

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS EMPLEANDO
COMO SISTEMA DE RIEGO LAS AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EN
LA ZONA ARROZAL LA ANTIOQUEÑA EN EL MUNICIPIO DE CURUMANI-
CESAR**



AUTORES:

EDER ENRIQUE TORRES CARRILLO

JORGE LUIS CHARRY ARROYO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR-CESAR
2021**

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS EMPLEANDO
COMO SISTEMA DE RIEGO LAS AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EN
LA ZONA ARROZAL LA ANTIOQUEÑA EN EL MUNICIPIO DE CURUMANI
CESAR**

AUTORES:

**EDER ENRIQUE TORRES CARRILLO
JORGE LUIS CHARRY ARROYO**

trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título
de: **Ingeniera Ambiental Y Sanitaria**

DIRECTOR:

ORLANDO ENRIQUE RUBIANO LARA
Ingeniero agrónomo especialista en suelos

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR-CESAR
2021**

Nota de aceptación

Jurado 1

Jurado 2

Valledupar, 2021



El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR en especial a los profesores de la facultad de ciencias y tecnológicas, quienes con sus conocimientos aportaron a nuestro crecimiento académico adquirida a lo largo de los años.

A nuestros padres, por impulsarnos a ser cada día una mejor persona y enseñarnos la importancia de la perseverancia en la consecución de nuestros objetivos.

Al director y asesores del presente trabajo quienes con sus experiencias nos direccionaron para cumplir con cada uno de los objetivos planteados en este estudio.

En general, a todos los que se vieron involucrados con este trabajo, les agradecemos profundamente por su apoyo y compromiso

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.1.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	25
1.2.	SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	25
2.	JUSTIFICACIÓN.....	26
3.	OBJETIVOS.....	28
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	28
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	28
4.	MARCO REFERENCIAL.....	29
4.1.	ANTECEDENTES.....	29
4.1.1.	INTERNACIONALES.....	29
4.1.2.	NACIONALES.....	32
4.2.	MARCO TEORICO.....	34
4.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	44
4.4.	MARCO LEGAL.....	51
4.5.	MARCO CONTEXTUAL.....	54
4.5.1.	CURUMANÍ-CESAR.....	54
4.5.2.	Localización Geográfica del Municipio de Curumani Cesar.....	55
4.5.3.	Limites.....	56
4.5.4.	Región la Antioqueña.....	56
4.5.5.	Clima.....	56
4.5.6.	Economía.....	57
4.5.7.	Agricultura.....	57
4.5.8.	Actividad Forestal.....	57
4.5.9.	Ladrilleras.....	57
4.5.10.	Sistema de Tratamiento de Agua Residual (Alcantarillado).....	58
5.	MARCO METODOLOGICO.....	59
5.1.	HIPÓTESIS.....	59
5.1.1.	Hipótesis nula (H_0 ; $T_1 = T_2$).....	59
5.1.2.	Hipótesis alternativa (H_i ; $T_1 \neq T_2$).....	59
6.	METODOLOGÍA.....	60
6.1.	LINEA DE INVESTIGACIÓN.....	60
6.2.	SUB-LÍNEA.....	60
6.3.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	60
6.3.1.	Descriptiva.....	60

6.3.2.	Exploratoria	61
6.3.3.	Nivel de la investigación	61
6.4.	POBLACIÓN	61
6.5.	MUESTRA	62
6.6.	SELECCIÓN DE PARCELAS.....	62
7.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	65
7.1.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	65
8.	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA.....	66
8.1.	ETAPA 1. EVALUAR A LO LARGO DE LA LÍNEA DE RIEGO EL SUSTRATO FÉRTIL DE LAS AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EMPLEADAS EN EL SISTEMA.....	66
8.1.1.	Actividad 1. Visita al sitio de estudio al momento de la siembra	66
8.1.2.	Actividad 2. Toma de muestras	66
8.1.3.	Actividad 3. Análisis de la muestra en laboratorio de los siguientes parámetros	74
8.2.	ETAPA 2. ESTABLECER UN CULTIVO DE ARROZ (<i>ORYZA SATIVA</i>) PARA DETERMINAR EL EFECTO NUTRICIONAL Y ASÍ MISMO CUANTIFICAR LA INFLUENCIA DEL EMPLEO DE ESTA AGUA.....	75
8.2.1.	Actividad 1. Experimento a escala laboratorio	75
8.2.2.	Actividad 2. Toma de muestras vegetales	79
8.2.3.	Actividad 3. Análisis en la planta	79
8.3.	ETAPA 3. DETERMINAR LOS BENEFICIOS EN EL USO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EN LOS SUELOS BASE DEL ESTUDIO	81
8.3.1.	Actividad 1. Determinar ventajas y desventajas en el empleo de esta agua en la zona arrocera.....	81
8.3.2.	Actividad 2. Encuesta agricultores.....	82
8.3.3.	Actividad 3. Procesamiento y análisis de la información	83
9.	RESULTADOS Y ANALISIS	84
9.1.	VISITA AL SITIO DE ESTUDIO AL MOMENTO DE LA SIEMBRA.....	84
9.2.	RESULTADOS DE LA TOMA DE MUESTRAS	84
9.2.1.	Muestra del agua superficial	84
9.3.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO	85
9.3.1.	Teniendo en cuenta la RESOLUCIÓN NÚMERO 1207 DE 2014 (julio 25) por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.95	
9.3.2.	ARTÍCULO 7°. CRITERIOS DE CALIDAD. El uso de agua residual tratada deberá cumplir previamente los siguientes criterios de calidad:.....	96
9.4.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	100
9.4.1.	Textura	100

9.5.	ANTES DE LA COSECHA	102
9.5.1.	Resultados de los análisis físicos	102
9.5.2.	Resultados de los análisis químicas	102
9.5.3.	Resultados de los análisis microbiológicos	104
9.6.	POSTERIOR A LA COSECHA.....	104
9.6.1.	Resultados de los análisis físicos	104
9.6.2.	Resultados de los análisis químicos	104
9.6.3.	Resultados de los análisis microbiológicos	106
9.7.	PARÁMETROS FÍSICOS	106
9.7.1.	Densidad real	106
9.7.2.	Densidad aparente	107
9.7.3.	% porosidad	108
9.8.	PARÁMETROS QUÍMICOS	109
9.8.1.	PH	109
9.8.2.	Conductividad eléctrica.....	110
9.8.3.	Capacidad intercambio catiónico	110
9.8.4.	Materia orgánica.....	111
9.8.5.	Carbono orgánico	113
9.9.	MICRONUTRIENTES	114
9.9.1.	Fosforo disponible	114
9.9.2.	Azufre disponible	115
9.9.3.	Calcio disponible	116
9.9.4.	Magnesio disponible.....	117
9.9.5.	Potasio disponible	118
9.9.6.	Nitrógeno total	119
9.10.	MACRONUTRIENTES	121
9.10.1.	Boro disponible.....	121
9.11.	PORCENTAJE DE SATURACIONES DE BASES.....	122
9.12.	ELEMENTOS TRANZAS	123
9.12.1.	Hierro disponible.....	123
9.12.2.	Cobre disponible.....	124
9.12.3.	Manganeso disponible.....	126
9.12.4.	Zinc disponible	127
9.12.5.	Sodio disponible	128
9.13.	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	129
9.13.1.	Bacterias mesófilas aerobias	129

9.13.2.	Hongos totales (mohos y levaduras).....	130
9.13.3.	Actinomicetos	131
9.14.	RESULTADOS DEL EXPERIMENTO EN MACETAS	132
9.14.1.	Precipitaciones durante el experimento a escala laboratorio	138
9.15.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EN LAS PLANTAS DE ARROZ	141
9.15.1.	Contenido químico en la planta	142
9.15.2.	Ensayo 2 hojas y grano	142
9.15.3.	Ensayo 3 hojas y grano	142
9.15.4.	Ensayo 4 (hojas y granos)	143
9.16.	MORFOLOGÍA DE LA PLANTA.....	148
9.16.1.	Rendimiento del grano por maceta.....	151
9.16.2.	Centro blanco	152
9.16.3.	Longitud del grano.....	155
9.17.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL EMPLEO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZONA ARROCERA	156
9.17.1.	Ventajas	156
9.17.2.	Desventajas.....	157
9.18.	RESULTADOS DE LAS ENCUESTA A LOS AGRICULTORES.....	157
9.18.1.	Variedad de arroz utilizada	158
9.18.2.	Producción por hectárea.....	159
9.18.3.	Procedencia del agua.....	160
9.18.4.	Tipo de abonado.....	161
9.19.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	161
9.19.1.	Modelo lineal general: producción (gr) vs. tratamiento; bloque	162
9.19.2.	Análisis de varianza (ANOVA).....	162
9.19.3.	Modelo lineal general: altura (cm) vs. tratamiento; bloque	164
9.19.4.	Análisis de Varianza (ANOVA)	165
10.	CONCLUSIONES.....	167
11.	RECOMENDACIONES.....	172
	BIBLIOGRAFÍA.....	174
	ANEXOS	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativa vigente.....	51
Tabla 2. Características de los recipientes para los análisis fisicoquímicos y preservación aplicada	68
Tabla 3. Características de los recipientes para los análisis microbiológicos y preservación aplicada	68
Tabla 4. Rangos de centro blanco del grano	80
Tabla 5. Rangos de longitud del grano	81
Tabla 6. Fichas de encuestas agricultores	83
Tabla 7. Resultados de análisis fisicoquímicos en muestra de agua superficial	86
Tabla 8. Resultados de análisis microbiológicos en muestra de agua superficial	87
Tabla 9. Comparativa de valores limites permisible según RS 1207 del 2014 frente a los resultados de los análisis del agua para el reusó en sistema de riegos en cultivos de arroz.....	97
Tabla 10. Resultados de los análisis de textura antes de la cosecha.....	101
Tabla 11. Resultados de los análisis físicos antes de la cosecha	102
Tabla 12. Resultados de los análisis químicos antes de la cosecha	102
Tabla 13. Resultados del análisis microbiológico antes de la cosecha	104
Tabla 14. Resultados de los análisis físicos antes de la cosecha	104

Tabla 15. Resultados de del laboratorio de análisis químicos antes de la cosecha	104
Tabla 16. Resultados de los análisis microbiológicos posterior a la cosecha.	106
Tabla 17. Valores óptimos de materia orgánica en función del contenido de arcilla de un suelo.	113
Tabla 18. Caracterización del agua proveniente de la quebrada San pedro destinada para el ensayo 3	133
Tabla 19. Observaciones a lo largo del ciclo del cultivo a escala	135
Tabla 20. Datos del pluviómetro	138
Tabla 21. Ensayo 2 parámetros químicos en hojas	142
Tabla 22. Ensayo 2 parámetros químicos en grano	142
Tabla 23. Ensayo 3 parámetros químicos en hojas	142
Tabla 24. Ensayo 3 parámetros químicos en el grano	143
Tabla 25. Ensayo 4 parámetros químicos en hojas	143
Tabla 26. Ensayo 4 parámetros químicos en el grano	143
Tabla 27. Proyección de la producción a escala cultivo	152
Tabla 28. Resultados e interpretacion de centro blanco para cada grano por ensayo	154
Tabla 29. Promedios de la longitud de granos por ensayo.....	155
Tabla 30. Resultados de excuesta agricultores (variedad utilizada).....	158
Tabla 31. Resultados de excuesta agricultores (producción por hectárea)	159

Tabla 32. Resultados de encuesta agricultores (procedencia del agua)	160
Tabla 33. Resultados de encuesta agricultores (tipo de abonado)	161
Tabla 34. Producción frente a bloques y tratamientos.....	162
Tabla 35. Información del factor	162
Tabla 36. Analisis de varianza (ANOVA).....	163
Tabla 37. Alturas frente a bloques y tratamientos.	164
Tabla 38. Información del factor	165
Tabla 39. Análisis de varianza (ANOVA).....	165
Tabla 40. Cantidad de nutrientes aportados en el plan de fertilización	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interpretación de análisis de suelo. Centro de investigación agronómicas, universidad de costa rica.....	37
Figura 2. Morfología y fases de la planta de arroz	44
Figura 3. Morfología y fases de la planta de arroz	44
Figura 4. Levantamiento topográfico del municipio de curumani con sus respectivos afluentes san Ignacio y la cubana.....	54
Figura 5. Región la Antioqueña.....	55
Figura 6. Area superficial de la region la antioqueña	55
Figura 7. Plano de las lagunas de estabilización del municipio de curumani...	58
figura 8. Finca de Don Felipe	62
Figura 9. Parcelas	63
Figura 10. Zona de muestreo	64
Figura 11. Zona de muestreo de agua superficial	67
Figura 12. Líneas directrices	70
Figura 13. Ubicación espacial puntos de muestreo.....	71
Figura 14. Etiquetas para los puntos de sondeo	72
Figura 15. Diseño de la estructura del cultivo	77
Figura 16: Escala de centro blanco	80
Figura 17. Rangos de longitud del grano	81

Figura 18. Ubicación del punto de muestreo.....	85
Figura 19. Cotas en la parcela 1	90
Figura 20. comportamiento del riego parcela 1	92
Figura 21. curvas de nivel, zona de estudio.....	93
Figura 22. Distancia de pozos artesanales al canal de riego	94
Figura 23. Nivel Freático a lo largo de la linea de riego	95
Figura 24. Procedimiento de siembra para el cultivo a escala	135
Figura 25. Contenido químico para hojas y granos de cada ensayo.....	144
Figura 26. Morfología de nuestras plantas de arroz.....	148
Figura 27. Altura de la planta por maceta	149
Figura 28. Alturas promedias	150
figura 29. Producción por maceta	151
Figura 30. Centro blanco para granos del ensayo 2	153
Figura 31. Centro blanco para granos del ensayo 3	153
Figura 32. Centro blanco para granos del ensayo 4	154
Figura 33. Medidas de granos por ensayo.....	155
Figura 34. Distribución	164
Figura 35. Distribución	166

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Valores límites permisibles de coliformes frente a los resultados de los análisis del agua para la reutilización.....	98
Grafica 2. Valores límites permisibles de nitratos según la RS 1207 2014 frente a resultados de los análisis del agua para la reutilización	99
Grafica 3. Valores límites permisibles de hierro según la RS 1207 2014 frente a resultados de los análisis del agua para la reutilización	99
Grafica 4. Textura % de (limo, arcilla y arena)	101
Grafica 5. Densidad real para antes y después de la cosecha	107
Grafica 6. Densidad aparente para antes y después de la cosecha	108
Grafica 7. % de porosidad para antes y después de la cosecha	108
Grafica 8. PH para antes y después de la cosecha	109
Grafica 9. Conductividad eléctrica para antes y después de la cosecha	110
Grafica 10. (C.I.C) para antes y después de la cosecha.....	111
Grafica 11. Materia orgánica para antes y después de la cosecha.....	112
Grafica 12. Carbono disponible para antes y después de la cosecha.....	113
Grafica 13. Fosforo disponible para antes y después de la cosecha	114
Grafica 14. Fosforo disponible para antes y después de la cosecha	116
Grafica 15. Calcio disponible para antes y después de la cosecha	117
Grafica 16. Magnesio disponible para antes y después de la cosecha.....	118
Grafica 17. Potasio disponible para antes y después de a la cosecha	119

Grafica 18. Nitrógeno total para antes y después de la cosecha	120
Grafica19. Boro disponible para antes y después de la cosecha.....	121
Grafica 20. % de saturaciones para antes y después de la cosecha	122
Grafica 21. Hierro disponible para antes y después de la cosecha.....	123
Grafica 22. Cobre disponible para antes y después de la cosecha.....	125
Grafica 23. Manganeso disponible para antes y después de la cosecha.....	126
Grafica 24. Zinc disponible para antes y después de la cosecha.....	127
Grafica 25 .sodio disponible para antes y después de la cosecha.....	128
Grafica 26. Recuento de bacterias mesófilas aerobias antes y después de la cosecha	129
Grafica 27. Recuento de hongos totales (mohos y levaduras) para antes y después de la cosecha	130
Grafica 28. Recuento de actinomicetos para antes y después de la cosecha	131
Grafica 29. Precipitación total mensual.....	139
Grafica 30. Precipitación total en cada día del mes	140
Grafica 31. Días de mayor precipitación por mes	141
Grafica 32. Elementos químicos en plantas del ensayo 2.....	145
Grafica 33. Elementos químicos en plantas del ensayo 3.....	146
Grafica 34. Elementos químicos en plantas del ensayo 4.....	147
Grafica 35. Tasa de uso por variedad de semilla	158

Grafica 36. Promedios de produccion por hectareas 159

Grafica 37. Procedencias de las aguas para riego..... 160

Grafica 38. Resultados de excuesta agricultores (tipo de abonado)..... 161

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. % porosidad74

Ecuación 2. Cantidad de arroz a sembrar por recipiente (kg).....78

Ecuación 3. Kg de grasas y aceites que trasporta el canal de riego por día88

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Visita al sitio de estudio.....	180
ANEXO 2. Inicio de la cosecha en la zona de estudio.....	181
ANEXO 3. Fase intermedia de la cosecha	182
ANEXO 4. Fase final de la cosecha.....	183
ANEXOS 5. Toma de muestra de agua superficial.....	183
ANEXO 6. Resultados de los análisis fisicoquímicos en muestra de agua superficial.....	184
ANEXO 7. Eutrofización en cuerpos de agua aledaños a la párela 1	185
ANEXO 8. Pozos artesanales próximos a la línea de riego	185
ANEXO 9. Toma de muestra del suelo.....	186
ANEXO 10. Análisis en laboratorios de los parámetros físicos del suelo	187
ANEXO 11. Resultados de parámetros físicos del suelo.....	188
ANEXO 12. Resultados de los parámetros químicos del suelo para antes de la cosecha	189
ANEXO 13. Resultados de los parámetros químicos del suelo para antes de la cosecha	190
ANEXO 14. Proceso de oxidación del hierro en las raíces.....	191
ANEXO 15. Resultados de los parámetros microbiológicos del suelo para antes y después de la cosecha	191
ANEXO 16. Resultados de las muestras de aguas usadas para el ensayo 3	192

ANEXO 17. Experimento a escala laboratorio	193
ANEXO 18. Pluviómetro	194
ANEXO 19. Etapa de germinación	194
ANEXO 20. Etapa de Macollamiento	195
ANEXO 21. Fase de maduración.....	195
ANEXO 22. Resultados de los parámetros químicos en la planta	196
ANEXO 23. Morfología de las plantas	198
ANEXO 24. Producción de granos por ensayo	200
ANEXO 25. Encuesta agricultores.....	200
ANEXO 26. Uso del programa estadístico minitab 18.1	202
ANEXO 27. Desembocadura del canal de riego en la quebrada SAN PEDRO.	203

INTRODUCCIÓN

El hombre es el gran generador de residuos en el planeta, con el aumento de la población a nivel mundial y con el desarrollo industrial la producción de residuos de distinta índole ha crecido de manera exponencial, dentro de los cuales se encuentran las aguas residuales domésticas, para evitar una mayor degradación medioambiental, normalmente se procesan estas aguas en las llamadas plantas de tratamientos de aguas residuales mediante una serie de procesos fisicoquímicos y/o biológicos.

Estos tratamientos provocan la generación de nuevos subproductos como son los lodos o fangos y aguas residuales depuradas, y aunque de esta manera se consigue eliminar un problema se origina otro. Por tanto, la dificultad que supone el aumento de la demanda de agua existente hoy en día, especialmente en algunas zonas como es el caso de la región arrozal la antioqueña en el municipio de Curumani Cesar y la necesidad de buscar una aplicación a las aguas residuales doméstica por consiguiente una buena solución es reutilizar los efluentes de los sistemas de tratamiento ya que suponen una fuente alternativa de agua y al mismo tiempo minimizan la eliminación de los residuos líquidos.

El sistema de riego empleado en el cultivo de arroz en la zona arrozal es el riego por inundación el cual satisface su demanda hídrica a través de una serie de canales que distribuyen en las diferentes parcelas el agua residual depurada provenientes del sistema municipal de tratamiento, el cual consiste en una serie de lagunas de estabilización ubicadas a 1,48 km de la zona de cosecha. La empresa de servicios públicos ACUACUR E.S.P nos brindan toda la información relacionada con la calidad del agua y el caudal vertido, y su porcentaje reutilizada para la agricultura.

Con base en esto hemos planteado una propuesta de estudiar los efectos que podrían tener el uso de agua residual de origen urbano para los sistemas de riego en la zona arrozal, analizando los suelos agrícolas pero sin dejar de lado

el entorno desde punto de vista de la composición química de la interacción agua-suelo y con ella la incidencia en el cultivo del arroz en esta área y su entorno, este se llevará a cabo en la zona arrozal, región la Antioqueña del municipio Curumani Cesar, cuya zona se caracteriza por presentar suelos productivos.

Teniendo en cuenta las investigaciones anteriormente llevadas a cabo por distintos autores, enfocados en el estudio de suelos que han sido regados con este tipo de aguas teniendo algunas causas afectación y características similares, podemos ver la viabilidad en las técnicas a efectuar, por la relación y similitud de la metodología usada.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En 1989 la (OMS) “Organización Mundial de la Salud” planteo el importante papel que puede desempeñar la reutilización de las aguas residuales en la administración de los valiosos recursos hídricos como sustituto del agua natural empleada en el riego agrícola. Como consecuencia de esto, el resto de los recursos hídricos quedan liberados para otros usos que requieren una mayor calidad, como es el empleo para sistemas de tratamiento de agua potable, lo que implica además un menor agotamiento de estos recursos y un inferior coste del agua. (ASANO Y MUJERIEGO (1994)).

La reutilización de las aguas residuales es una actividad que se ha llevado a cabo con frecuencia dentro del ciclo hidrológico. Desde siempre estas aguas han sido utilizadas, vertidas y captadas de nuevo para su uso de forma sistemática. Las aguas residuales procedentes de los sistemas de tratamientos suponen la continuidad de caudales más o menos constantes, lo que hace que muchos agricultores las tengan en consideración como una fuente importante de recursos. (ASANO & MUJERIEGO (1994))

La experiencia que tienen países como; ESTADOS UNIDOS, ISRAEL, JAPÓN y algunos de la UNION EUROPEA, en cuanto a sus respectivas recomendaciones y normativas ambientales no permiten que los responsables de la gestión de los recursos hídricos suministren aguas sin tratamiento por lo que la reutilización de este recurso en la agricultura generaría un riesgo para el usuario intermedio y final. Como consecuencia de estas normativas los procesos de tratamiento, regeneración o recuperación se han hecho imprescindibles en todos los casos donde se pretenda reutilizar estas aguas, teniendo una importancia especial la desinfección como proceso final antes del vertimiento dando como resultado la calidad biológica de acuerdo con las normas más restrictivas. (JUANICO, SHELEF, & VIKINSKY (1997)).

