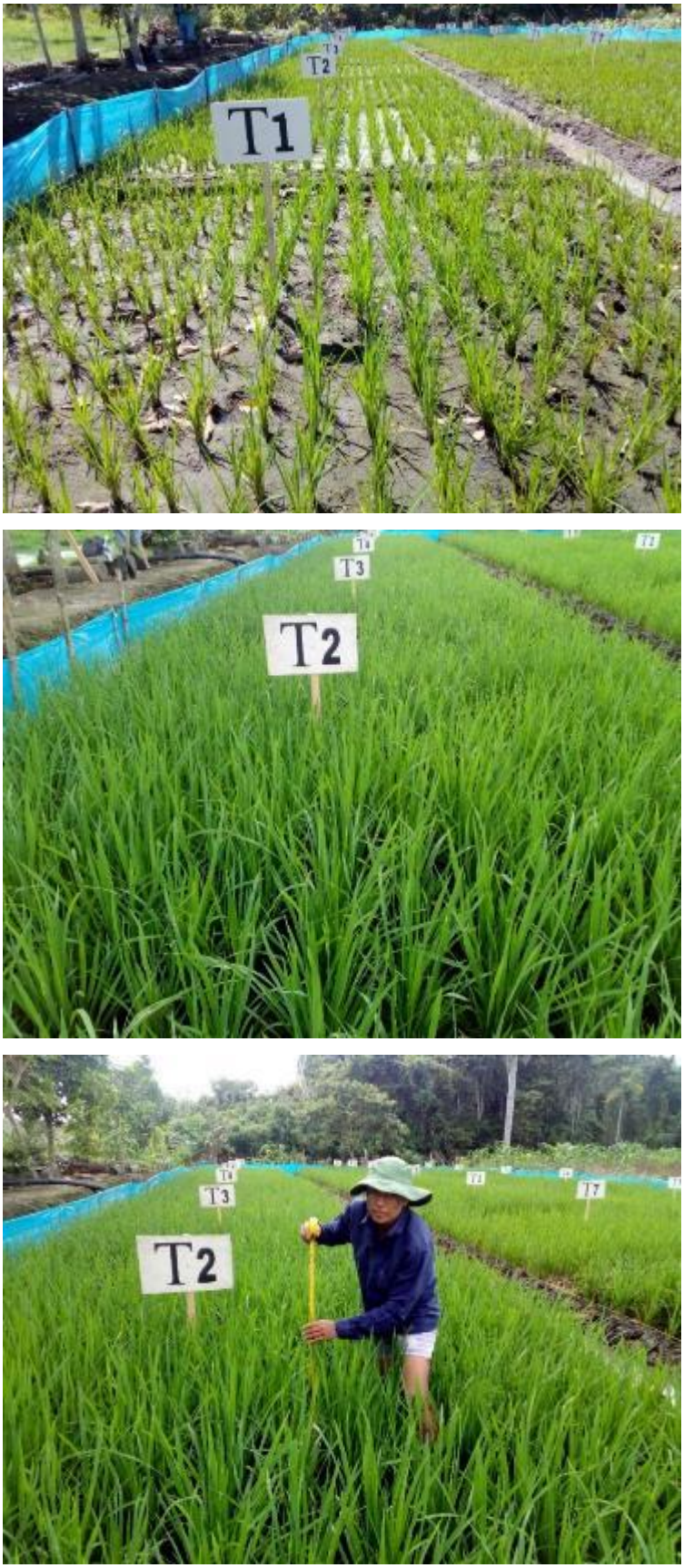



**Figura 17.5.** Arroz a los 15 y 60 días después del trasplante, evaluación de altura de planta.

**Figura 17.6.** Visita de supervisión del Presidente de Jurado de la tesis.

**Figura 17.7.** Campo a tiempo de cosecha, 1 $m^2$ de área de cosecha y trilla manual de la cosecha muestral.

**Figura 17.8.** Determinación de humedad de granos, peso de muestras de granos y muestreo final de suelos por tratamiento.

**Figura 17.9.** Peso de hojas y raíces secas en estufa. Muestras para determinación de calidad molinera.