En Colombia la norma que rige la reutilización de las aguas residuales tratadas para el uso en sistemas de riego agrícolas es el decreto 3930 del 2010 y la resolución 1207 del 2014 la cual define y promueve el rehusó de aguas residuales a través de los planes de reconversión a las tecnologías limpias en gestión de vertimientos. Según Silva, Torres y Madera (2008) en el país el reúso de aguas residuales domésticas tratadas en la agricultura tienen un problema y es el bajo porcentaje de esas aguas que cumplen con las normativas exigidas para llevar a cabo esta práctica. De acuerdo con el Ministerio de agricultura (2011), mediante el Proyecto: Desarrollo de capacidades en el uso seguro de aguas residuales para agricultura, Colombia cuenta una superficie irrigada con aguas residuales de 1230.193 hectáreas, con 27% de agua residual tratada y 73% sin tratar, por lo general diluida con aguas superficiales.

El sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) municipal vierte el recurso hídrico mediante una canal de 1.48 km de longitud sin revestimiento en el caño SAN IGNACIO y este a su vez desemboca en la quebrada SAN PEDRO, este sistema comenzó a operar a mediados de 1994 desde entonces en la región la Antioqueña en donde es común el cultivo de arroz, se realiza el uso del efluente para alimentar el sistema de riego sin ningún tipo de estudios sobre la calidad del agua, su posible afectación o beneficio y con ella la incidencia en el cultivo del arroz en esta área y su entorno.

En la región la Antioqueña se pueden evidenciar algunas problemáticas surgidas por el empleo de esta agua en la agricultura a lo largo de los años. Así, aparecen problemas como el exceso de nutrientes contenidos en el agua de riego, en el caso del nitrógeno disminuye las especies vegetales y modifica el funcionamiento y composición de los hábitats nativos, además se ha identificado que el exceso de fósforo implica una más rápida eutrofización en algunos cuerpos de agua superficial, en cuanto a los metales pesados que puede contener el agua existe la posibilidad de que estos pasen al cultivo y de ahí al consumidor, o bien acumularse en el suelo o en las quebradas siguiendo la cadena trófica del ecosistema de la zona.

Ahora bien, uno de los problemas más graves que se presentan en la zona según los habitantes aledaños es causado por la presencia del efluente del STAR el cual a través de un canal recorre algunos previos privados sin consentimiento de los propietarios, esto ha generado un conflicto a lo largo de los años entre los parceleros y las administraciones municipales, ya que muchos agricultores no tienen los recursos o la maquinaria para realizar obras de mantenimiento que garanticen un óptimo funcionamiento de estos canales, lo que permitiría un mejor aprovechamiento de este recurso por parte de los agricultores.

También es importante mencionar la afección en la salud de quienes ocupan la labor de “paleros” los cuales tienen la tarea de asegurar que el cultivo de arroz se mantenga encharcado en toda su superficie de siembra usando una herramienta en forma de pala con la cual direccionan los canales que conducen el agua dentro de la parcela, por lo tanto este trabajo requiere estar con los pies sumergidos en el agua alrededor de 5 horas al día a lo largo del periodo de inundación de la planta, estos trabajadores emplean un calzado que mantiene sus pies aislados, pero en diferentes ocasiones por descuido tienden a no tener en cuenta el uso de las “botas pantaneras” teniendo contacto directo con esta agua lo que ha generado lesiones como pérdida de uñas e infecciones en la planta de los pies llevando al deterioro de la piel.

Asimismo se reportan casos de Anaplasmosis presentes en algunos bovinos siendo esta una enfermedad producida por la proliferación de vectores, moscas y tábanos, además otro fenómeno presente es la Fasciola hepática que es catalogada como enfermedad hemoparasitaria producida por el agua estancada y contaminada con heces fecales, en este momento el agua es utilizada solo para sistemas de riego en cultivo de arroz y como algunas parcelas carecen de sistemas de bebederos o fuentes hídricas naturales el ganado se ve obligado a satisfacer su necesidad de hidratarse con las aguas que abastecen estos canales de riego.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Una vez analizando la problemática en la zona arrozal la antioqueña, es necesario precisar.

¿Podría ser el uso del agua residual tratada en los sistemas de riego para el cultivo de arroz en la zona arrozal la antioqueña una alternativa viable para la reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua?

1.2. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ✓ ¿Podría la planta de arroz asimilar nutrientes en niveles nocivos para su desarrollo como posterior producto de consumo humano?
- ✓ ¿Puede ayudar la planta como el suelo a una reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, especialmente de sustancias no consideradas como contaminantes primarios pero que tienen un efecto muy perjudicial a largo plazo ?
- ✓ ¿La reutilización planificada de esta agua residual tratada podría contribuir a la productividad sostenible de estos suelos agrícolas?

2. JUSTIFICACIÓN

Con este tipo de estudios buscamos tener una información base ante la ausencia de previas investigaciones en esta zona.

Este proyecto plantea el estudio de la calidad del suelo agrícola de una zona arrozal, la cual emplea la reutilización de agua residual tratada, es importante realizarlo ya que de esta manera podemos conocer algunos parámetros que nos brindaran información acerca del empleo de estas aguas como sistemas de riegos, con la información obtenida de los análisis extraeremos los efectos negativos y positivos lo que implica poder diseñar métodos y técnicas de producción agrícola viables y económicas que van de la mano con un desarrollo sostenible y ambiental.

Unas de estas técnicas es la reutilización planificada dentro de un marco legal de las aguas residuales en la región, alimentando los sistemas de riego para cultivos de arroz, esto puede reportar importantes ventajas como: la disminución de los costes de tratamiento y vertido del agua residual, la reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, un aprovechamiento del agua y de los compuestos nutritivos contenidos en ella si se utiliza para el riego, una mayor regularidad y fiabilidad del caudal de agua disponible.

Por lo tanto, la gran dificultad que supone el aumento de la demanda hídrica existente hoy en día y que en un futuro será un tema de mayor cuidado, especialmente en algunas zonas del departamento como es el caso de la región Antioqueña en el municipio de Curumaní, y la necesidad de buscar una aplicación a las aguas residuales domésticas, una buena solución es reutilizar los efluentes de las STAR ya que suponen una fuente alternativa.

Con estas técnicas ya mencionadas podemos brindar a los agricultores una mejor óptica para el diseño en los sistemas de riego, los condicionamientos técnicos al plantear un proyecto de reutilización planificada de efluentes con éxito se pueden situar en las siguientes etapas: planificación, tratamiento, distribución y aplicación. lo que nos puede permitir la explotación agrícola de algunas zonas de las que no se tiene acceso a ningún otro recurso hídrico y así aumentar las hectáreas de siembra.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la calidad de los suelos agrícolas empleando como sistema de riego las aguas residuales depuradas en la zona arrozal la antioqueña en el municipio de Curumaní cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Evaluar a lo largo de la línea de riego el sustrato fértil de las aguas residuales depuradas empleadas en el sistema.
- ✓ Establecer un cultivo de arroz (*Oryza sativa*) para determinar el efecto nutricional y así mismo cuantificar la influencia del empleo de esta agua.
- ✓ Determinar los beneficios en el uso de las aguas residuales depuradas en los suelos base del estudio.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

4.1.1. INTERNACIONALES

En este trabajo se Evaluó el efecto de rotaciones arroceras sobre la población de cianobacterias durante el ciclo de cultivo. El estudio se condujo en Entre Ríos (Argentina). Se evaluaron cuatro rotaciones: arroz-soja (AS); arroz-soja-maíz-soja (ASMS); arroz-arroz (AA) y arroz-pradera (AP). Muestras de suelo y agua se tomaron en cuatro estados del cultivo: implantación, macollaje, panoja embuchada y madurez fisiológica. El número potencial de cianobacterias fue menor en relación con otras áreas arroceras. Los menores recuentos se registraron en el período de implantación y los mayores en el de panoja embuchada. El análisis estadístico no mostró efecto de las rotaciones sobre el número de cianobacterias, aunque AA presentó la mayor abundancia. Se reconocieron un total de 13 géneros de cianobacterias Lingada, Oscillatoria, Plectonema, Spirulina, Anabaena, Nostoc, Aulosira, Calothrix, Gloeotrichia, Aphanocapsa, Croococcus, Myrocystis y Gloeocapsa. La rotación AP registró la riqueza de géneros. Las rotaciones AS y AA presentaron mayor proporción de cianobacterias filamentosas. Los valores de biodiversidad de Simpson fueron bajos. Se concluyó que las rotaciones arroceras evaluadas tuvieron efecto sobre la proporción de cianobacterias unicelulares a filamentosas, los géneros presentes y la riqueza.

Este tipo de investigaciones nos enriquecen nuestro conocimiento sobre el efecto de las diferentes poblaciones y especies de bacterias que pueden alojarse en los suelos agrícolas afectando la calidad tanto del suelo como de los diferentes cultivos que estén cosechando.

_(C, Sánchez, M, Benintende, S, Benintende, 2018. Población de cianobacterias en suelos arroceros: efecto de las rotaciones poblaciones de cianobacterias en suelos de arroz: efectos de rotación).

El presente estudio calculó el desempeño ambiental y riego de los cultivos de nectarina usando aguas residuales municipales tratadas y agua superficial, manejando un conjunto de datos únicos teniendo en cuenta como base datos experimentales del campo, este tiene mejor desempeño que el riego con agua de superficie para el impacto de eutrofización. Comparando los recursos hídricos superficiales y los impactos potenciales en la agricultura sobre el cambio climático y toxicidad se refleja una afectación por la fase de tratamiento de aguas residuales.

Además, este estudio revela la necesidad de desarrollar un consenso y una guía estandarizada para el análisis del ciclo de vida de las aplicaciones de reutilización del agua.

_(Bv, elzevir, 10 de abril del 2019. Modelización de los impactos ambientales de la reutilización de aguas residuales municipales tratadas para el riego de cultivos arbóreos en la región costera mediterránea)

Con el propósito de evaluar si la reutilización de las aguas residuales tratadas por la industria alimentaria es acorde para realizar riegos a cultivos alimentarios sin que exista riesgo para la salud de los consumidores en el actual estudio siempre un sistema de cultivo en el que se emplearon aguas subterráneas y aguas residuales tratadas para el riego de tomate y brócoli.

Se realizaron los estudios pertinentes y el debido monitoreo para detectar la presencia de bacterias patógenas ninguna muestra de agua se encontró positiva para estas bacterias no se encontró ningún patógeno que contamina la planta de tomate sin embargo en la planta de brócoli se encontraron bacterias, pero ninguna resultó patógena en la parte comestible.

Se sugieren que la reutilización de las aguas residuales de la industria alimentaria para el riego de cultivos agrícolas puede aplicarse sin un aumento significativo del riesgo potencial para la salud relacionado con la calidad microbiana.

_(Elsivier, 2 de noviembre de 2017, Impacto de la reutilización de aguas residuales de fabricación de alimentos para el riego en un sistema cerrado sobre la calidad microbiológica de los cultivos alimentarios)

la reutilización de las aguas residuales representan un papel importante en la administración del recurso hídrico como situado el sustituto del agua natural que se emplea en los sistemas de riego en la agricultura, esto se plantea como el déficit hídrico que se presenta en muchas zonas del planeta, para valorar la calidad del agua para el riego se utilizan los mismo criterios que para aguas superficiales o subterráneas, sus cantidad de sales y su componentes fitotóxicos, además de esto se debe tener en cuenta los microorganismos patógenos, concentración de algunos metales pesados que puedan están presente, nutrientes y compuestos orgánico.

Con estos criterios se puede efectuar en función se unos cultivos, estas aguas contienen grandes cantidades de nitrógeno y fosforo lo que representa un ahorro importante en abono, en el caso del arroz el exceso de nitrógeno representa un crecimiento exagerado en la caña en cuanto a longitud lo cual comporta que se tienda el cultivo, al importante mencionar es la lixiviación de nitratos que causas el excesos de algunos de estos elementos previamente mencionados contaminando las aguas subterráneas durante el uso en la irrigación ya que el suelo se somete a unas características hídricas diferentes por su paso a través del perfil del suelo.

_(Francisco, Javier Martínez cortijo, 2014, estudio agronómico y ambiental del riego con aguas residuales depuradas en el cultivo del arroz. aplicación en una línea de riego en el parque natural de la albufera (valencia)

El objetivo de este trabajo fue la posible utilización de sistemas de recarga artificial de acuíferos (RAA), como filtración en la margen del río y tratamiento a través de suelo y acuífero (SAT), estos implican el uso de mecanismos subterráneos naturales para mejorar la calidad del agua recargada (es decir, el

agua superficial, el agua pluvial y el agua reciclada) antes de ser reutilizada (por ejemplo, reutilización planificada como agua potable).

En el presente caso, se tratan los principales aspectos de un estudio de caso sobre la eliminación de virus en tres sistemas de RAA a gran escala en diferentes regiones de los Estados Unidos (Arizona, Colorado y California). Es posible que los proyectos de RAA sean económicamente viables en los países en desarrollo; no obstante, es importante ejercer una gestión sostenible para poder mantener las características necesarias que implica la reutilización del agua como fuente de agua potable y no potable.

Es muy importante para nuestro proyecto conocer estos sistemas propuestas, los cuales cuentan con innovadoras tecnologías solucionando grandes problemas operativos en la reutilización de las aguas residuales, cabe añadir la importancia de conocer lo planteado por el autor, permitiéndonos poder tomar ideas como el de tener en cuentas las aguas subterráneas como una posible recuperación natural y sostenible de las aguas residuales a través de recargas planificadas, aún tenemos interrogantes que resolver pero es un avance conocer este tipo de soluciones.

(Betancourt, Pepper y Charles), 2016. Sistemas de recarga artificial de acuíferos como tecnología de reutilización y recuperación natural y sostenible de las aguas residuales: preocupaciones sobre la salud asociadas con los virus humanos (EE. UU.)

4.1.2. NACIONALES

El objetivo de este trabajo fue la gestación de una sugerencia para la actualización del programa de disminución de vertimientos puntuales sobre el caño san Ignacio en el casco urbano del curumani-cesar.

por medio de la investigación de valoraron parámetros SST, materia orgánica, grasas, aceites, DBO y DQO realizados por el laboratorio ambiental y de

alimentos Nancy Flórez García y se determinó el cumplimiento de los parámetros físico químico y microbiológico en sus valores máximos permisibles.

Estas propuestas permiten realizar avances en los sistemas de saneamiento y tratamiento teniendo un mejor control del vertimiento a través de herramientas básicas con mejoras que tienen como objetivos mejorar el manejo de las aguas residuales siguiendo una evaluación a cada uno de los controles de calidad, por consiguiente, se le sugiere a la empresa de servicios.

_(Carmen Sofía payares morales, 2012, propuesta para la reutilización del programa de disminución de vertimientos puntuales sobre el caño san Ignacio en el casco urbano del municipio de curumani cesar contemplado en el marco del PSMV)

4.2. MARCO TEORICO

SUELO

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. El conjunto de disciplinas que se abocan al estudio del suelo se engloba en el conjunto denominado Ciencias del Suelo, aunque entre ellas predomina la edafología e incluso se usa el adjetivo edáfico para todo lo relativo al suelo. El estudio del suelo implica el análisis de su mineralogía, su física, su química y su biología. [1] (Carlos crespo, 2004).

Existen dos clasificaciones para los tipos de suelo, una según su estructura y otra de acuerdo a sus formas físicas: Por estructura suelos arenosos no retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura. Suelos calizos: Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, seco y árido, y no son buenos para la agricultura.

Suelos humiteros (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.

Suelos arcillosos: Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con el humus que es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza pueden ser buenos para cultivar.

Suelos pedregosos: Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo.

Suelos mixtos: Tiene características intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos mezclados. [1] (crespo, 2004).

Textura: la textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades. [2] (FAO 2017).

El triángulo de textura de suelos según la FAO se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso con 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas. Cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales. [2] (FAO 2017).

Color: el color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato. [2] (FAO 2017).

Consistencia: La consistencia es la propiedad que define la resistencia del suelo a la deformación o ruptura que pueden aplicar sobre él. Según su contenido de humedad la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura y suave. Se mide mediante tres niveles de humedad; aire-seco, húmedo y mojado. Para la construcción sobre él se requiere medidas más precisas de resistencia del suelo antes de la obra. [2] (FAO 2017).

Porosidad: El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los

macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los microporos retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. [2] (FAO 2017).

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmol/kg o meq/ 100g de suelo. [2] (FAO 2017).

El pH (potencial de hidrógeno): Determina el grado de absorción de iones (H⁺) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5. [3] (FAO 2017).

La cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micronutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los

macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl). [3] (FAO 2017).

Figura 1. Interpretación de análisis de suelo. Centro de investigación agrónomas, universidad de costa rica.

	Unidades	BAJO	MEDIO	ALTO	OPTIMO
pH		< 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Conductividad	dS/cm				
Calcio	cmol(+)/kg	< 4	4 - 6	6 - 15	> 15
Magnesio	cmol(+)/kg	< 1	1 - 3	3 - 6	> 6
Potasio	cmol(+)/kg	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 0.8	> 0.8
Acidez	cmol(+)/kg		0.3 - 1	< 0.3	> 1
Salinidad	%		10 - 30	< 10	> 30
Fósforo	mg/kg	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
Hierro	mg/kg	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
Cobre	mg/kg	< 0.5	0.5 - 1	1 - 20	> 20
Zinc	mg/kg	< 2	2 - 3	3 - 10	> 10
Manganeso	mg/kg	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
Boro	mg/kg	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1	> 1
Azufre	mg/kg	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
Materia orgánica	%	< 2	2 - 5	5 - 10	> 10
Nitrógeno	%	< 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	-
Conductividad	dS/cm	0 - 0,98 no salino	0,98-1,76 muy ligeramente salino	1,76-3,16 ligeramente salino	3,16-6,07 Moderadamente salino
Capacidad de intercambio cationica	cmol(+)/kg	5	5-12	12	>12
Relaciones cationica		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K

Fuente. Molina, E y Meléndez, G. 2002

El nitrógeno: es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas y más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se asimila por las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- . A pesar de su amplia distribución en la naturaleza se encuentra en forma inorgánica por lo que no se pueden asimilar directamente. [2] (FAO 2017), además existen las

formas gaseosas del N, pero son muy pequeñas y difíciles de detectar como óxido nitroso (N₂O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), amoníaco (NH₃) y nitrógeno molecular presente en la atmósfera del suelo (N₂).[3] (FAO 2017).

Para las plantas el nitrógeno es un elemento esencial. Está presente en la mayor parte de sus combinaciones orgánicas, forma parte de las estructuras de todas las proteínas, de purinas y pirimidinas, y se encuentra también como constituyente de la clorofila y otros enzimas. Las plantas encuentran la mayor parte del nitrógeno que les es necesario en el suelo para la síntesis de sus tejidos, aunque también pueden fijar pequeñas cantidades de amoníaco gaseoso en sus partes aéreas.

El arroz absorbe el nitrógeno, al contrario que otros cultivos no sometidos a inundación, principalmente en forma amoniacal. Las cianobacterias fijan el nitrógeno que se mineraliza muy pronto y se asimila a la planta. En los campos valencianos la dureza del agua, la conductividad y el contenido en calcio son idóneos para que se produzca este proceso. Durante la fase vegetativa se produce una alta acumulación de nitrógeno en la planta que disminuye en las etapas posteriores del crecimiento. Las raíces que reciben el oxígeno casi exclusivamente de las hojas lo expulsan, creando en torno a los ápices radiculares zonas oxigenadas que rápidamente oxidan los diversos compuestos, entre los que se encuentran el nitrógeno amoniacal que se transforma, absorbe y transfiere a la parte aérea de la planta. Los valores de nitrógeno óptimos en el suelo en el cultivo del arroz son de 1,6 a 3 g/kg de suelo.[4] (PIÑEIRO, F., GARCÍA, J. y GIMÉNEZ, J. La Pyriculariosis en el arroz valenciano . Comunitat Valenciana Agraria, 2000, p. 43-47).

Materia orgánica: Está compuesta por aquellos restos de origen animal o vegetal que se acumulan en el suelo o se incorporan a él. La composición química de todos estos materiales es muy variada: hidratos de carbono, ligninas, taninos, glucósidos, lípidos, resinas, compuestos nitrogenados, pigmentos y

compuestos minerales. Los factores que inciden más directamente en la descomposición de la materia orgánica son la edad de la planta (las más jóvenes se descomponen antes), la temperatura (la descomposición es más rápida en climas cálidos), la humedad (en zonas con mayor humedad la descomposición se produce más lentamente), la aireación del suelo (la aireación favorece la proliferación de la flora microbiana), la acidez (los valores de pH entre 6 y 7,2 son los más favorables para el desarrollo microbiano), el contenido de nitrógeno del material original (los residuos ricos en nitrógeno se descomponen con mayor rapidez).

En las aguas residuales la materia orgánica contenida puede ser de dos tipos: los compuestos orgánicos de materias puramente biológicas resultantes del metabolismo humano, y el formado por sustancias de síntesis (plaguicidas, residuos de la industria química, farmacéutica, alimentaria, etc.) cuyo poder contaminante es mucho mayor, en el cultivo del arroz los valores óptimos de materia orgánica son del 3% o superiores. [5] (OLK, D.C. BRUNETTI, G. y SENESI, N. Organic matter in double-gropped lowland rice soils: chemical and spectroscopic properties. Soil Science, 1999, vol. 164, nº9, p. 633-649).

Se encuentran grandes diferencias en cuanto a las funciones biológicas de los elementos traza en animales y plantas; así hierro, cobre, zinc, manganeso y molibdeno son nutrientes esenciales, algunos son beneficiosos en ciertas circunstancias como el cromo y el níquel, mientras que otros no sólo no tienen función biológica conocida como el plomo, el mercurio y el cadmio, sino que además a partir de determinadas concentraciones producen disfunciones enzimáticas en las plantas. De hecho, la mayoría de los elementos traza son tóxicos o perjudiciales para los seres vivos a partir de determinadas concentraciones.[6] (BARCELÓ, J. & POSCHENRIEDER, C.H. Plant water relations as affected by metal stress: a review. Journal of Plant Nutrition, 1990, nº 13, p. 1-37).

Contaminación del suelo: es otro proceso de degradación química que generalmente está asociado a la contaminación de aguas (superficiales y subterráneas), al inadecuado uso y manejo de insumos y desechos de la agricultura (como metales tóxicos, lodos residuales, desechos de fundición, escombros de minería). El aumento del contenido de sales en el suelo es otro proceso que ocurre en áreas habilitadas al riego (permanente), en donde el contenido salino del agua de riego y las limitaciones en el sistema de drenaje generan un aumento de la salinidad del suelo. La problemática del aumento del contenido de sales en el suelo no sólo está limitada a regiones de riego, es habitual en áreas ganaderas de nuestra pradera pampeana que presentan drenaje natural limitado (roca, tosca) y nivel freático cercano a la superficie, y que reciben un manejo inadecuado del suelo. [7] (M. piscitelli 2015).

Aguas residuales: son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación [8]. (Francisco, Javier Martínez cortijo, 2014)

El objetivo ya no consiste solo en conseguir un agua más o menos depurada que pueda verterse en un cauce natural, sino en aprovechar esas aguas para otros usos de modo directo, es decir, su reutilización. Este nuevo planteamiento requiere del empleo de tratamientos terciarios que mejoren la calidad del agua depurada y hacerla así apta para otros usos. el sistema de riego empleado en los arrozales es diverso, desde sistemas estáticos, de recirculación y de recogida de agua. Teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada sistema y de su impacto potencial en la calidad del agua, permitirá a los arroceros elegir el sistema más adecuado a sus operaciones de cultivo, a continuación, se describe

cada uno de manera breve y concisa:(Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. [9] (Universidad Politécnica de Valencia, 1999.)

Desde el punto de vista microbiológico se ha de tener en cuenta que la presencia de bacterias, virus y otros microorganismos patógenos en las aguas residuales supone un problema importante para su uso agrícola. Sin embargo, los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales urbanas suponen un problema normalmente mucho menor pues se degradan fácilmente en el suelo. Sólo cuando las aguas residuales contienen compuestos orgánicos de origen industrial de difícil degradación como, por ejemplo, los hidrocarburos halogenados, se pueden presentar problemas de contaminación de las aguas subterráneas en uso para riego, sobre todo si los suelos son arenosos, que no es el caso de los suelos del estudio, ya que el poder de retención de los compuestos orgánicos por estos es bajo. [10] (Bauer & Idelovitch 75, 1987).

Por último, un efecto para tener en cuenta en el riego localizado es el problema de la obturación de los emisores, goteros y aspersores, por los sólidos en suspensión que pueda llevar el agua o por los precipitados químicos que puedan formarse. La filtración y la cloración eliminan las obturaciones de origen biológico como algas, mientras que, para evitar las obturaciones de origen químico como precipitados de carbonato cálcico y magnésico o sulfuros y óxidos de hierro y manganeso, se puede añadir un ácido al agua de riego. Considerando que por lo normal las aguas residuales tienen más sólidos en suspensión que las demás aguas de riego, la limpieza de filtros, tuberías y goteros se ha de realizar con mayor frecuencia, por todo ello es necesario disponer de una completa información de la calidad agronómica del agua de riego. [11] (Francisco, Javier Martínez cortijo, 2014)

La reutilización de aguas residuales para riego desde el punto de vista sanitario ha de evitar problemas de toxicidad y de transmisión de enfermedades. Para ello se han de evaluar los riesgos atendiendo a la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua que se quiere recuperar y al grado de contacto de las

personas: lo que incluye ingestión directa, contacto con piel y mucosas, ingestión indirecta a través de vegetales o animales contaminados, contaminación de acuíferos, de suelos y del aire. Así los contaminantes presentes en las aguas residuales reutilizadas pueden ser de tipo biológico o de tipo químico, Sin embargo, el mayor peligro a corto plazo es la exposición ante organismos patógenos de ahí las limitaciones de la normativa en cuanto al contenido de coliformes (totales y fecales) y de huevos de nematodos. [12] (VICENTE, E., MIRACLE, M.R., SORIA, J.M. Global model for nutrient, 2014)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en 1992 una normativa respecto a la calidad bacteriológica de las aguas fecales (Pescod 76, 1992) que se establece a partir de la presencia de bacterias patógenas como la Salmonella y del número de coliformes fecales. Se considera que para el riego "sin restricción" el agua no debe tener más de 100 coliformes fecales/100 mL. Sin embargo, las administraciones de los lugares más avanzados en materia de reutilización tienen distintos umbrales. Así, en California las aguas residuales depuradas para el riego de cultivos que se consumen crudos no deben superar los 2,2 coliformes fecales/100 mL, y ninguna muestra puede tener más de 23-25 coliformes fecales/100 mL; mientras en Israel en cultivos de consumo en crudo las aguas no pueden superar los 12 coliformes fecales/100 mL en al menos 80% de las muestras, y menos de 2,2 coliformes fecales/100 mL en al menos 50% de las muestras. [13] (Bouwer & Idelovitch, 1987 77).

Con respecto a virus y bacterias, hay que comentar que las aguas residuales pueden tener protozoos y nematodos intestinales que pueden transmitirse del agua al cultivo y por él al consumidor ocasionando enfermedades.

Estas aguas por lo regular tienen composiciones altamente complejas y normalmente se necesita modificar su composición para ajustarlas a un uso en particular. En consecuencia, se requiere una variedad de procesos de tratamiento para separar los diversos contaminantes que con seguridad se encontrarán.

Los contaminantes pueden estar presentes como:

1. Sólidos suspendidos flotantes o grandes: arenas, trapos y papel entre otros.
2. Sólidos suspendidos pequeños y coloidales: moléculas orgánicas grandes, partículas de suelo y microorganismos entre otros.
3. Sólidos disueltos: compuestos orgánicos y sales inorgánicas entre otros.
4. Gases disueltos: Sulfuro de Hidrógeno, entre otros.
5. Líquidos no mezclables: grasas y aceites.

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo. Los suelos inundados ofrecen un ambiente único para el crecimiento y nutrición del arroz, pues la zona que rodea al sistema radicular, se caracteriza por la falta de oxígeno.

El arroz es un cultivo con grandes demandas hídricas con consumos entre 750 y 1500 mm, por lo que normalmente es un cultivo de regadío, si bien puede cultivarse arroz sin irrigación en zonas donde se registren precipitaciones regulares de más de 180 mm/mes durante al menos tres meses de cultivo a pesar del gran potencial que existe para la reutilización directa, segura y planificada de aguas en la región la mayor parte de las aguas residuales se vierten sin aprovechar al mar o a los cursos de agua donde se reutilizan aguas.

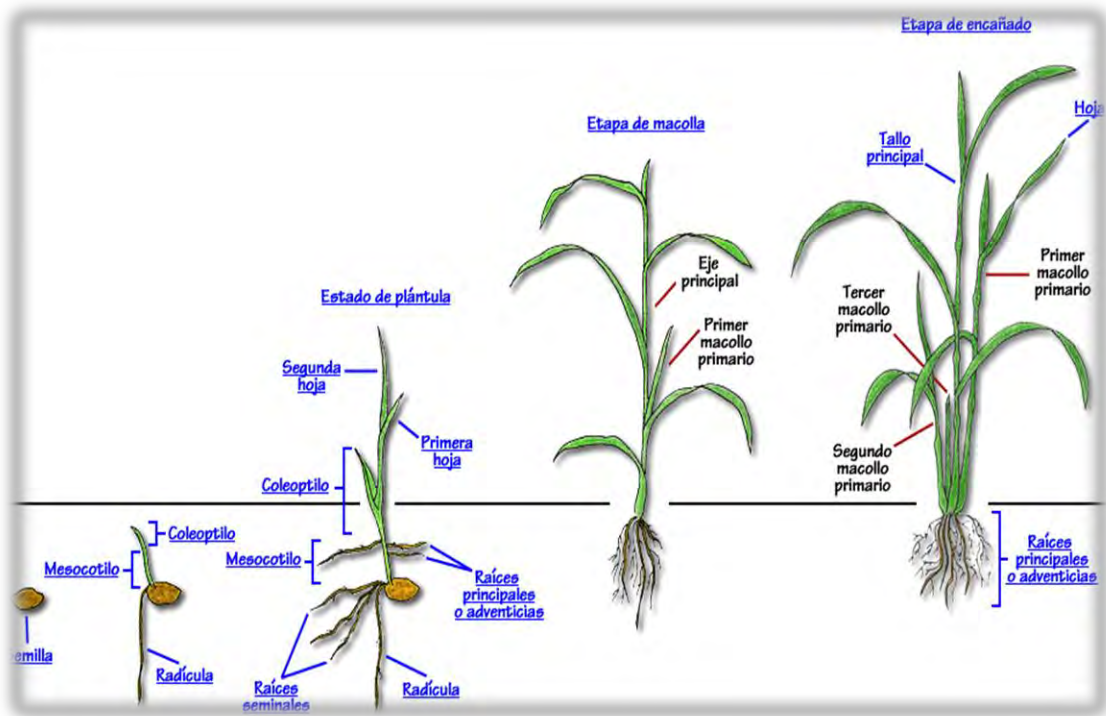


Figura 2. Morfología y fases de la planta de arroz
Fuente. Universidad de Filipinas, Escuela de Agricultura (1975)

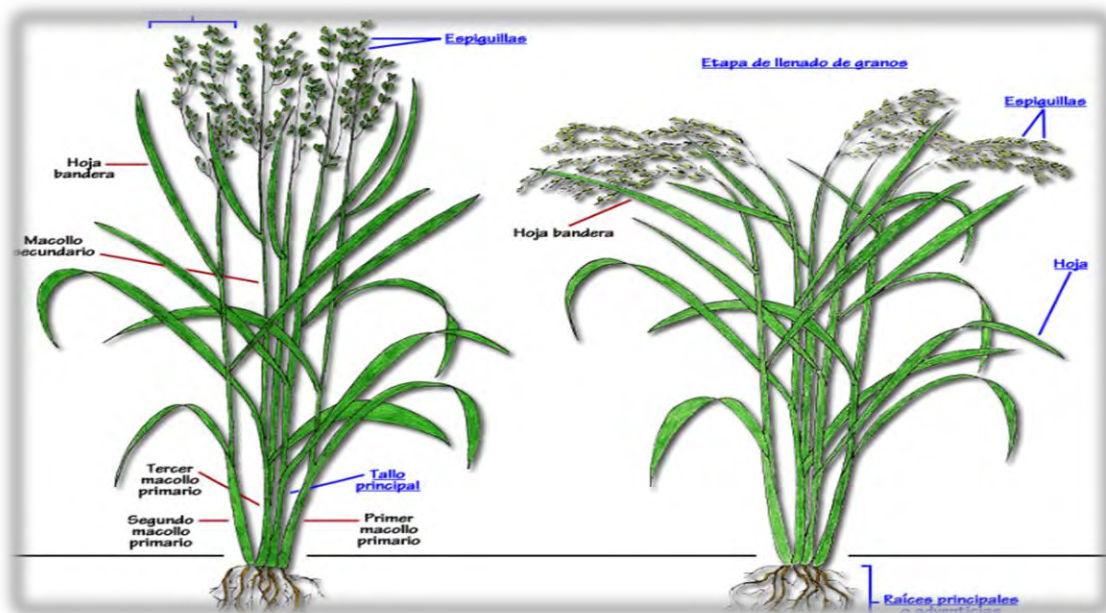


Figura 3. Morfología y fases de la planta de arroz
Fuente. Universidad de Filipinas, Escuela de Agricultura (1975)

4.3. MARCO CONCEPTUAL

AGUAS DE REÚSO. Aguas residuales que han sido tratadas y que cumplen con calidad para su reutilización en diversas actividades productivas, entre ellas la agricultura de riego.

AGRICULTURA DE RIEGO CON AGUAS RESIDUALES. Cultivo de la tierra con aplicación de agua de riego proveniente de un efluente tratado que le permite al productor rural obtener algún beneficio económico o satisfactor en especie.

AGUAS RESIDUALES: Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

COLIFORMES: La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

COSECHA: En agricultura la cosecha se basa en la recolección de los frutos, semillas u hortalizas de los campos en la época del año en que están maduros.

BACTERIAS PATÓGENAS: Las bacterias patógenas son aquellas que causan enfermedades infecciosas. Aunque la gran mayoría de las bacterias son inofensivas o benéficas, pocas bacterias son patógenas.

DRENAJE: Es toda estructura, natural o artificial, que facilitan el escurrimiento y evita el almacenamiento del agua en una zona particular. Existen dos tipos de drenaje: el natural, formado por las corrientes superficiales y subterráneas; el artificial, integrado por conducciones construidas por el hombre.

DBO: Demanda biológica de oxígeno.

DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES: Este consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes del agua a tratar, una vez depuradas el efluente es devuelto al medio ambiente de acuerdo con los límites de vertido establecidos por la legislación ambiental vigente.

DQO: Demanda química de oxígeno.

ESTACIÓN DEPURADORA: Las EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) son plantas dedicadas a la depuración de aguas residuales cuya función básica es recoger las aguas de una población o industria, y después de reducir la contaminación mediante ciertos tratamientos y procesos, la devuelve a un cauce receptor como un río, embalse, mar, etc.

ESTOMAS: Abertura microscópica del tejido epidérmico de los vegetales superiores, especialmente el de las hojas y partes verdes, por donde se verifica el intercambio de gases entre la planta y el exterior.

EUTRIFICACION: Proceso natural o cultural en que existe un constante incremento en la concentración de nutrientes de un ecosistema acuático determinado. La alta disponibilidad de nutrientes lleva a la proliferación, en forma considerable, de ciertas especies de algas y plantas acuáticas superiores.

ELEMENTOS TRAZA: En bioquímica, un elemento traza u oligoelemento es un elemento químico que se necesita en cantidades pequeñas para asegurar un crecimiento y un desarrollo adecuados. Su ausencia o concentración por encima del nivel tolerable puede ser perjudicial para el organismo, llegando a ser incluso tóxicos si se toman en cantidades excesivas.

FITOTÓXICOS: La fitotoxicidad es un término que se emplea para describir el grado de efecto tóxico producido por un compuesto sobre el crecimiento de las plantas. Estos daños pueden ser causados por una gran variedad de

compuestos, incluyendo trazas metálicas, pesticidas, salinidad, fitotoxinas o la alelopatía natural entre las plantas.

FITOSANITARIO: Un fitosanitario es un producto que contiene una o más sustancias activas y que está destinado a:

- Proteger los vegetales o los productos vegetales contra los organismos nocivos o evitar la acción de los mismos.
- Influir en el proceso vital de los vegetales.
- Mejorar la conservación de los productos vegetales.
- Destruir vegetales o partes de los vegetales o controlar o evitar un crecimiento inadecuado de los mismos.

El uso de estos productos químicos ha sido una de las bases de la producción de cultivos. Sin embargo, las malas prácticas en su aplicación conllevan un alto riesgo para el medio ambiente y para la salud humana.

MICRONUTRIENTES: Microelementos: son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en cantidades menores, incluyéndose en este grupo el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y boro (B).

MACRONUTRIENTES: Los macronutrientes se pueden definir como los elementos necesarios en grandes cantidades para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. Dentro de ellos, existen dos grupos: elementos primarios (N, P, y K) y secundarios (Ca, Mg y S).

MATERIA ORGÁNICA: La materia orgánica (o material orgánico, material orgánico natural o MON) es materia elaborada de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. La materia orgánica está formada por materia inerte y energía.

ALCALINIDAD: La alcalinidad es el contenido de sales minerales disueltas.

PTAR: Plantas de tratamientos de aguas residuales.

LITOLOGÍA: es la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante. Entendemos por roca una masa de materia mineral coherente, consolidada y compacta. Se puede clasificar por su edad, su dureza o su génesis

BIOTA: Conjunto de los seres vivos o de un país o de una localidad cualquiera, integrado por las plantas y los animales. Conjunto de la fauna y la flora de una región.

RELIEVE: es el conjunto de montañas y accidentes geográficos de los que está formado el planeta Tierra, el accidente geográfico es todo aquel cambio que se ha dado en la superficie de la Tierra, ya sea un río, una montaña o cualquier paisaje creado naturalmente.

EDAFOLOGÍA: es una rama científica que se desprende de Geología. Concretamente se encarga de evaluar, estudiar y comparar los suelos y determinar si su composición afecta a la naturaleza y a los organismos que se desarrollan sobre y dentro de este. Siendo el suelo, la enorme plataforma en la que los seres humanos y los animales terrestres hacen su vida, se debe realizar un estudio conciso de las condiciones en las que se encuentra antes de realizar una edificación o estructura útil para la vida cotidiana.

MINERALOGÍA: La mineralogía es la rama de la geología que estudia las propiedades físicas y químicas de los minerales que se encuentran en el planeta en sus diferentes estados de agregación.

METEORIZACIÓN: La meteorización es la desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos, con la participación de agentes biológicos. La meteorización involucra un conjunto de reacciones químicas en las que los productos sirven de reactivos para síntesis subsiguientes. Si el proceso de la meteorización ocurre en la superficie del suelo se llama meteorización edafoquímica y si ocurre en capas más profundas como el horizonte C o más se llama meteorización geoquímica.

FERMENTACIÓN: Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones

PUTREFACCIÓN. Proceso de descomposición de los cuerpos orgánicos proteicos faltos de vida, en condiciones anaeróbicas, con producción de gases fétidos.

PH: El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. La sigla significa potencial de hidrógeno o potencial de hidrogeniones. El significado exacto de la p en «pH» no está claro, pero, de acuerdo con la Fundación Carlsberg, significa «poder de hidrógeno».

PSMV: Plan de saneamiento y manejo de vertimientos.

RECURSOS HÍDRICOS: Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida.

REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS: Aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de

las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

SST: Solidos suspendidos totales.

CENTRO BLANCO: Ocurre por la presencia de zonas opacas en el endospermo que afectan la apariencia del grano de arroz (CIAT, 1989b). En los arroces no glutinosos, es causado por la falta de compactación de las partículas de almidón y proteínas de las células (IRRI, 1985). Los granos de almidón en las áreas opacas son esféricos y poco compactos, en contraste con los granos poliédricos compactos propios de las áreas sin centro blanco y no permiten el paso adecuado de la luz (CIAT, 1989b).

4.4. MARCO LEGAL

Las aguas y los suelos son importantes basándonos desde el desde el punto de vista socioeconómico y ambiental, por tanto, estos cuentan con una normatividad que parte desde la constitución política colombiana hasta las resoluciones con el fin de dar a conocer los derechos para tener en cuenta para su conservación y protección.

Tabla 1. Normativa vigente

CONCEPTO	NORMATIVA	ARTICULO	DESCRIPCIÓN
Suelo	Constitución política colombiana	49, 67, 79, 80, 81, 82, 88, 95, 277, 313, 317, 330, 331, 334	Artículos relacionados con la protección, conservación y control del mejoramiento de los recursos naturales
	Código penal	242, 243, 244, 245, 246,	Se refieren a los delitos contra los recursos naturales
	Ley 2 del 1959	Toda	Mediante con el cual se establecen con carácter de “ zonas forestales protectora” y bosque de interés general”, según la clasificación del decreto legislativo número 2278 de 1953
	Ley 23 de 1973	1,2,3	Entre los aspectos relacionados con los recursos naturales considerados en esta ley, se tiene: “prevención y control de contaminación del medio ambiente, mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables. Determina como bienes contaminables: “aire, agua y suelo”

	Ley 9 del 1979	1	Para la protección del Medio Ambiente la presente Ley establece: Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud y el Ambiente.
	Decreto 2811 de 1974	parte VII de la tierra y de los suelos, título1 de los suelos agrícolas, capítulo 1 principios generales (artículos 178, 179,180)	Los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo con cuerdo con sus condiciones y factores constitutivos, se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región.
	Resolución 0170 de 2009		Por el cual se declara en Colombia el año 2009 como el año y el 17 de junio como día nacional de los suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional
Distribución del suelo	Ley 2ª de 1959	1,2,3,4,7,9,13	Zonas de reserva forestal, “ Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables”
	Decreto 2372 de 2010	Todo	Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de

			manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones
Participación ciudadana	Ley 99 de 1993	Toda	Desarrolla la noción de participación al incluir como uno los principios generales ambientales que “la acción para la protección y recuperación ambiental del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado y la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado”
Norma de reúso de agua	La Ley 373 de 1997		Superficial, subterráneo o lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socio - económico y de las normas de calidad ambiental. Dando alcance a esta Ley, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece las disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas que permitirán incidir a nivel nacional, regional y local en: El uso eficiente del agua
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Resolución número 1207 de 2014		La presente resolución tiene por objeto establecer las disposiciones relacionadas con el uso del agua residual tratada y no aplica para su empleo como fertilizante o acondicionador de suelos.

Fuente. (GIAS, 2013; CPC, 1991)



Figura 5. Región la Antioqueña
Fuente. Google Earth (2019)



Figura 6. Area superficial de la region la antioqueña
Fuente. Google Earth (2019)

4.5.2. Localización Geográfica del Municipio de Curumaní Cesar

El municipio de Curumaní se encuentra ubicado en la zona de los Valles de los ríos Cesar y Magdalena, donde la precipitación oscila entre 900 y 1500 mm, y su

bajo valor es debido a la acción secante de los vientos Alisios del noreste, que no encuentran obstáculos orográficos en estos sectores.

4.5.3. Limites

- ✓ Norte: Municipio de Chiriguana.
- ✓ Oriente: República de Venezuela; con la Vereda Canaima y el municipio de El Carmen, Norte de Santander.
- ✓ Occidente y sur: con el Municipio de Chimichagua.

4.5.4. Región la Antioqueña

Se encuentra ubicada:

- ✓ Latitud 9.214943°
- ✓ Longitud -73.562485°
- ✓ 1019205.00 m Norte

Hacia el occidente del municipio en la zona rural perteneciente, jurisdicción del corregimiento del mamey, en este territorio se lleva a cabo actividades como la agricultura y la ganadería, teniendo como tema de interés principal el uso de aguas residuales en el riego del cultivo de arroz.

4.5.5. Clima

- ✓ Presenta una temperatura promedio anual de 28°C, con máxima de 39°C y mínima de 22°C, dependiendo del régimen de lluvia anual. Esto permite clasificar la región dentro del piso térmico cálido ardiente.
- ✓ El régimen de lluvias que se presenta en la zona, de acuerdo con los datos pluviométricos es bimodal; es decir, existen dos (2) períodos lluviosos los cuales registran una precipitación media anual de 1450 mm; y dos (2) períodos secos al año.

4.5.6. Economía

Su economía se basa en el sector primario, el cual se dedica a las actividades que trabajan directamente los recursos naturales: agricultura, ganadería, explotación forestal, pesca y el sector minero.

4.5.7. Agricultura

Se consideran como cultivos tradicionales el plátano y el cacao, cuyas plantaciones de hallaban hasta 1950 en la ladera de San Pedro animito y Agua Fría, bañadas por las quebradas que llevan su nombre. Aproximadamente estaban cultivadas 80 hectáreas de plátano y 100 hectáreas de cacao. El cultivo de cacao desaparece por la falta de caudal de la quebrada San Pedro, que se redujo a raíz de los desmontes de la cordillera donde está su nacimiento.

4.5.8. Actividad Forestal

La historia de la explotación forestal se divide en dos etapas: la primera corresponde al aserrío de algunos árboles como tolúa, cedro, higoamarillo y campano, cuya actividad la desarrollaban personas nativas con sierra de mano para la construcción de puertas techos y ventanas, la explotación de tolúa y ceiba amarilla eran utilizada en la fabricación de canoas para la actividad pesquera en el río cesar y magdalena.

4.5.9. Ladrilleras

Esta actividad es iniciada en el municipio por Luis Enrique Royero, esta industria tiene como objetivo comercializar el producto y tecnificarlo. La asociación de ladrilleros de Curumaní está conformada por 13 socios fundadores y 6 afiliados.
Minería:

4.5.10. Sistema de Tratamiento de Agua Residual (Alcantarillado)

El sistema o el método de tratamiento de aguas residuales urbanas del municipio de Curumaní, basado en 2 lagunas de estabilización en serie, estas son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe. están constituidos por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. generalmente tiene forma rectangular o cuadrada.

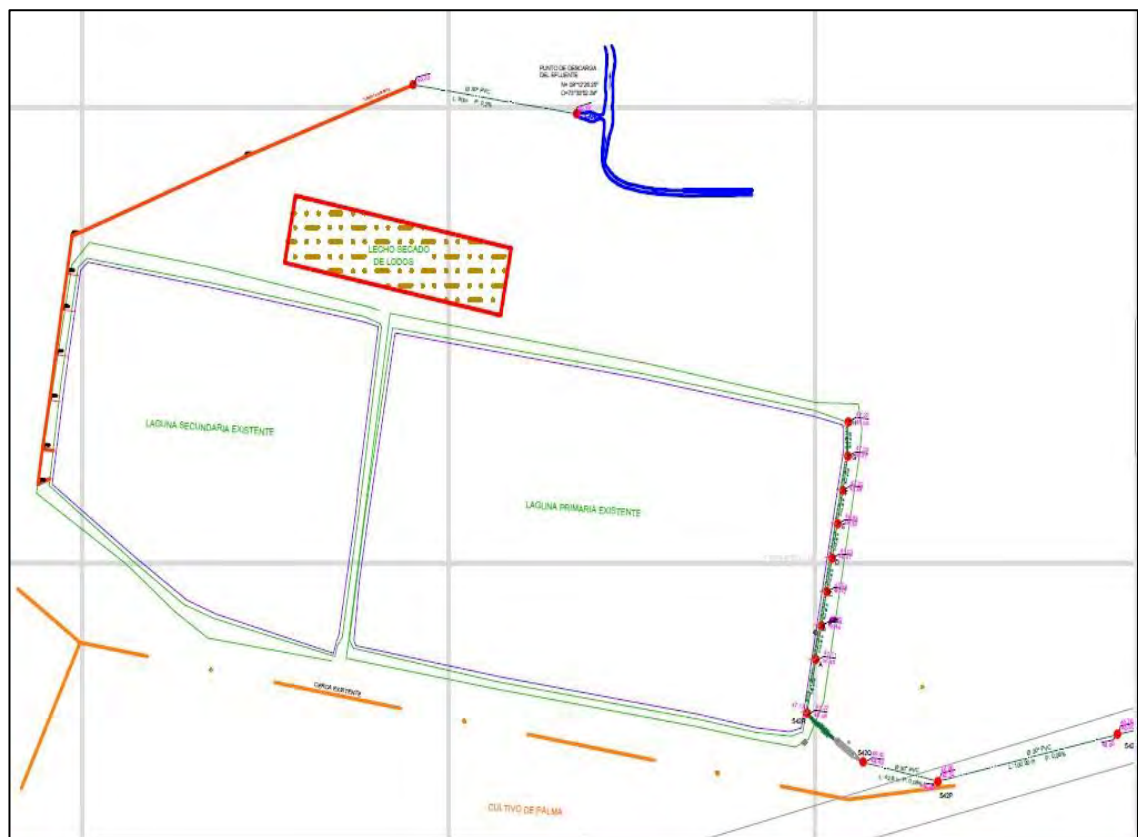


Figura 7. Plano de las lagunas de estabilización del municipio de curumani

Fuente. (Carmen Sofia pallares morales_2017)

Este se encuentra ubicado hacia el occidente del municipio en la zona rural perteneciente a la vereda San Rafael, vereda que hace parte del corregimiento del Mamey, la cual se sitúa a 3 Km de la cabecera municipal.

5. MARCO METODOLOGICO

5.1. HIPÓTESIS

5.1.1. Hipótesis nula (H_0 ; $T_1 = T_2$)

El empleo del agua residual tratada en el sistema de riego en los suelos agrícolas en la zona arrozal no representan ningún tipo de alteración al igual que ningún efecto que podamos determinar cómo negativo o positivo tanto para el suelo como para la planta de arroz.

5.1.2. Hipótesis alternativa (H_i ; $T_1 \neq T_2$)

El empleo del agua residual en el sistema de riego en los suelos agrícolas en la zona arrozal si representan un efecto significativo como el alto nivel de nutrientes contenidos en el agua de riego causen que las plantas de arroz tengan un crecimiento excesivo acompañado de buen rendimiento del grano por mata, representando esto un beneficio en el ahorro de fertilizantes nitrogenados y un problema en la resistencia de la planta a factores como el viento.

6. METODOLOGÍA

6.1. LINEA DE INVESTIGACIÓN

Sostenibilidad y gestión ambiental.

6.2. SUB-LÍNEA

recurso hídrico y suelos

6.3. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo exploratorio y descriptivo, debido a que tiene como objetivo examinar este problema que no ha sido estudiado o no abordado anteriormente, también tiene como propósito medir el grado de relación existente entre las diferentes variables expuestas para la evaluación.

6.3.1. Descriptiva

Con estudio se busca, medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos conceptos (Variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar, en un estudio descriptivo se seleccionan una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas para así describir lo que se investiga (Hernández, et al., 2006).

Además de describir el fenómeno, tratan de buscar la explicación del comportamiento de las variables. Se basa en lo cuantitativo y su fin último es el descubrimiento de las causas, se pueden considerar entre las disciplinas planteadas (Hernández, et al., 2003).

6.3.2. Exploratoria

Se trata de investigaciones que no han realizado sobre nuestro objeto de estudio, y por lo tanto se requiere explorar e indagar, con el fin de alcanzar el objetivo planteado, se utilizará el tipo de investigación exploratoria. Según esto se puede definir este tipo de exploración de la siguiente manera: explorar significa incursionar en un territorio desconocido (Nieves Cruz Felipe, 2006).

6.3.3. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es de campo y documental.

6.4. POBLACIÓN

Colombia tiene una extensión territorial de aproximadamente de 1,14 millones de km cuadrados, el departamento del Cesar tiene alrededor de 22.290.500 hectáreas, el municipio de Curumani cuenta con 89000 hectáreas, Entre ocho y nueve mil hectáreas de arroz se siembran en el departamento del Cesar cada semestre, repartidas en los 19 municipios arroceros, donde Valledupar y San Martín lideran la producción.

Al año se siembran en el Cesar aproximadamente 20 mil hectáreas, donde por cada 6.9 se genera un empleo directo y 1.5 indirectos; es decir que al año la siembra y producción de arroz emplea a 2.898 personas de manera directa y a 4.347 de manera indirecta en el departamento del Cesar

La región la antioqueña tiene una extensión total de 88,7 hectáreas que las comprender 3 fincas, teniendo el 24 % del suelo para actividad agrícola específicamente el cultivo de arroz, el cual se satisface su necesidad hídrica mediante un sistema de riego alimentado por un canal sin ningún tipo de revestimiento que transporta agua residual depurada obtenida de un efluente ubicado aproximadamente 1.5 km de las parcelas. El 74 % restante de suelo se tiene destinado para la ganadería extensiva.

6.5. MUESTRA

Se tomarán las muestras en la finca “CUERNO DE VACA”, la cual nos brinda todo el apoyo logístico para nuestra actividad, además esta cuenta con unas buenas vías de acceso. Esta finca es la mayor productora de arroz en la zona arrozal, a continuación, se realizará la selección de parcelas para llevar el muestreo.

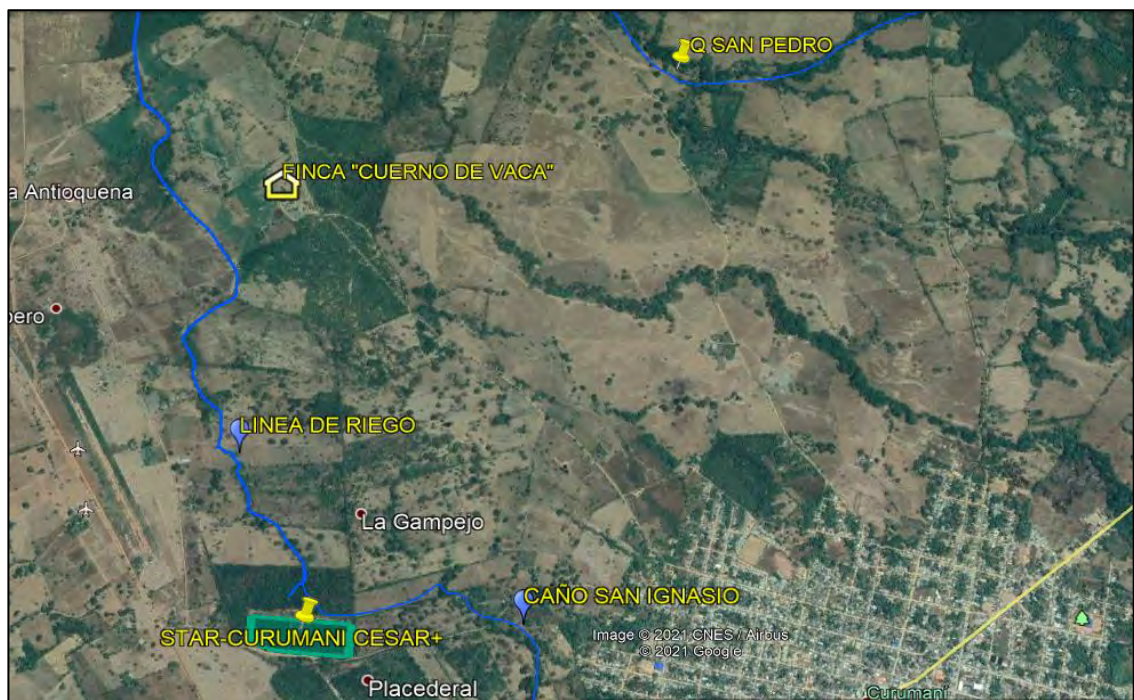


Figura 8. Finca “CUERNO DE VACA”

Fuente. Google Earth (2019)

6.6. SELECCIÓN DE PARCELAS

Para la elección de las parcelas se ha tenido en cuenta su situación a lo largo de una línea de riego, estas parcelas de muestreo se han seleccionado al azar manteniendo presente la variabilidad espacial discriminante de los suelos a evaluar, pues se buscó que las parcelas estuviesen suficientemente separadas como para detectar posibles variaciones de los parámetros estudiados, aunque después se tuvieron en cuenta otros criterios como fueron la accesibilidad de las mismas, que fuesen parcelas representativas en cuanto a que no

presentasen alteraciones significativas respecto a las contiguas, el consentimiento del dueño o dueños de la parcela.



Figura 9. Parcelas

Fuente. Google Earth (2019)

Finalmente, se elige la parcela 1 con un area de 30,20 hectareas la cual se riega únicamente con aguas procedentes de las lagunas de estabilizacion que se encuentran ubicadas a 2 km de la parcela 1 , se hace la eleccion de esta parcela ya que es donde mas se ha llevado a cabo la explotacion agricola y por su ubicación extrategica relacionada con la linea de riego siendo esta muy importante para el estudio, ya que se puede producir o no un arrastre de nutrientes de una parcela a otra.



Figura 10. Zona de muestreos

Fuente. Google Earth (2019)

Para la toma de las muestras de agua superficial, dentro de la zona de muestreo se elige la parte más baja en el canal a través de un análisis del perfil de elevación de la línea de riego comprendido en la zona de estudio que transporta el recurso hídrico para el riego de los cultivos.

7. DESARROLLO METODOLÓGICO

Para llevar a cabo la investigación sobre los efectos que ha causado a lo largo de los años el uso de agua residual depurada usada para sistemas de riegos en suelos agrícolas, es necesario realizar ciertas etapas como:

7.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Información primaria

La información primaria se tomará de investigaciones relacionadas con el tema tratado en esta investigación, procedentes de revisión documental: libros, proyectos, artículos, internet, entre otros.

Información secundaria

La información secundaria será la realizada en campo, mediante la práctica y recopilación de experiencias que se lleven a cabo en el área de estudio para ejecución del proyecto.

8. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA

8.1. ETAPA 1. EVALUAR A LO LARGO DE LA LÍNEA DE RIEGO EL SISTRATO FÉRTIL DE LAS AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EMPLEADAS EN EL SISTEMA

8.1.1. Actividad 1. Visita al sitio de estudio al momento de la siembra

Se realizará una visita previa al sitio de estudio para las fechas de siembra del cultivo y de esta forma relacionarnos con el entorno de trabajo.

8.1.2. Actividad 2. Toma de muestras

Muestra del agua superficial

El objetivo de este muestreo puntual es recolectar una parte representativa del agua superficial, transportada a través de los canales que suministran el agua de riego en las diferentes parcelas, esta debe ser lo suficientemente pequeña para ser transportada y lo suficientemente grande para propósitos analíticos.

Punto de muestreo

Las muestras se llevarán a cabo en 1 momento del año, la fecha debe corresponder antes del inicio de la preparación del suelo para la siembra, para acoger el punto de muestreo se realiza un análisis del perfil de elevación del canal donde se tomará el punto con el nivel más bajo y también se tendrá en cuenta de forma visual la facilidad del acceso para la actividad de recolección.



Figura 11. Zona de muestreo de agua superficial

Fuente. Google Earth (2019)

La calidad del agua del efluente del STAR será caracterizado por medio del laboratorio Ambiental y de alimentos Nancy Flórez García, un laboratorio certificado, los parámetros que se analizarán son: físicos (temperatura), químicos (pH, oxígeno disuelto, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, nitrógeno total, nitrato y fósforo), microbiológicos (demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y Coliformes totales y Escherichia coli).

parámetros fisicoquímicos: DBO5, DQO, grasas y aceites, hierro, sólidos suspendidos, sólidos totales, nitratos, nitrógeno total, nitritos y PH.

Parámetros microbiológicos: Coliformes totales y E.COLI.

Tabla 2. Características de los recipientes para los análisis fisicoquímicos y preservación aplicada

DETERMINACION	RECIPIENTE	PRESERVACION
DBO	Plástico	Refrigeración
DQO	Plástico	H2S04pH < Refrigeración
Grasas y aceites	Vidrio	H2S04pH < Refrigeración
Hierro	Plástico	Refrigeración
Solidos suspendidos	Plástico	Refrigeración
Solidos totales	Plástico	Refrigeración
Nitratos	Plástico	Refrigeración
Nitrógeno total	Plástico	H2S04pH < Refrigeración
Nitritos	Plástico	H2S04pH < Refrigeración

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos NANCY FLORES GARCIA

Tabla 3. Características de los recipientes para los análisis microbiológicos y preservación aplicada

DETERMINACION	RECIPIENTE	PRESERVACION
Coliformes totales	Vidrio estéril	Refrigeración
E.COLI	Vidrio estéril	Refrigeración

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos NANCY FLORES GARCIA

Materiales a utilizar

- ✓ Bata de laboratorio
- ✓ Guantes de nitrilos
- ✓ Mascarillas (con filtro)
- ✓ Cava de refrigeración
- ✓ Hielo
- ✓ Agua destilada y mineral
- ✓ Toallas
- ✓ Cinta de empapelar

Procedimiento de muestreo

Para efectuar el procedimiento se tomará un recipiente de 10 – 20 litros en el horario anterior al medio día, se dejó en reposo de 2-3 horas para después ser envasadas en sus respectivos recipientes.

En el caso de la muestra fisicoquímica el material de dicho envase depende del tipo de muestra que se vaya a realizar y los parámetros a evaluar teniendo en cuenta las especificaciones técnicas en cada caso. 2 litros (1 muestra de 1litro y otra de 500 ml) en envase de plástico para análisis fisicoquímico esto con el objetivo de cumplir a cabalidad con el volumen solicitado por el laboratorio.

La toma de muestra microbiológica se realizará en botellas de vidrio, neutro con tapón esmerilado con capacidad de 500mL, previamente esterilizados en autoclave con las siguientes condiciones: 121°C de temperatura y 15 psi de presión por un tiempo de 15 a 30 minutos, las botellas tienen que ser abiertas dentro del medio acuático para evitar contaminación.

Se debe tener en cuenta que este no quede con burbujas de aire, previamente esterilizado y rotulado; estas muestras serán refrigeradas de 0 - 4°C rotuladas, selladas y enviadas al laboratorio de NANCY FLOREZ GARCIA en la ciudad de Valledupar.

Se tomará la muestra directamente del centro del cauce y a medio camino entre la superficie y el fondo.

Muestra del suelo

El primer requisito fundamental que debe cumplir una muestra es que sea lo más representativa posible, para de esta manera minimizar en lo posible las imprecisiones (López Ritas y López Mérida 244, 1990).

Se tomarán las muestras en dos momentos, durante las fechas de inicio de la siembra del cultivo de arroz y durante las últimas semanas de recolección de la cosecha.

En el muestreo se debe tener en cuenta las variaciones de los suelos de acuerdo con la profundidad del perfil y el área de terreno. se decidió tomar la zona de 30.22 hectáreas y dividirla a través de tres directrices, situando los puntos de sondeo sobre estas líneas a una distancia de 175 metros entre punto. De cada uno de estos puntos se extraerá una muestra de 200 gramos a una profundidad entre (0- 15 cm).

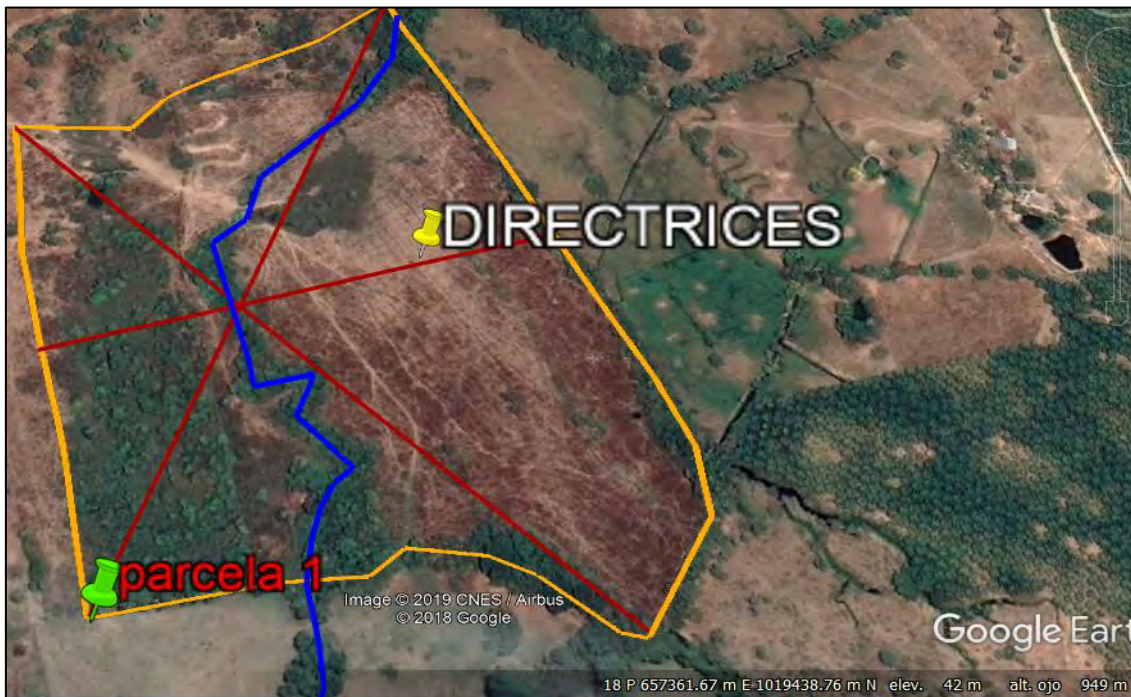
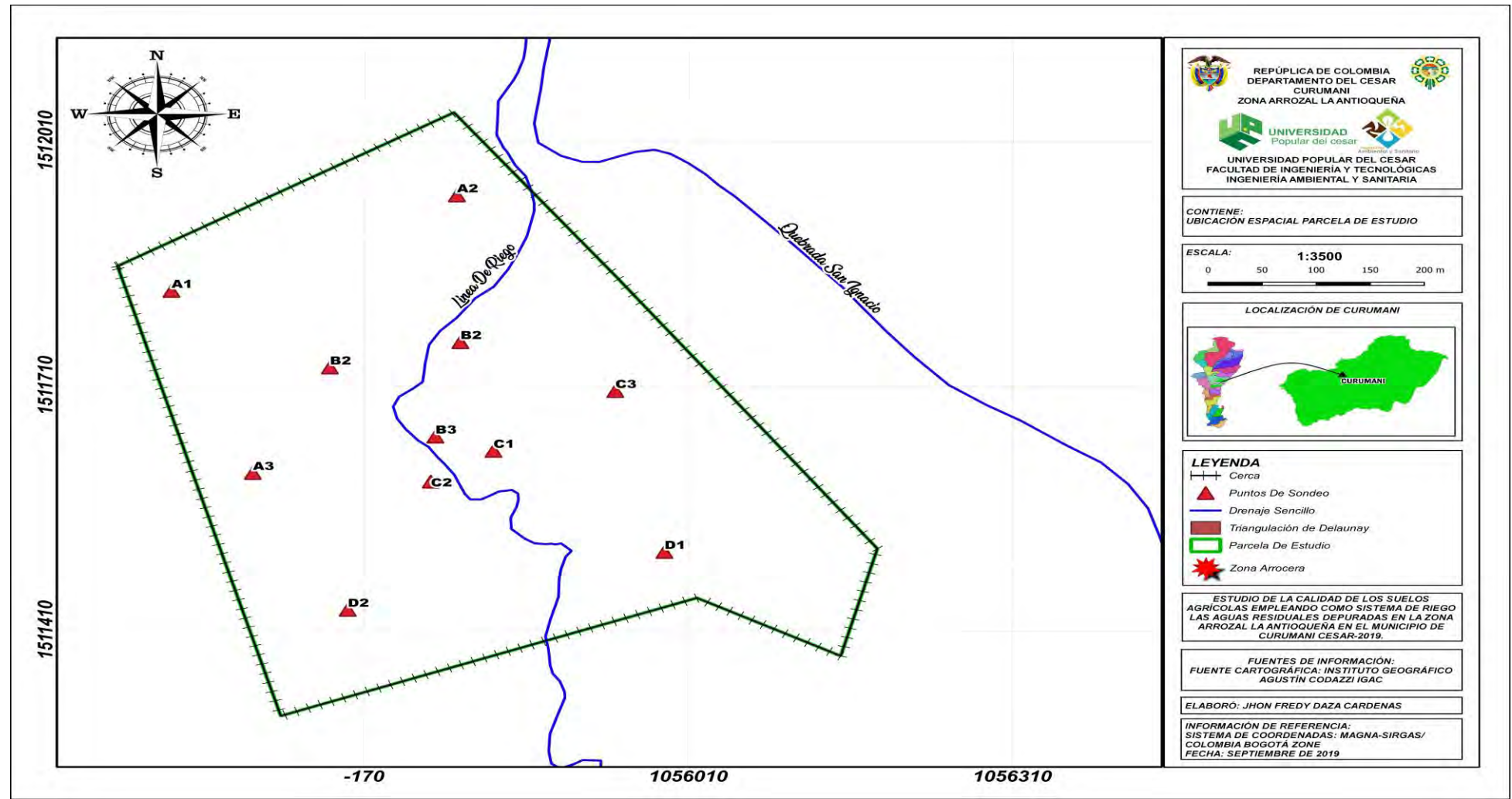


Figura 12. Líneas directrices

Fuente. Google Earth (2019)



REPÚBLICA DE COLOMBIA
 DEPARTAMENTO DEL CESAR
 CURUMANI
 ZONA ARROZAL LA ANTIOQUEÑA

UNIVERSIDAD Popular del Cesar
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
 INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

CONTIENE:
 UBICACIÓN ESPACIAL PARCELA DE ESTUDIO

ESCALA: **1:3500**
 0 50 100 150 200 m

LOCALIZACIÓN DE CURUMANI

LEYENDA
 + + Cerca
 ▲ Puntos De Sondeo
 — Drenaje Sencillo
 ■ Triangulación de Delaunay
 □ Parcela De Estudio
 ★ Zona Arroceras

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS EMPLEANDO COMO SISTEMA DE RIEGO LAS AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EN LA ZONA ARROZAL LA ANTIOQUEÑA EN EL MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR-2019.

FUENTES DE INFORMACIÓN:
 FUENTE CARTOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC

ELABORÓ: JHON FREDY DAZA CARDENAS

INFORMACIÓN DE REFERENCIA:
 SISTEMA DE COORDENADAS: MAGNA-SIRGAS/ COLOMBIA BOGOTÁ ZONE
 FECHA: SEPTIEMBRE DE 2019




 <p>Universidad Popular del Cesar</p> <p>ESTUDIO</p>	<p>MUESTREO</p>		<p>FECHA</p>	 <p>Linea ambiental y Sanitaria</p>
<p>DISTANCIA AL PUNTO ANTERIOR</p>	<p>PUNTO</p>	<p>PROFUNDIDAD</p>	<p>LINEA DE MUESTREO</p>	
<p>OBSERVACIONES</p>				 <p>LA ACREDITACIÓN ES EL COMPROMISO DE TODOS</p>

Figura 14. Etiquetas para los puntos de sondeo

Fuente. Autores (2019)

Por tanto, se tienen en la línea 1 (4 puntos de sondeo), línea 2 (4 puntos sondeo) y línea 3 (3 puntos de sondeo), obteniendo 11 submuestras de 200 gramos para cada una.

Materiales para utilizar

- ✓ Pala
- ✓ Costal
- ✓ Balde
- ✓ Cuchillo
- ✓ Bolsa con cierre hermético
- ✓ Tubo de 40 cm de longitud
- ✓ Abundante agua destilada
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Gramera
- ✓ Carretilla
- ✓ Banderines de ubicación

Procedimientos para la toma de muestra

- 1) Un aspecto muy importante antes de realizar las submuestras es lavar muy bien todos los implementos que estarán en contacto con la muestra de suelo, lavar con abundante agua destilada para asegurarnos de no contaminar la submuestra con residuos de otra zona de no interés.
- 2) Teniendo el mapa de muestreo se identifican la ubicación y se señala mediante banderines cada uno de los puntos en donde se tomarán las muestras.
- 3) Se procede a tomar la pala como herramienta principal de excavación en el punto de sondeo, una estrategia importante es marcar la pala con la profundidad de 15 cm más 3 cm de margen para ayudarme asegurar que estoy perforando hasta profundidad adecuada.

- ✓ Se realiza un corte en v.

- ✓ Con el cuchillo se descarta una delgada capa superficial, al igual que elementos grandes como piedras y entro otros.

- 4) Ya teniendo la sección de suelo que representa el punto de sondeo, se pesa en la gramera previamente lavada y se garantizan que se tienen los 200 gramos objetivos.
- 5) Se procede a introducir en el balde la submuestra y se pasa el siguiente punto.
- 6) Teniendo completado el submuestreo en cada uno de los puntos de sondeo, mezclamos en un costal de forma correcta toda la cantidad de suelo obtenido, luego procedemos extraer 500 gramos de muestra en la cual se realizan los análisis de los diferentes parámetros.
- 7) El material restante se tendrá en cuenta para los experimentos que se llevaran a cabo.

8.1.3. Actividad 3. Análisis de la muestra en laboratorio de los siguientes parámetros

Análisis físicos: Textura, Densidad real y aparente y % de porosidad.

Textura: La textura de los suelos estudiados se obtendrá mediante el método del densímetro de Bouyoucos.

Densidad real: Método del Picnómetro.

Densidad aparente: Método del cilindro.

% de porosidad: Se calculará el % de espacio poroso con la ecuación

$$\%P = 100 \left(1 - \frac{DA}{DR} \right)$$

Donde:

DA = Densidad aparente

DR = Densidad real

Ecuación 1. % porosidad

Análisis químicos: pH o reacción del suelo, C.I.C, P, Ca, K, N,S, materia orgánica , elementos tranzas.

PH: Para la medida del pH se utilizará la técnica de potenciometría con el empleo de pH-metro.

Capacidad de intercambio catiónico: Extracción: acetato de amonio 1M, pH 7.00.

Fosforo: Extracción: Bray II; Cuantificación: Espectrofotometría UV-VIS.

Calcio: Cuantificación: Espectrofotometría de Absorción atómica.

Potasio: Cuantificación: Espectrofotometría de Absorción atómica.

Nitrógeno: Gravimetría Kjeldahl.

Azufre: La determinación del azufre extraíble con fosfato monobásico de potasio (KH₂PO₄) según Ensminger (9) y determinado según MASSOUMI Y Cornfield (19).

Materia orgánica: La determinación se realizará mediante Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black.

Elementos tranza: NTC 5526:2007. Los elementos analizados mediante la espectrofotometría de absorción atómica son el B, Cu, Fe, Mn, Al, y Zn en las mismas condiciones operativas para el suelo.

Análisis microbiológicos: Bacterias mesófilas aerobias, hongos totales (mohos y levaduras), actinomicetos.

Bacterias mesófilas aerobias: mediante la técnica de recuento en placa.

hongos totales (mohos y levaduras): usando el método de recuento en placa.

Actinomicetos: método de recuento en placa.

8.2. ETAPA 2. ESTABLECER UN CULTIVO DE ARROZ (ORYZA SATIVA) PARA DETERMINAR EL EFECTO NUTRICIONAL Y ASÍ MISMO CUANTIFICAR LA INFLUENCIA DEL EMPLEO DE ESTA AGUA.

8.2.1. Actividad 1. Experimento a escala laboratorio

Para evitar en lo posible la incertidumbre que representan las condiciones reales de la interacción agua-suelo-planta, se ha diseñado este experimento en macetas para controlar los sucesivos aportes y la percolación (basado en el

estudio de Sendra 246, 1996). Por tanto, se toma suelo de la parcela y se introduce una vez molido en cuatro recipientes para ensayos independientes.

Metodología por emplear para el cultivo a escala laboratorio

Teniendo los 4 ensayos a escala laboratorio acondicionados.

- ✓ En el primer y segundo ensayo se contará con suelo proveniente de la zona de estudio y se riega con agua de la STAR.

- ✓ En el ensayo número 1 no se sembrará nada, mientras que el segundo ensayo se implementara la siembra de arroz, la variedad más común en la zona es la semilla certificada **Arroz-67**, usada por su ventaja como son la resistencia al verano y su periodo adelantado de cosecha de 95 días.

- ✓ Para el tercer ensayo se escoge suelo de la parcela1 luego se realizará la siembra de arroz y en el riego de este se usará agua proveniente de la quebrada san pedro de la cual se abastece el sistema de acueducto municipal lo que nos garantiza una buena calidad.

- ✓ Para este último ensayo se empleará la siembra arroz en el suelo proveniente de nuestra zona de estudio, utilizando para el riego agua destilada sin aportes. con esto se pretende comprobar en pequeñas cantidades de suelo los arrastres de elementos y contaminantes con el agua de riego, y, por el contrario, en qué medida son retenidos por el suelo o por el cultivo, a la vez que cómo afectan al crecimiento del cultivo.

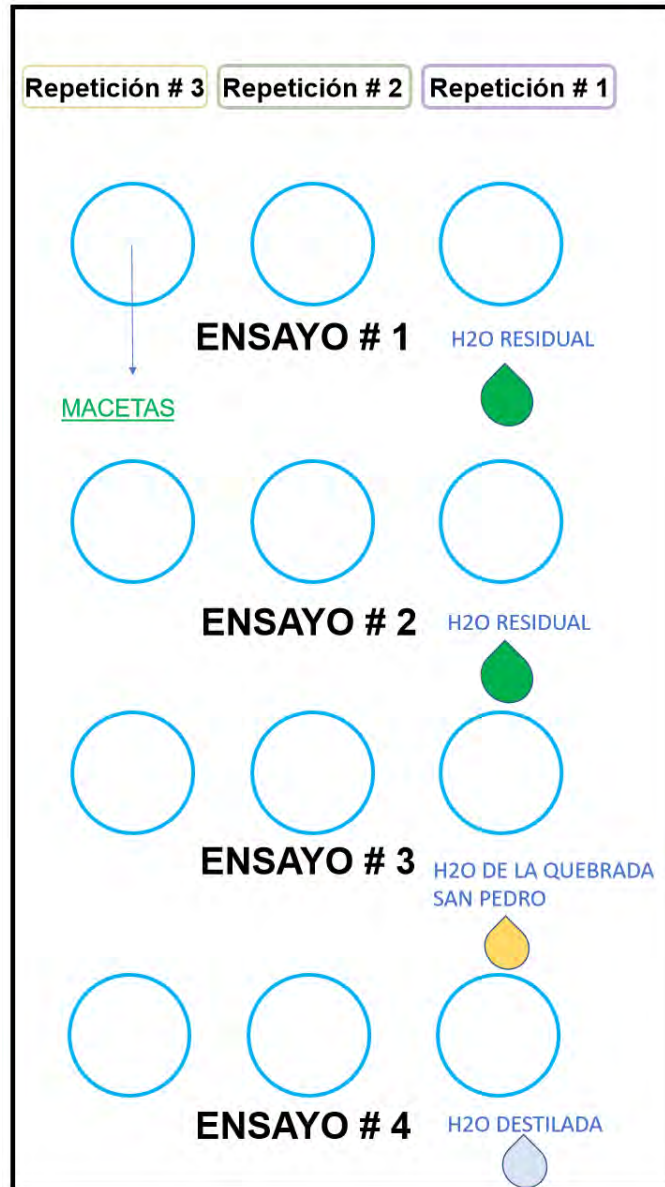


Figura 15. Diseño de la estructura del cultivo

Fuente. Autores (2019)

Escoger el material del recipiente a utilizar

Estos recipientes deben tener la posibilidad de abrir un acceso en su parte inferior para drenar el agua en el momento que se estime necesario. Por tanto, se ha optado utilizaran recipientes a partir embaces de pintura reciclados de polietileno de alta densidad, todas ellas iguales. Estos recipientes se introducen en un horno por 3 minutos a 180 grados Celsius para esterilizarlos evitando el aporte de alguna sustancia no deseada.

Procedimiento de siembra en las macetas

Teniendo los recipientes acondicionados para la siembra, la variedad a utilizar será la misma empleada por parte de los agricultores de la zona, se procede a calcular la masa de granos que serán plantados en cada maceta.

Cantidad de semilla por maceta

Para realizar el cálculo se emplea la siguiente ecuación.

$$x = \left(\frac{Ar \times y}{H} \right)$$

Donde:

X = Cantidad de arroz en (kg)

H = 10000m²

Ar = Area del recipiente de peltre

Y = Cantidad de kg de arroz por hectarea

Ecuación 2. Cantidad de arroz a sembrar por recipiente (kg)

Los ensayos comenzarán a inicios de noviembre coincidiendo con la siembra y terminarán en febrero con la cosecha. Las macetas se colocan a la intemperie en un lugar soleado. Las aguas reutilizadas para el riego de las macetas se tomarán del canal de riego que transporta el efluente del STAR, y se recogerán cada vez a distintas horas del día.

En los experimentos el riego se realizará en pequeños aportes de volumen de agua a lo largo del día con el objetivo de mantener una lámina de agua sobre el terreno que nos garantice la inundación total del suelo en cada maceta.

Desde inicio hasta el final en el ciclo de cosecha del cultivo se llevará cabo un control y reporte de las precipitaciones diaria en la zona donde se considere ubicar las plantas.

8.2.2. Actividad 2. Toma de muestras vegetales

Al final del ciclo de cosecha donde se toman las plantas cortándolas por la base del tallo a nivel del suelo, sin extraer las raíces. Se extienden sobre la mesa de trabajo, en la que se separan hojas y tallo de la panícula, para luego recoger los granos, las muestras serán tomadas de cada repetición y luego ser mezcladas para componer una muestra por ensayo teniendo así 3 muestras de hojas y 3 muestras de granos para realizar los análisis en el laboratorio.

8.2.3. Actividad 3. Análisis en la planta

El análisis de los efectos que los tratamientos aplicados ocasionan sobre la planta del arroz se estudia desde el punto de vista del contenido en los elementos químicos, pero también desde los puntos de vista morfológico de la planta y nutricional en el grano.

Contenido químico

Nitrógeno: por el método Kjeldahl y titulación potenciométrica o Combustión (oxidación completa) en Analizador Elemental.

Fósforo: Técnica Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible.

Hierro: Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible.

Zinc: Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible.

Punto de vista morfológico

Se realizará una inspección desde el punto de vista morfológico y se llevará un control cada semana con apuntes en donde se registre si existe alguna

anormalidad en cuanto a: aspecto, longitud y desarrollo de la caña, morfología y color de las hojas, calidad y desarrollo de la panícula.

Rendimiento del grano por maceta

Al final del cultivo se realizará una medición en la producción de cada maceta para cuantificar el rendimiento de las plantas por ensayo con el fin de determinar la influencia de los diferentes tipos de agua empleadas en los tratamientos.

Centro blanco

Tabla 4. Rangos de centro blanco del grano

DEFINICIÓN	RANGO
Malo	1 a 5
Bueno	0,2 a 0,8
Excelente	0

Fuente. MARTINEZ,C.CUEVAS, F. (1989)

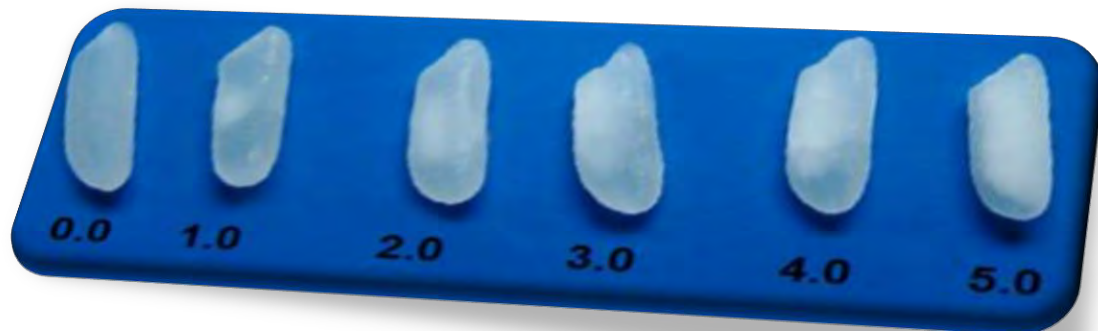


Figura 16: Escala de centro blanco

Fuente: MARTINEZ,C.CUEVAS, F. (1989)

Escala de centro blanco, donde: cero es el grano traslucido y cinco es el grano totalmente opaco.

Longitud del grano

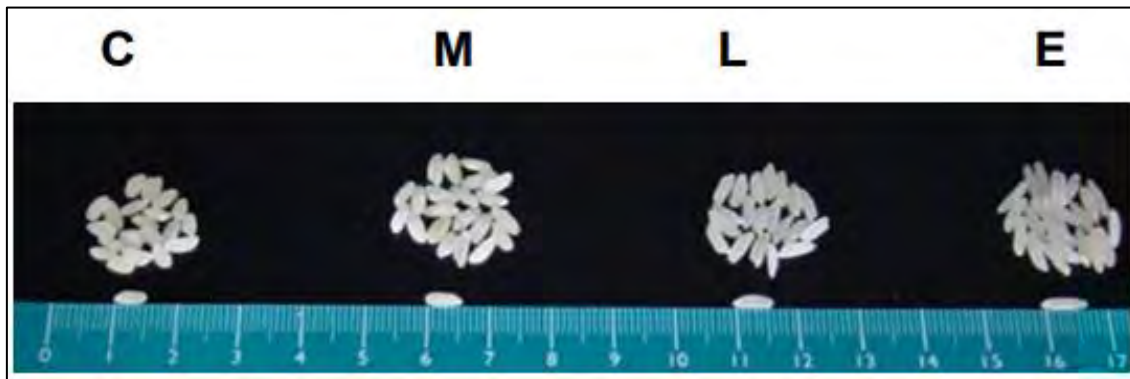


Figura 17. Rangos de longitud del grano

Fuente. MARTINEZ,C.CUEVAS, F. (1989)

Tabla 5. Rangos de longitud del grano

LONGITUD PROMEDIO	DESCRIPCION
5,5 mm o menos	CORTO (C)
5,6 a 6,5 mm	MEDIO (M)
6,6 a 7,5 mm	LARGO (L)
7,6 mm o mas	EXTRA LARGO (E)

Fuente. MARTINEZ,C.CUEVAS, F. (1989)

8.3. ETAPA 3. DETERMINAR LOS BENEFICIOS EN EL USO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EN LOS SUELOS BASE DEL ESTUDIO

8.3.1. Actividad 1. Determinar ventajas y desventajas en el empleo de esta agua en la zona arrocera

Con la información obtenida mediante el estudio de los parámetros anteriormente mencionados en la primera etapa y el análisis de la planta en el experimento, podemos determinar los posibles beneficios en el empleo de esta agua comparando los resultados de los análisis de diferentes parámetros estudiados al inicio de la siembra y al final de la cosecha.

8.3.2. Actividad 2. Encuesta agricultores

Para contrastar y corroborar los resultados de los análisis se realizarán encuestas a lo largo de la campaña agrícola. Estas encuestas fueron respondidas por vía telefónica o personalmente por los agricultores propietarios o arrendatarios de las parcelas.

Los resultados serán reflejados en los anexos a través de una serie de fichas, una por parcela, donde se recoge la información suministrada. En estas fichas figura la parcela, el propietario y su teléfono, la variedad cultivada, producción obtenida, la procedencia del agua, el tipo de abonado empleado y en qué cantidad.

Además, se consultará sobre el uso de productos fitosanitarios, apreciaciones del agricultor respecto al desarrollo de las plantas: fortaleza del tallo (tendido), coloración y aspecto de las hojas, desarrollo de la panícula, desarrollo del grano, grado de ahijamiento, enfermedades, problemática en alguna fase del desarrollo de la planta, observaciones con respecto a años anteriores (variación condiciones de cultivo, respuesta de la planta) y otras consideraciones en general.

Tabla 6. Fichas de encuestas agricultores

Parcela y Área:	Telf.
Propietario:	
Variedad utilizada:	
Producción:	
Procedencia del agua:	
% de vertido según procedencia del agua:	
Tipo de abonado:	
Cantidad de abonado:	
Productos fitosanitarios aplicados:	
Desarrollo y fortaleza del tallo (tendido):	
Coloración y aspecto de las hojas:	
Desarrollo de la panícula:	
Desarrollo del grano:	
Enfermedades de la planta:	
Problemática en alguna fase del desarrollo de la planta:	
Observaciones con respecto a años anteriores:	
Otras observaciones:	

Fuente. Autores (2019)

8.3.3. Actividad 3. Procesamiento y análisis de la información

Se van a procesar analizar los resultados obtenidos en la investigación con gráficas Y tablas ilustrativas con el propósito de obtener conclusiones de la investigación, compararla con el objetivo general y demostrar que la investigación fue positiva, además utilizaremos un software estadístico de análisis de varianza (ANOVA).

9. RESULTADOS Y ANALISIS

9.1. VISITA AL SITIO DE ESTUDIO AL MOMENTO DE LA SIEMBRA

Para tener el acceso a la zona de estudio fue necesario pedir un permiso de paso a través de la finca "CUERNO DE VACA" (parcela número 1) expedido por el propietario, se resalta que para el ingreso al terreno fue importante llevar una vestimenta apropiada para evitar daños o accidentes ocasionados por animales venenosos, plantas y otras características propias del terreno.

Una observación relevante fue que el canal de riego se encontraba en mal estado con algunas zonas donde la acumulación de sedimentos dificultaba la eficiencia en el transporte del agua llevando a tener en puntos no deseados el desborde hacia los previos destinados a la ganadería y otras actividades como se puede ver en el [anexo 1](#) .

Dentro de nuestras consultas con algunos dueños de las pequeñas parcelas de la zona arrozal varias personas nos manifestaron temas puntuales como que el canal nunca había recibido mantenimiento por parte de las administraciones municipales.

9.2. RESULTADOS DE LA TOMA DE MUESTRAS

9.2.1. Muestra del agua superficial

A continuación, se observa la ubicación exacta en el mapa del lugar en donde se realizaron los muestreos de agua superficial.

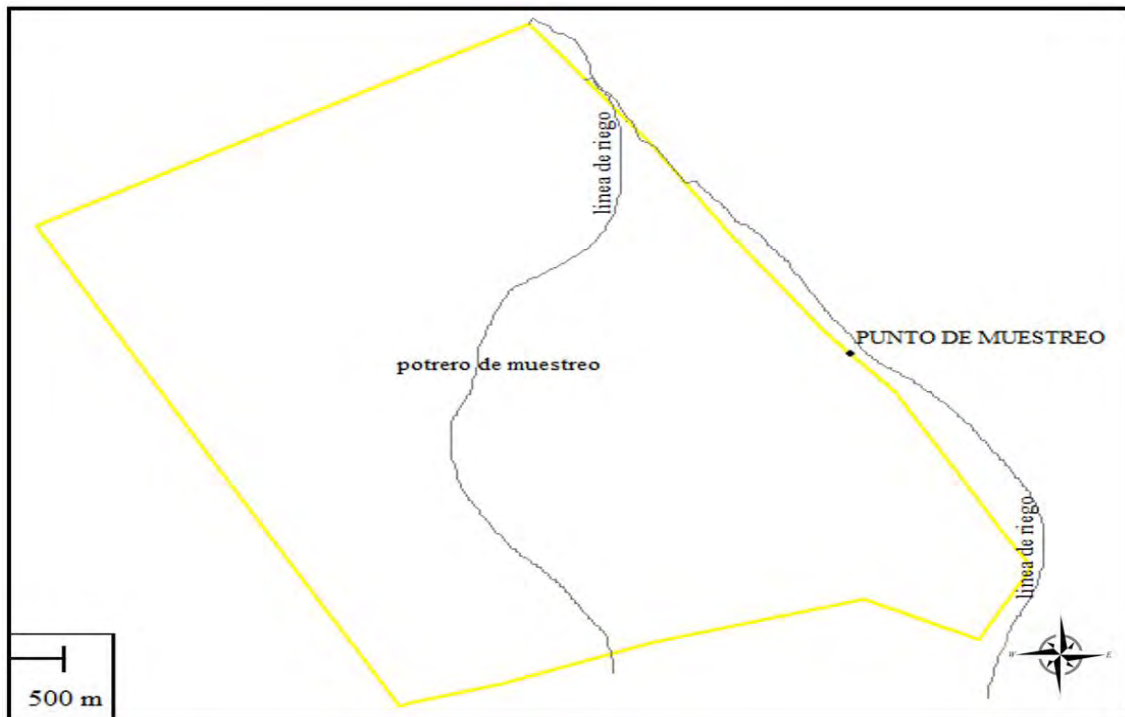


Figura 18. Ubicación del punto de muestreo

Fuente. Global Mapper 20 (2020)

9.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO

A través de la gestión con la EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR ACUACUR E.S.P, la cual nos brindó los análisis de las muestras de agua bajo el término “APOYO ACADÉMICO”. Como se puede ver en el [anexo 6](#).

Los resultados obtenidos por el LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLORES GARCIA para la muestra puntual de agua superficial son los siguientes.

Tener en cuenta la nomenclatura conceptual para una correcta lectura de la tabla.

N.A = No Aplica

N.S = No suministrado

N.R = Parámetro no

requerido por la especificación

**(A) = Acreditado (S) = Subcontratado (LCM) = Limite de
certificación del método**

Tabla 7. Resultados de análisis fisicoquímicos en muestra de agua superficial

FISICOQUIMICO					
ANÁLISIS	METODO-TECNICA	LCM	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B/ EPA 360- Incubación 5 días	2	01/10/2020	135	61
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C- Reflujo cerrado-volumétrico	20	07/10/2020	270	81,5
Grasas y aceites mg/L (A)	PARTICION INFRAROJO METODO C NTC 3362:2011 - Infrarrojo	2	13/10/2020	30	< 2
Nitratos mg NO3/L (A)	j Rodier, 9 Ed- 2011 - Fotométrico	0,886	01/10/2020	Análisis y reporte	<0,886
Nitritos mg NO2/L (A)	SM 4500 - NO2 B - Fotométrico	0,02	01/10/2020	Análisis y reporte	< 0,20
Hierro mg/L (A)	SM 3030 K / SM 3131 B- Electrométrico	0,10	14/10/2020	Análisis y reporte	4,2857
Nitrógeno total Kjeldahl mg/L (A)	SM 4500 - Norg C / SM 4500 - NH3 B, C Volumetrico	2	16/10/2020	Análisis y reporte	17,6
Fosforo total mg P/L	SM 4500 – P B, E	2	16/10/2020	Análisis y reporte	0,866

pH (25,2 °C)	SM 4500 -H+ B -	-	01/10/2020	5 a 9	8,54
U de pH	Electrométrico				
Solidos suspendidos totales mg/L (A)	SM 2540 D -	5	02/10/2020	135	46,7
	Gravimétrico				
Solidos totales mg/L (A)	SM 2540 B -	10	06/10/2020	N. R	375
	Gravimétrico				
Temperatura °C	SM 2550 B -	-	01/10/2020	40	25,2
	Electrométrico				

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos Nancy flores García (2020)

Tabla 8. Resultados de análisis microbiológicos en muestra de agua superficial

MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes totales NMP /100 ML (A)	SM 9223 B - Sustrato enzimático múlticelda	1	01/10/2020	N.R	$131,4 \times 10^4$
Escherichia Coli NMP/100 ML (A)	SM 9223 B - Sustrato enzimático múlticelda	1	02/10/2020	N.R	$34,5 \times 10^4$

Fuente. laboratorio ambiental y de alimentos Nancy flores García (2020)

Especificación: RESOLUCION 0631 del 2015 ART 8 y 16 (CARGA MENOS O IGUAL A 625,00 kg/día DBO5) – (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

- ✓ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** Agua Levemente Contaminada dentro del rango (20 - 100 mg/L)
- ✓ **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Agua superficial Contaminada con un rango de (40–200 mg/L).

- ✓ **Grasas y aceites:** < 2 mg/L en lo cual teniendo un caudal anual promedio de 180 L/S.

$$\begin{aligned} Q &= 180 \frac{L}{s} & G\&A &= 2 \frac{mg}{l} \\ \text{Aporte diario al suelo} &= 0,002 \frac{g}{l} \times 180 \frac{l}{s} \\ &= 0,36 \frac{g}{s} \left(\frac{1 kg}{1000 g} \right) \left(\frac{86400 s}{1 dia} \right) \\ &= 31,102 \frac{kg}{dia} \text{ de grasas y aceites} \end{aligned}$$

Ecuación 3. Kg de grasas y aceites que trasporta el canal de riego por día

El canal de riego transporta 31,102 Kg de grasas y aceites por día vertiéndose en la superficie del suelo donde se cosecha durante los 100 días que tarda el cultivo, las grasas y aceites afectan la permeabilidad provocando reducción en la velocidad de infiltración del agua.

- ✓ **Nitratos:** Es esencial en el crecimiento de las plantas. En el resultado obtenido de los análisis se observa que el valor del NO₃ se encuentra dentro del límite de la normalidad, es decir, no representa afectación alguna en el empleo de agua para riego.
- ✓ **Nitritos:** Es un compuesto soluble conformado por NO₂ y O₂, generalmente se convierte en Nitrato. En la tabla se indica que el valor 0,20 mgO₂/L correspondiente a Nitrito está dentro del rango óptimo para ser absorbido como nutriente fundamental para las plantas.
- ✓ **Hierro:** la concentración de hierro en esta agua superficie se encuentra en niveles por debajo de las recomendaciones de la US-EPA para riego

continuados de 5 mg/l, de la máxima permisible por la FAO para las aguas de riego que también es de 5 mg/l.

- ✓ **Nitrógeno Total:** El agua que se emplea en el sistema de riego es rica en este nutriente, en torno a 17,6 mg/L para este nivel no se puede hablar de acumulación pasiva durante el paso de agua a través del perfil del suelo, pero activa los procesos de mineralización del nitrógeno orgánico a N-NO₃ en especial en los estratos más oxidados. Además, estas aguas pueden comunicarle un importante valor fertilizante al suelo.
- ✓ **Fósforo:** se observa que los niveles de fósforo contenidos en el agua de riego son 0,86 mg P/L lo que indica un aporte importante para que se dé el proceso de la Eutroficación en algunos cuerpos de agua aledaños.
- ✓ **pH:** Las aguas tienen un pH próximo a 7.54, estas dentro del intervalo de 5 a 9, Este criterio es fundamental debido a que puede originar alteraciones en la composición faunística y florística de los cuerpos de agua; así como aumento de la influencia de ciertos compuestos tóxicos.
- ✓ **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Dentro del rango (25 – 75 mg/L) agua superficial aceptable con bajo contenido de sólidos suspendidos, favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto.
- ✓ **Sólidos Totales:** en la tabla se observa un valor dentro del rango óptimo para el agua residual.
- ✓ **Temperatura:** La temperatura presentó un valor promedio de 25,2 °C indicando que el agua evaluada en la línea de riego es cálida, se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

Esta variable es de suma importancia debido a que, en condiciones de alta temperatura, disminuye el oxígeno disuelto; aumentando la actividad

bacteriana y la sensibilidad de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos.

- ✓ **Coliformes totales:** Aguas superficiales con fuerte contaminación bacteriológica.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en 1992 una normativa respecto a la calidad bacteriológica de las aguas fecales y el número de coliformes fecales. Se considera que para el riego "sin restricción" el agua no debe tener más de 100 coliformes fecales/100 mL.

- ✓ **Escherichia Coli:** se observó presencia de la bacteria en el agua de riego indicando un fuerte nivel de contaminación en ella.

Para tener una mejor óptica del comportamiento del sistema de riego en la parcela 1 a lo largo del ciclo de cosecha del arroz, se realizaron unos levantamientos topográficos en la zona de interés.

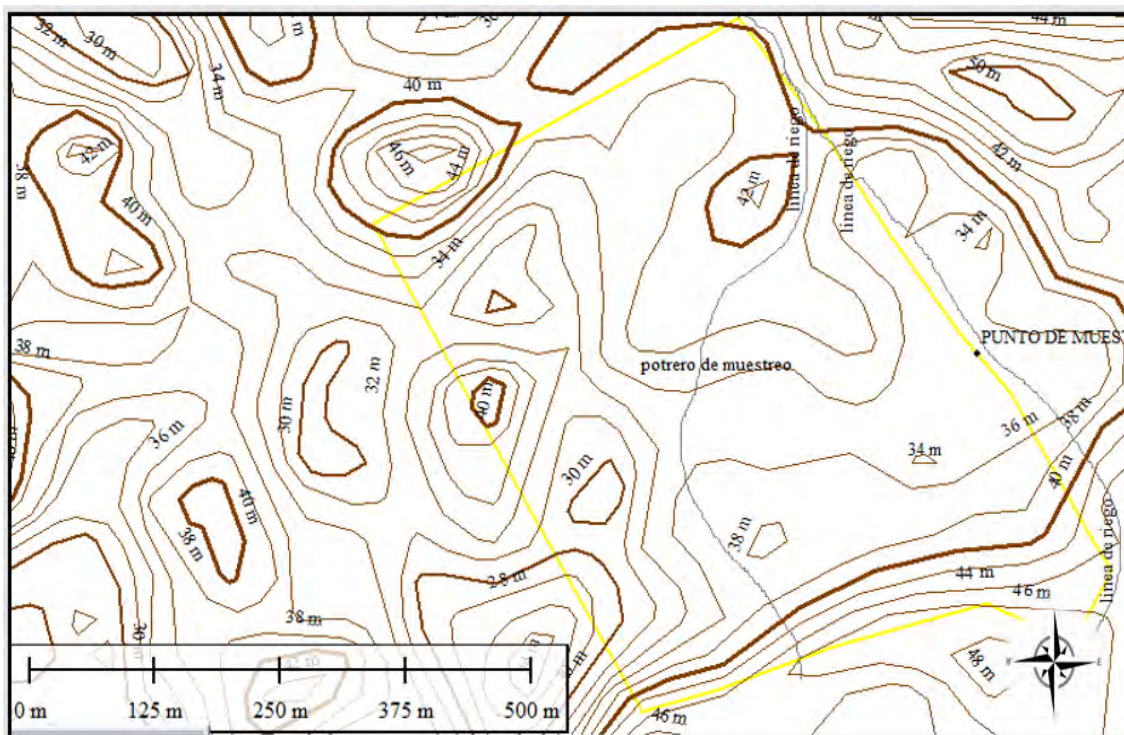


Figura 19. Cotas en la parcela 1

Fuente. Global Mapper 20 (2021)

El anterior acotamiento del terreno nos muestra los niveles que se encuentran en la parcela 1, así pues, se resalta la importancia de conocer dicha información ya que esta permitió el análisis del comportamiento hidráulico que tuvo el riego a la hora de aplicarse.

Ahora bien, se menciona la labor de los agricultores quienes a través de ensayo y error en cada cosecha han encontrado la forma de poder aprovechar estos puntos bajos y puntos altos, de esta forma, mediante uso de maquinaria agrícola corrigen con el arado antes de la siembra. Esta práctica consiste en garantizar la menor pérdida de agua posible mediante pequeños canales que aseguren la dispersión del riego solo en la zona deseada.

Así, se encontró que la mejor forma de verter el agua desde el canal de riego hacia el terreno de cultivo es mediante una serie de represas artesanales ubicadas en los puntos de menor nivel de lo cual se dispone en un (80 a 90 %) del caudal total que mantenga el canal, esto durante un periodo de 75 días para luego detener el riego, los agricultores tienen en cuenta las precipitaciones que se puedan llevar a cabo a largo plazo durante la cosecha de esto depende las aplicaciones de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes.

A continuación, se puede observar en la figura 20 el comportamiento del riego en la parcela 1 el cual es cuidadosamente asignado por zonas que se dividen en 2, la primera corresponde al canal interior encargado de humedecer una parte del terreno y la segunda zona pertenece al canal superior que rodea la parcela y humedece el área de suelo asignado.

Esta es la forma más común de llevar a cabo el sistema de riego para cultivos de arroz en la zona arrozal, cabe mencionar que en cada parcela se presentan algunas situaciones como la elevación del terreno en relación con el canal significando muchas veces tener que usar sistemas de bombeo para darle la altura necesaria al agua para que esta pueda fluir en toda la zona de cultivo.

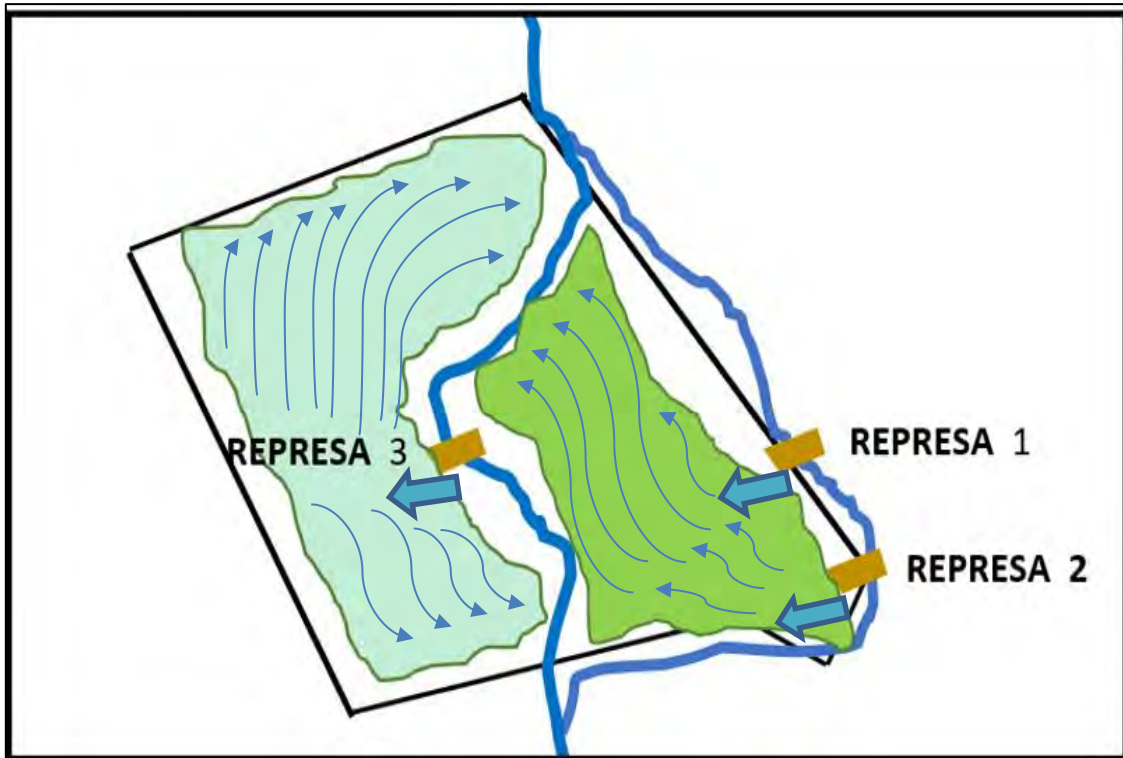


Figura 20. comportamiento del riego parcela 1

Fuente. Autores (2021)

La reutilización de estas aguas representa una importante alternativa en el aprovechamiento de un recurso que se encuentra disponible en todo momento, por tanto, los agricultores propician el cuidado continuo en la preparación del suelo para evitar el drenaje de estas aguas ya que cuentan con una importante carga microbiana y el desvío de la misma hacia los previos vecinos puede perjudicar cultivos como la yuca, el melón, la patilla, el ají y el mango.

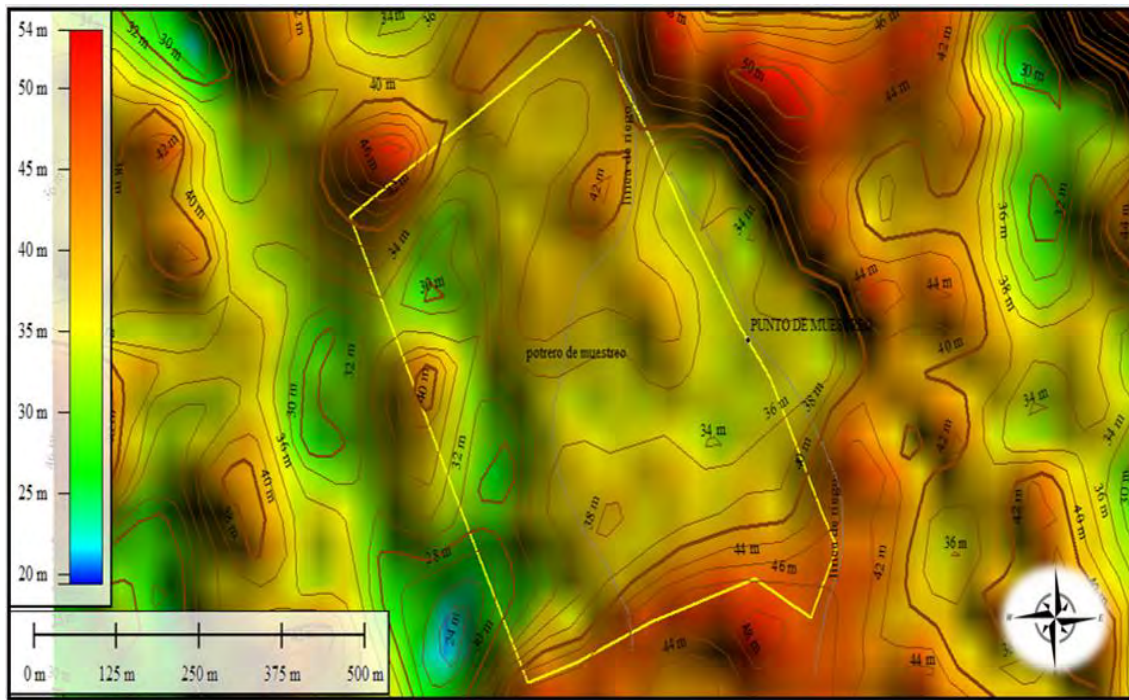


Figura 21. curvas de nivel, zona de estudio

Fuente. Autores mediante Global Mapper 20 (2021)

Observando las curvas de nivel podemos ver que las zonas azules corresponden a los puntos del nivel más bajo del terreno, las verdes a los puntos medios y las rojas a las zonas más altas, esta característica de pendiente favorece las condiciones para el riego por anegar con gran eficiencia, también se agrega la ventaja de un suelo arcilloso que permite retención de humedad y rico contenido de nutrientes lo cual posibilita tener óptimas producciones a lo largo de los años.

De los principales problemas que se encontraron en la visita a la zona arrozal a lo largo del periodo de cosecha, fue la presencia del proceso de eutrofización, así, en los pequeños cuerpos de agua aledaños a estos cultivos donde se emplea la reutilización se presenta gran desarrollo de dicho proceso como se puede observar en el [anexo 7](#).

Un importante hallazgo durante nuestra investigación en la zona arrozal la antioqueña es que solo cuenta con una fuente superficial de agua y es la proveniente del STAR, en la mayoría de los casos las parcelas cuentan con pozos artesanales y en algunas son perforados y revestidos con tuberías, estos están siendo usados con el fin de satisfacer la demanda del recurso hídrico en

cada parcela y para realizar actividades diferentes a la siembra de arroz en las cuales se requiere aguas de mejor calidad como por ejemplo para la piscicultura, ganadería, porcicultura y avicultura.

En las visitas que se realizaron se lograron identificar algunos de estos pozos artesanales y a criterio personal consideramos que se encuentran a una corta distancia del canal de riego. En la siguiente figura se puede observar la ubicación de los pozos con relación a la línea de riego.



Figura 22. Distancia de pozos artesanales al canal de riego
fuentes. Autores (2021)

Es importante resaltar que estos pozos no cuentan con ningún tipo de revestimiento y son realizados en puntos específicos, el nivel freático en la zona se encuentra en el rango de 1 a 2 metros como se describe en la [figura 23](#), lo que permite a los parceleros usar solo herramientas como pico y pala para excavar a una profundidad que varía de 4 a 5 metros para poder garantizar un importante volumen de agua como se puede ver en el [anexo 8](#), el fluido es usado solo para el riego de algunos cultivos cítricos de la zona.

Por otro lado, se considera pertinente aconsejar a los parceleros para que realicen un análisis que comprenda la caracterización de calidad de aguas subterráneas, con el fin de descartar que el canal de riego tenga implicaciones en aporte de elementos contaminantes a estos acuíferos. Esta sugerencia se realiza teniendo como base el conocimiento en el campo y resaltando la corta distancia entre los pozos y la fuente de contaminación.

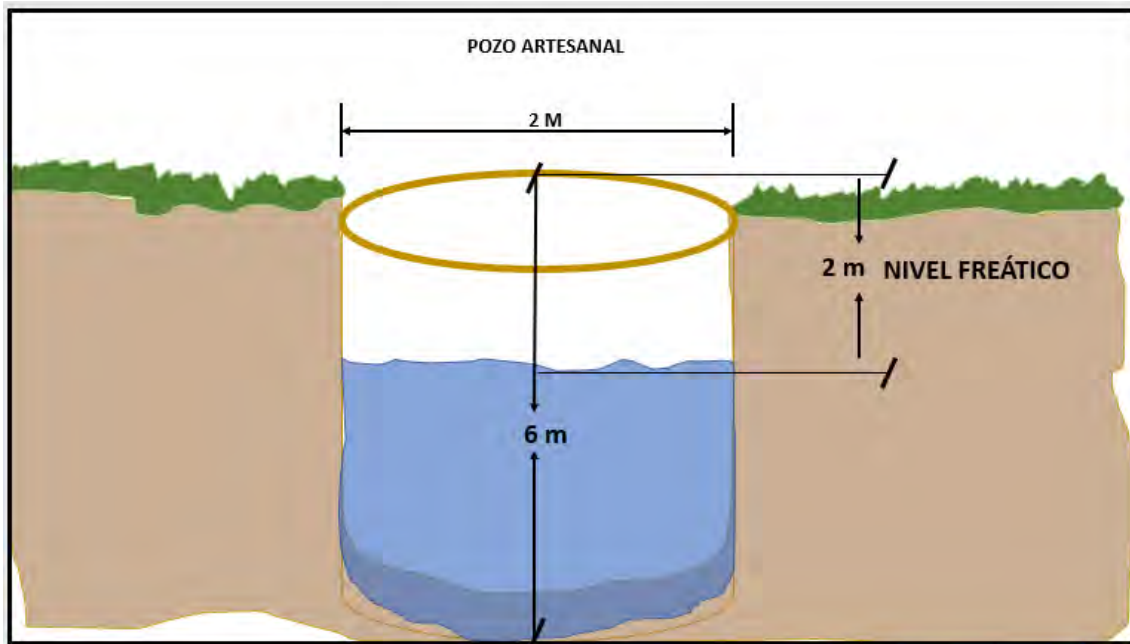


Figura 23. Nivel Freático a lo largo de la línea de riego

Fuente. Autores (2021)

9.3.1. Teniendo en cuenta la **RESOLUCIÓN NÚMERO 1207 DE 2014 (julio 25)** por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.

RESUELVE: en el artículo 1°. Objeto y ámbito de aplicación

Usuario Generador del Agua Residual Tratada: Es la persona natural o jurídica que genera las aguas residuales.

Para instancias de este estudio el usuario generador del agua residual tratada corresponde actualmente a la EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE CURUMANI CESAR ACUACUR E.S.P

Usuario Receptor del Agua Residual Tratada: Es la persona natural o jurídica que recibe y usa el agua residual tratada, pudiendo ser el mismo Usuario Generador o diferente a este.

Entendiendo lo anterior, el rol de usuario receptor del agua residual tratada corresponde a todos los parceleros aledaños al canal puesto que son los que emplean este recurso como sistema para riego de cultivo de arroz

Artículo 3°. Del reúso: Cuando el usuario Receptor es diferente al usuario generador, el primero deberá obtener la concesión de aguas, o la modificación de la Licencia Ambiental o del Plan de Manejo Ambiental cuando estos instrumentos incluyan la Concesión de Aguas.

En lo que respecta a lo que estipula este artículo 3° se encontró según los testimonios y las consultas realizadas a los diferentes agricultores de la zona que nunca han realizado ningún tipo de trámite que les permita acceder a una concesión de aguas para el uso agrícola, además algunos resaltan el no tener conocimiento acerca de las responsabilidades que adoptan al ser usuarios del recurso hídrico y mencionan la poca asesoría que han tenido a lo largo de los años por parte la CORPOORACIÓN AUTONOMA REGIONAL “COORPOCESAR”.

Artículo 6°. De los usos establecidos para agua residual tratada.

PARÁGRAFO 2°. En lo que respecta a los cultivos alimenticios que no son de consumo directo para humanos o animales, y que han sido sometidos a procesos físicos o químicos, puede usarse el agua residual tratada para riego siempre y cuando se cumplan las normas de la autoridad sanitaria y agrícola en el ámbito de sus competencias.

9.3.2. ARTÍCULO 7°. CRITERIOS DE CALIDAD. El uso de agua residual tratada deberá cumplir previamente los siguientes criterios de calidad:

1. USO AGRICOLA

Cultivos alimenticios que no son de consumo directo para humanos o animales y que han sido sometidos a procesos físicos o químicos.

Tabla 9. Comparativa de valores limites permisible según RS 1207 del 2014 frente a los resultados de los análisis del agua para el reusó en sistema de riegos en cultivos de arroz

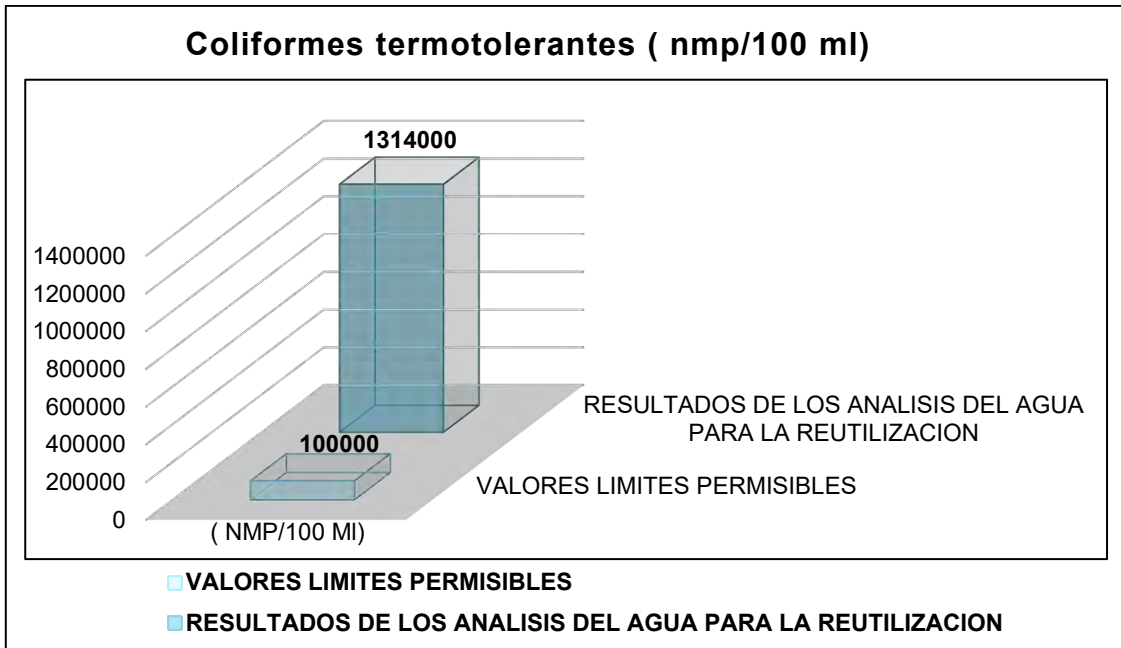
VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES LIMITES PERMISIBLES SEGÚN LA RESOLUCIÓN	RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL AGUA PARA LA REUTILIZACION
FISICOS			
PH	Unidades de PH	6,0 – 9,1	7,54
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 mL	100000	1314000
OTROS PARAMETROS			
NITRATOS	mg/L	5	< 0,886
HIERRO	mg/L	5	4,2857

Fuente. Autores (2021)

PH: este se encuentra dentro de los límites permisibles según la RS 1207 del 2014 con un valor de 7,54 unidades de PH.

COLIFORMES TERMOTOLERANTES: Este parámetro se encuentra por fuera de los valores limites permisible, es decir, el agua proveniente del STAR usada para el sistema de riego en cultivos de arroz no cumple con lo estipulado en la “RS 1207 del (2014). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible” por este motivo se le sugiere a la empresa prestadora del servicio que deben realizar acciones de mejoramiento para promover la eficiencia de los procedimientos que se llevan a cabo en los sistemas de tratamientos de las aguas residuales.

Grafica 1. Valores límites permisibles de coliformes frente a los resultados de los análisis del agua para la reutilización



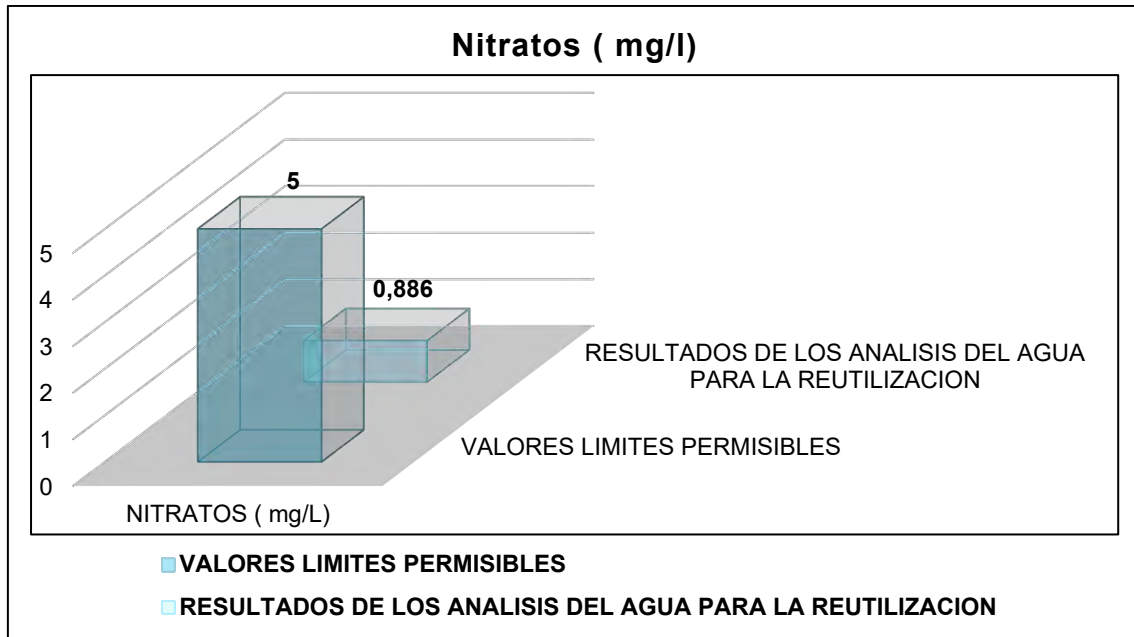
Fuente. Autores (2021)

En la gráfica anterior podemos contemplar una gran diferencia en los valores obtenidos de los resultados de la muestra del agua destinada para la reutilización y el límite máximo permisible, este valor excedido representa un mayor número aproximado de bacterias presente en la muestra de agua, indicándonos altos niveles de contaminación por coliformes termo tolerantes y desde el punto de vista microbiológico se ha de tener en cuenta que la presencia de bacterias, virus y otros microorganismos patógenos en las aguas residuales supone un problema importante para su uso agrícola.

Como respaldo de lo dicho anteriormente, se resalta lo estipulado en la nueva “ISO 22000 (2018) de Gestión de la Seguridad Alimentaria. Organismo Internacional de Estandarización”, siendo esta una norma internacional que define los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión de seguridad alimentaria para garantizar la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria desde la “la zona de producción hasta el consumidor” por lo tanto la aceptabilidad final del alimento producido viene determinada por el cumplimiento de determinados criterios, en este caso un criterio microbiológico el cual no se está cumpliendo en la zona de estudio.

NITRATOS: Están dentro de los valores límites permisible que establece la norma. A continuación, se observa en la gráfica la diferencia entre ambos valores.

Grafica 2. Valores límites permisibles de nitratos según la RS 1207 2014 frente a resultados de los análisis del agua para la reutilización

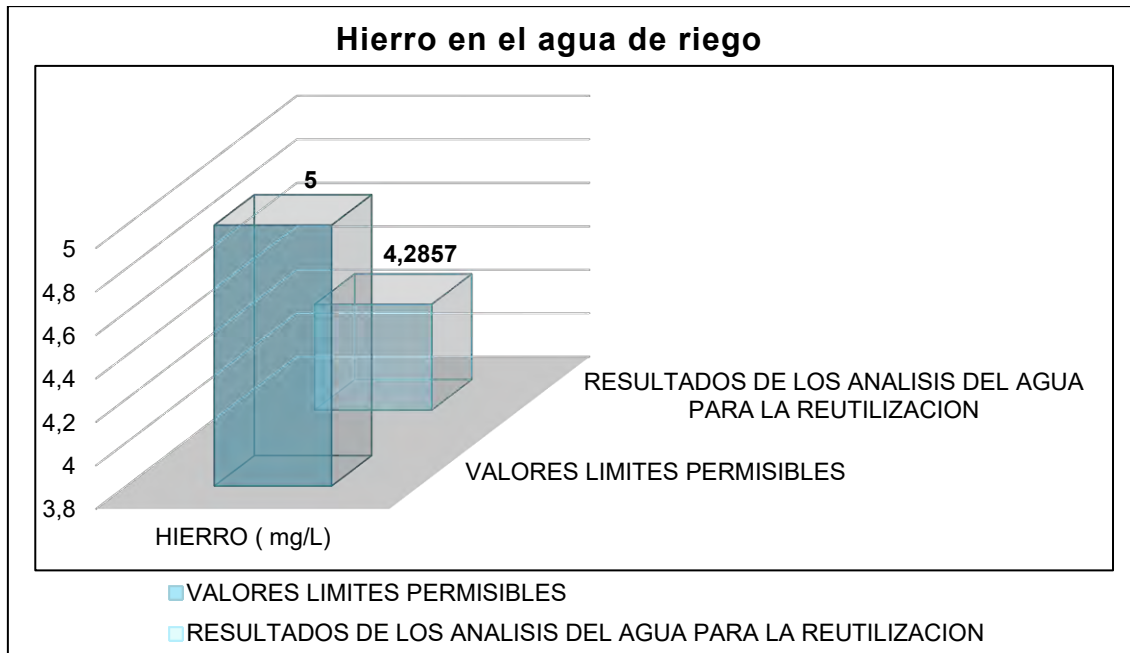


Fuente. Autores (2021)

Los niveles de nitratos para la muestra de agua destinada a la reutilización en sistemas de riego corresponden solo al 17,2 % del límite máximo permisible, en otras palabras, se podría tener un aumento del 82.3 % en el valor de los nitratos en el agua y aun permanecería dentro del rango limite estipulado por la norma.

HIERRO: Para las condiciones de PH de 7,54 que presenta esta agua superficial el hierro se puede encontrar con Fe soluble en estado ferroso.

Grafica 3. Valores límites permisibles de hierro según la RS 1207 2014 frente a resultados de los análisis del agua para la reutilización



Fuente. Autores (2021)

En la anterior grafica podemos observar la concentración de hierro en el agua que proviene del STAR, sus niveles se encuentran dentro del valor limite permisible que establece la norma en el ARTÍCULO 7°. CRITERIOS DE CALIDAD en otras palabras los valores de hierro en el agua destinada para el riego de arroz no representan riesgo.

9.4. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Los análisis en las muestras de suelo fueron realizados por la CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3, CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATÁ, KILOMETRO 14 VÍA MOSQUERA (CUNDINAMARCA) la cual nos prestó todos sus servicios de LABORATORIO DE QUIMICA ANALÍTICA (Química de suelos) como se puede contemplar en el [anexo 11, 12, 13, 15](#).

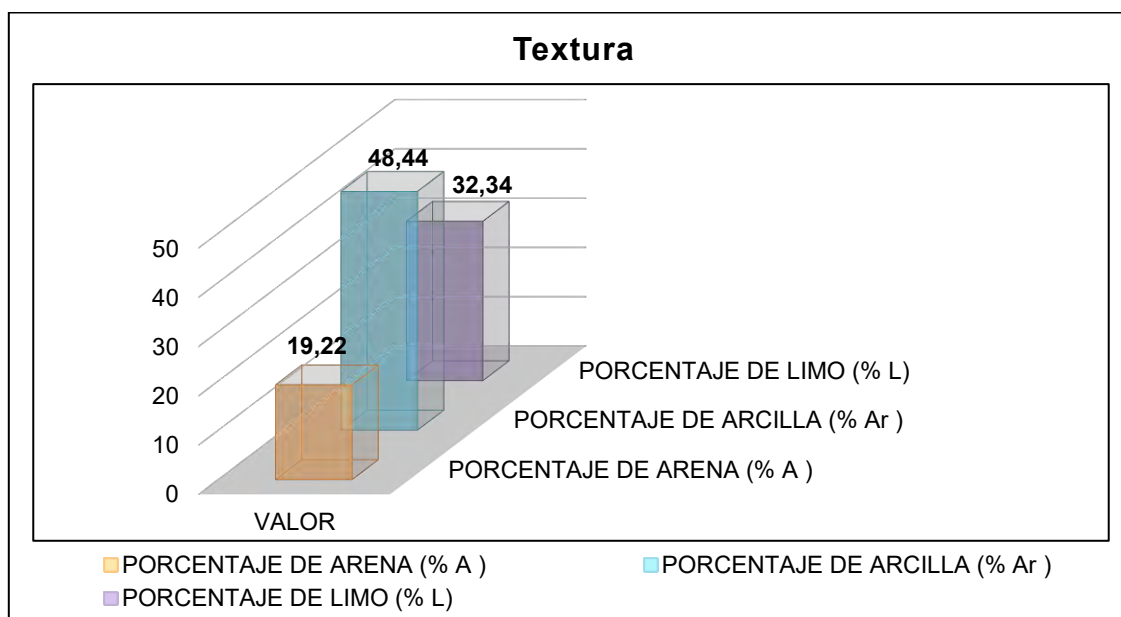
9.4.1. Textura

Este parámetro se determinó mediante un solo muestreo.

Tabla 10. Resultados de los análisis de textura antes de la cosecha

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR
Porcentaje de arena (% a)	g/100 g	Modelo de bouyoucos	19,22
Porcentaje de arcilla (% ar)	g/100 g	Modelo de bouyoucos	48,44
Porcentaje de limo (% l)	g/100 g	Modelo de bouyoucos	32,34
Clase textura	No aplica	Modelo de bouyoucos	Ar
		Gravimetría	

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)



Grafica 4. Textura % de (limo, arcilla y arena)

Fuente. Autores (2021)

Los suelos de la zona de estudio cuentan con una gran cantidad de arcilla en el rango del 48 %, 32,34 % limo y 19,22 % para arena como se puede observar en la gráfica.

Este suelo clasificado como arcilloso o de textura fina es un suelo con mucha adherencia, poco aireados, además es una tierra donde es muy difícil realizar

labores agrícolas, pero cuenta con buena capacidad de retención de agua, siendo esta última una de las características que favorecen el desarrollo del cultivo de arroz mediante el riego por inundación puesto que la velocidad de infiltración del agua en el suelo depende en gran parte de la textura y la materia orgánica.

9.5. ANTES DE LA COSECHA

A continuación, los resultados del laboratorio para las muestras tomadas antes de la cosecha.

9.5.1. Resultados de los análisis físicos

Tabla 11. Resultados de los análisis físicos antes de la cosecha

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
Densidad real	gr/cm ³	matraz volumétrico	2.62	Normal
Densidad aparente	gr/cm ³	Método del cilindro	1.39	Ideal
% porosidad	%	Calculado	46.94	Media

Fuente. Autores (2020)

9.5.2. Resultados de los análisis químicas

Tabla 12. Resultados de los análisis químicos antes de la cosecha

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-046, versión 05 de 2019-10-02	6.21	Ligeramente ácido
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Método b. Medición en suspensión suelo	0.35	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	2.55	Medio
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 V2 2019- 09-20	1.48	--

Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-048, versión 05 de 2019-10-02.	29.51	Medio
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	27.98	Alto
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	13.40	Media
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.32	Medio
Acidez (Al)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	10.16	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	2.65	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.30	Medio
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.29	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	338.59	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	3.34	Alto
Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	28.67	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	5.73	Alto
Saturación de Calcio	%	Cálculo	76	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	20	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	2	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	2	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Gravimetría (Kjeldahl)	0.27	Medio

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2020)

9.5.3. Resultados de los análisis microbiológicos

Tabla 13. Resultados del análisis microbiológico antes de la cosecha

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR
Recuento de bacterias mesófilas aerobias	UFC/g	Recuento en placa	8,43 E+06
Recuento de hongos totales (mohos y levaduras)	UFC/g	Recuento en placa	9,43E+02
Recuento de actinomicetos	UFC/g	Recuento en placa	Menor a 50

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2020)

9.6. POSTERIOR A LA COSECHA

Observemos los resultados del laboratorio para las muestras tomadas posterior de la cosecha.

9.6.1. Resultados de los análisis físicos

Tabla 14. Resultados de los análisis físicos antes de la cosecha

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
Densidad real	gr/cm ³	matraz volumétrico	2.64	Normal
Densidad aparente	gr/cm ³	Método del cilindro	1.44	Ideal
% porosidad	%	Calculado	45.45	Media

Fuente. Autores (2021)

9.6.2. Resultados de los análisis químicos

Tabla 15. Resultados de del laboratorio de análisis químicos antes de la cosecha

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
-------------------------	--------	--------	-------	----------------

pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-046, versión 05 de 2019-10-02	6.45	Ligeramente ácido
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Método b. Medición en suspensión suelo	0.32	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	3.56	Medio
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 V2 2019-09-20	1.32	--
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-048, versión 05 de 2019-10-02.	13,45	Medio
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	22.13	Alto
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	13.30	Media
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.44	Medio
Acidez (Al)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	9.24	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	2.61	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.24	Medio
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.27	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	321.01	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	3.22	Alto
Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	26.02	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	5.23	Alto
Saturación de Calcio	%	Cálculo	73.1	Alto

Saturación de Magnesio	%	Cálculo	19,8	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	1,93	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	2,05	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal
Nitrógeno total (NT)	%	Gravimetría (Kjeldahl)	0.15	Medio

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

9.6.3. Resultados de los análisis microbiológicos

Tabla 16. Resultados de los análisis microbiológicos posterior a la cosecha

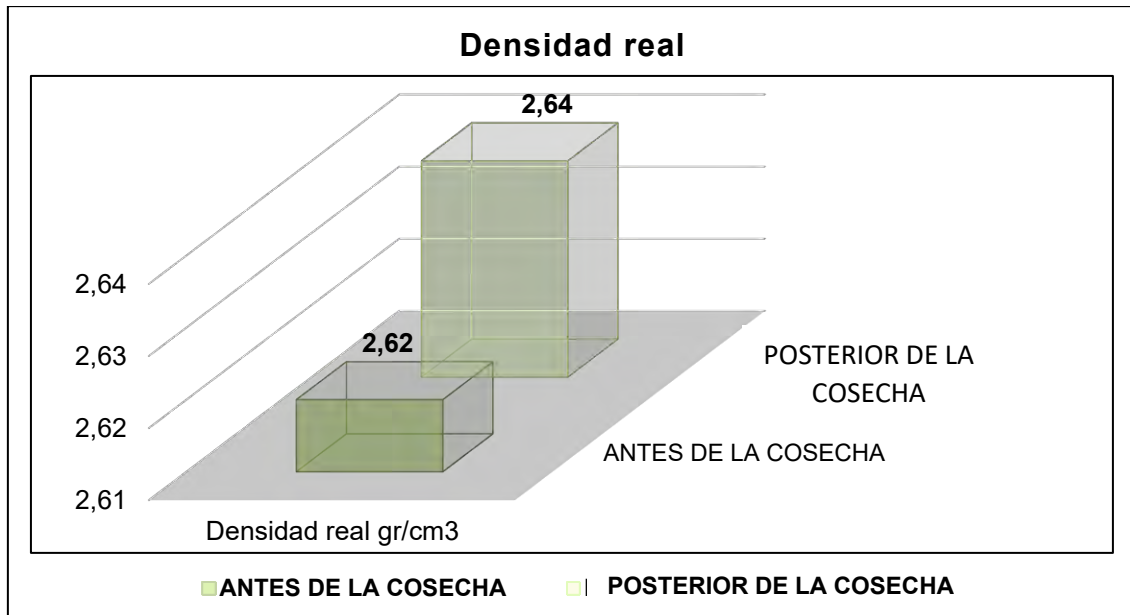
DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR
Recuento de bacterias mesófilas aerobias	UFC/g	Recuento en placa	1,05E+07
Recuento de hongos totales (mohos y levaduras)	UFC/g	Recuento en placa	8,93E+03
Recuento de actinomicetos	UFC/g	Recuento en placa	Menor a 100

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

9.7. PARÁMETROS FÍSICOS

9.7.1. Densidad real

Se encontró que en un primer lugar para el muestreo antes de la cosecha la densidad real obtenida fue 2.62 gr/cm³ y en segundo lugar el muestreo después de la cosecha arrojó una densidad de 2.64 gr/cm³ encontrándose ambas unidades dentro de los valores típicos.



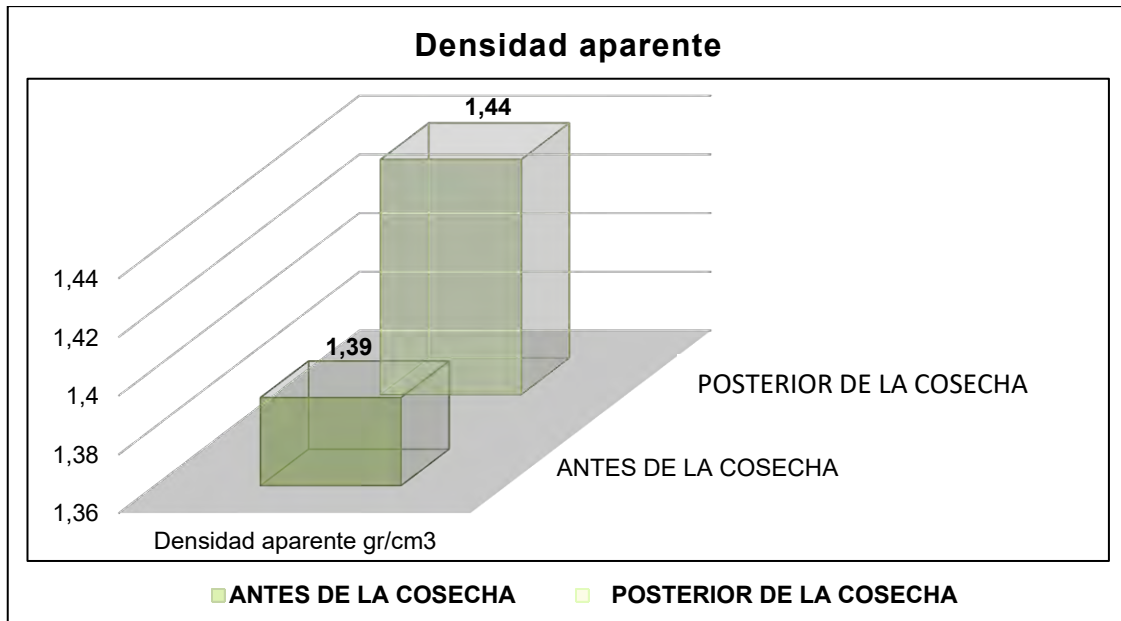
Grafica 5. Densidad real para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

Cabe resaltar que estas variaciones en los valores de la densidad se le atribuyen al uso de maquinaria agrícola a lo largo del ciclo de cosecha

9.7.2. Densidad aparente

En ambos muestreos (pre y post cosecha) los valores obtenidos de la densidad aparente del suelo se encuentran en el rango ideal para permitir el crecimiento de raíces de la planta de arroz. La diferencia que se puede observar en la gráfica con respecto a los valores es atribuida al uso de la maquinaria pesada agrícola que se utiliza por parte de los agricultores.

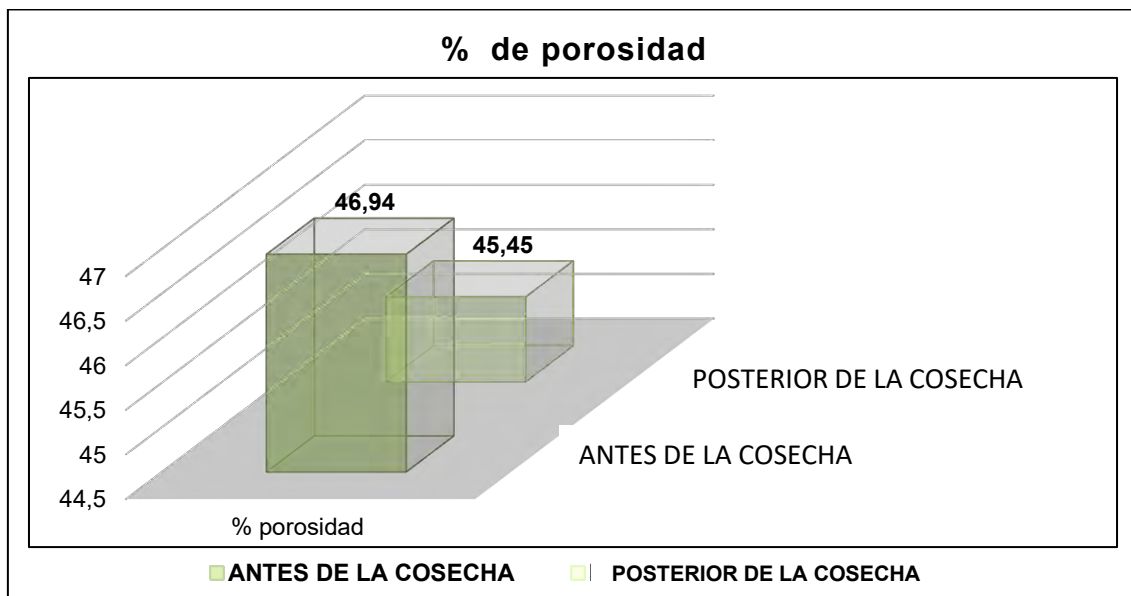


Grafica 6. Densidad aparente para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

9.7.3. % porosidad

En general para la muestra precosecha (46.94 %) y postcosecha (45,45 %) los valores están en el rango de (40 a 50 %) que equivale a un % de porosidad media, valor que beneficia la producción agrícola intensiva.



Grafica 7. % de porosidad para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

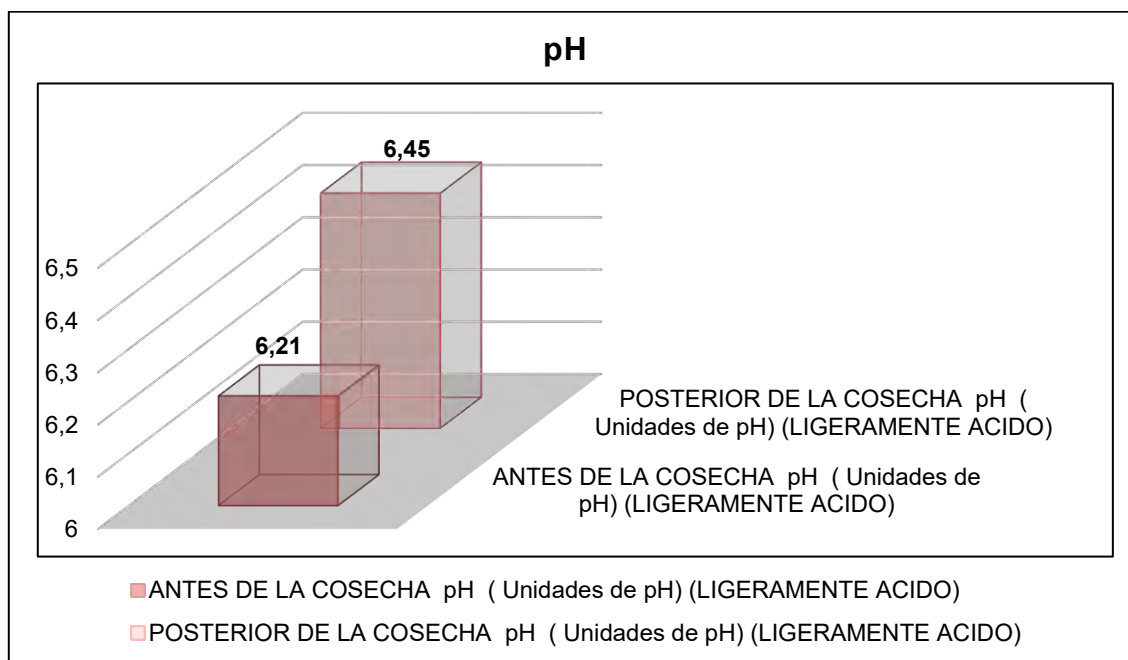
En la gráfica encontramos los datos del % de porosidad para antes y después de la cosecha con una pequeña diferencia insignificante.

9.8. PARÁMETROS QUÍMICOS

9.8.1. PH

los resultados indican que para ambas muestras (antes y después de la cosecha) el suelo tiende a tener un PH ligeramente ácido, lo que denota una disponibilidad máxima de nutrientes.

Para los valores que se observan en la siguiente grafica se puede resaltar óptimos procesos microbianos como son la nitrificación y la fijación de nitrógeno atmosférico cuyo rango favorable se encuentra 6 a 7 , el PH optimo del suelo para la planta de arroz se estima entorno a un valor de 6.5.



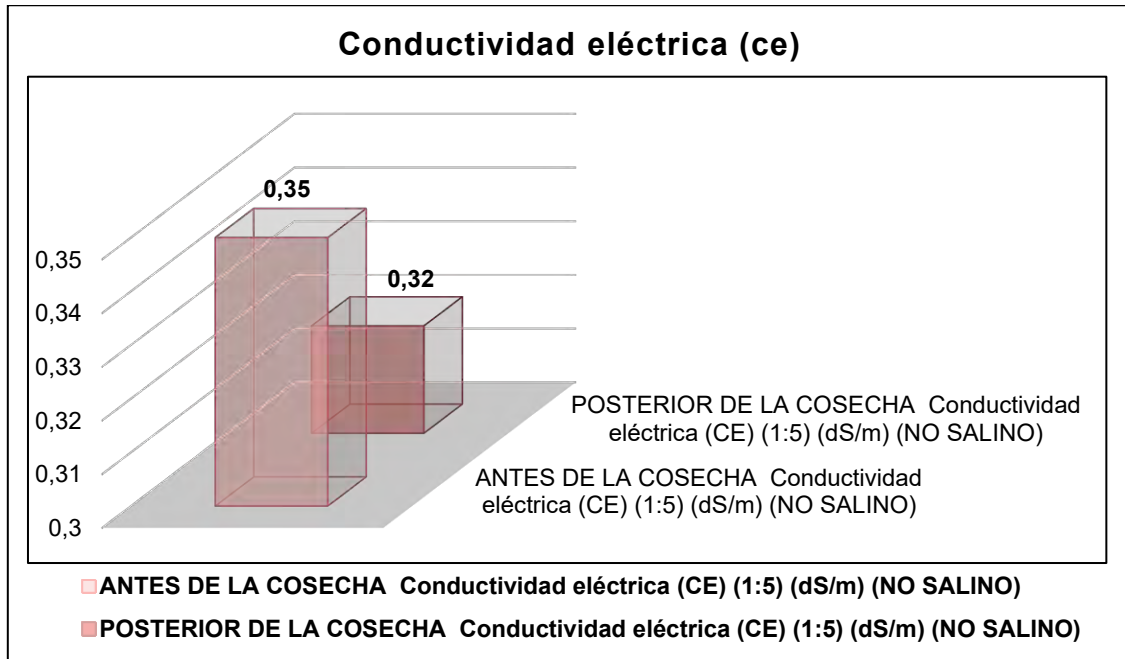
Grafica 8. PH para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

Las variaciones del PH antes y después de la cosecha provocadas por la inundación del suelo con agua residual tratada son consecuencias de la reducción del hierro y del manganeso.

9.8.2. Conductividad eléctrica

El resultado plasmado en la gráfica para ambos momentos de muestreo nos muestra un suelo no salino que indica una conductividad de 0 a 2, es decir, baja. De esto se infiere que la velocidad de movimiento de los elementos nutritivos para este suelo es lenta.



Grafica 9. Conductividad eléctrica para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

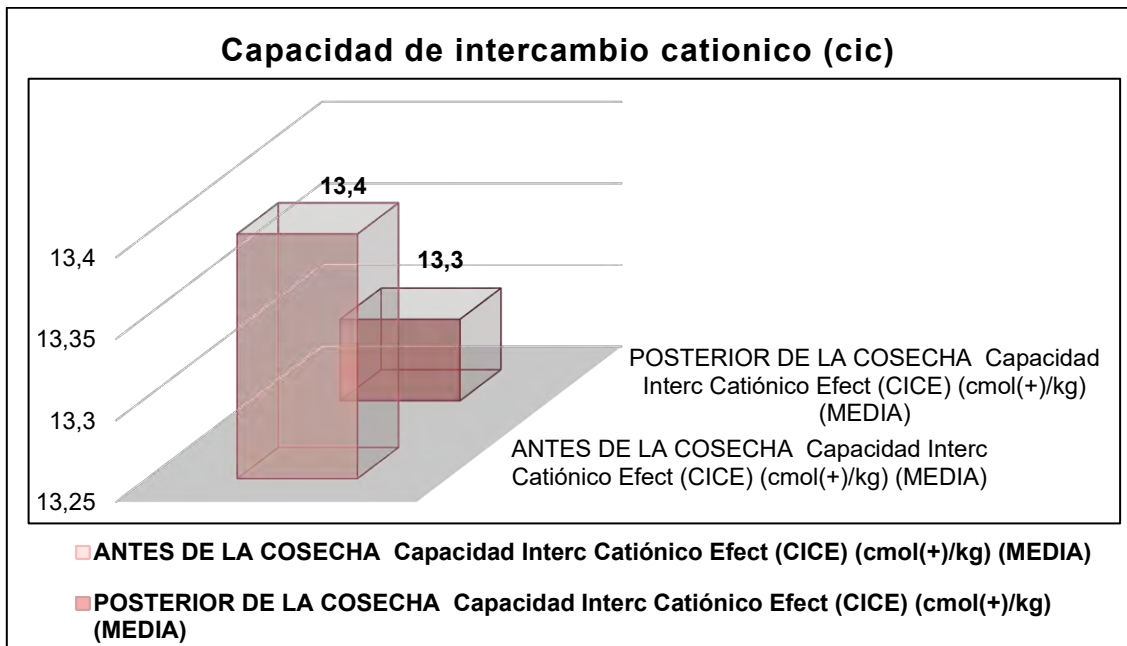
Este bajo valor en la conductividad es consecuencia de bajas concentración de sales disueltas en el agua de riego proveniente del STAR.

El cultivo de arroz es favorecido por los rangos obtenidos ya que la planta es moderadamente sensible a este parámetro especialmente en la etapa de germinación y durante el periodo que emerge la planta.

9.8.3. Capacidad intercambio catiónico

En los análisis realizados al suelo de la zona de estudio se reporta una CIC dentro del rango medio para los momentos (antes y después) de la cosecha, lo que garantiza una moderada capacidad de retener ciertos elementos, ya sean del suelo después de un proceso de fertilización o del mismo suelo sin

intervención de algún fertilizante, posterior a esto, los elementos pasan a ser liberados y suministrados a la planta.



Grafica 10. (C.I.C) para antes y después de la cosecha

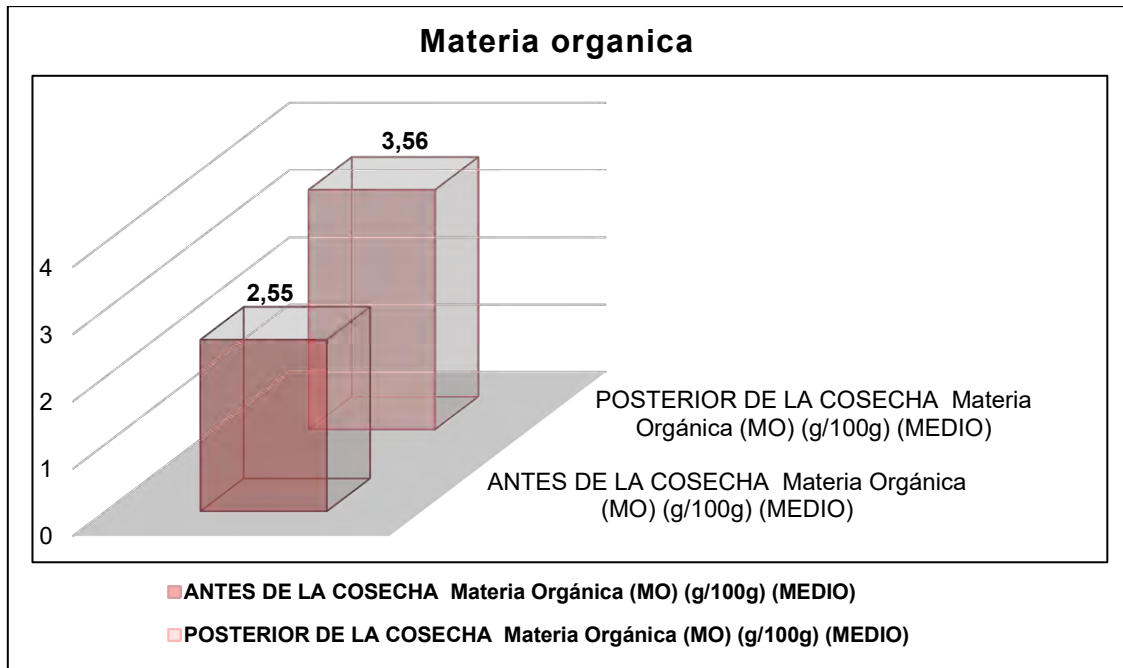
Fuente. Autores (2021)

La parcela 1 cuenta con suelos arcillosos donde es común una (CIC) en un rango de (15 a 25 cmol/kg) y se comprende que a medida que aumente este valor, se eleva la fertilidad del suelo.

Ahora bien, en lo que respecta la gráfica que representa la capacidad de intercambio catiónico se pueden observar pequeñas variaciones en los valores y se consideran no relevantes en los resultados (antes y después) de la cosecha debido a su poca diferencia.

9.8.4. Materia orgánica

Los valores obtenidos en cuanto a la materia orgánica del suelo en la zona de estudio se representan en a la siguiente gráfica:



Grafica 11. Materia orgánica para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

la materia orgánica contenida en el suelo de estudio tiene un aumento significativo en su nivel posterior a la cosecha, se les atribuye este incremento a dos factores.

- ✓ A los residuos de las plantas de arroz durante el proceso de corte que son integrados de nuevo al suelo para descomponerse mediante la actividad microbiana.
- ✓ Al uso de las aguas residuales tratadas como sistema de riego, debido a que estas son ricas en compuestos orgánicos de materias biológicas resultantes del metabolismo humano.

Se observa que para ambos muestreos (antes y después) de la cosecha el contenido de la materia orgánica en el suelo se encuentra en un nivel óptimo para este suelo arcilloso como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 17. Valores óptimos de materia orgánica en función del contenido de arcilla de un suelo.

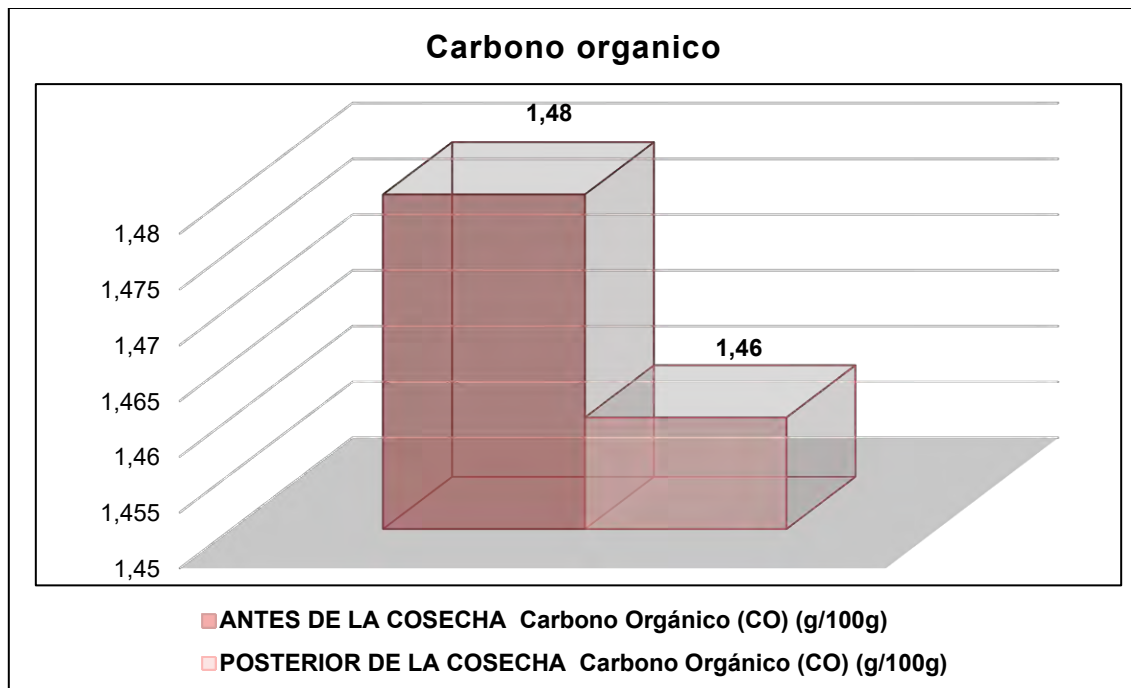
TIPO DE SUELO	NIVEL OPTIMO DE MATERIA ORGANICA
Franco	1.25%
Arcilloso	1.5 %
Limoso	2.0 %
Arenoso	2.2 %
Calcáreo	3.0 %

Fuente. (SAÑA, MORE Y COCHI, 1996)

La materia orgánica juega un papel fundamental en suelos en donde se realizan cultivos de arroz, para ello sus valores óptimos son iguales 3% o superior.

9.8.5. Carbono orgánico

Los resultados obtenidos para el carbono orgánico nos muestran que la presencia de este es un indicador de la salud del suelo que se refleja a través de la modificación de propiedades como: la estructura del suelo, capacidad de agua disponible, reserva de nutrientes entre otros.



Grafica 12. Carbono disponible para antes y después de la cosecha

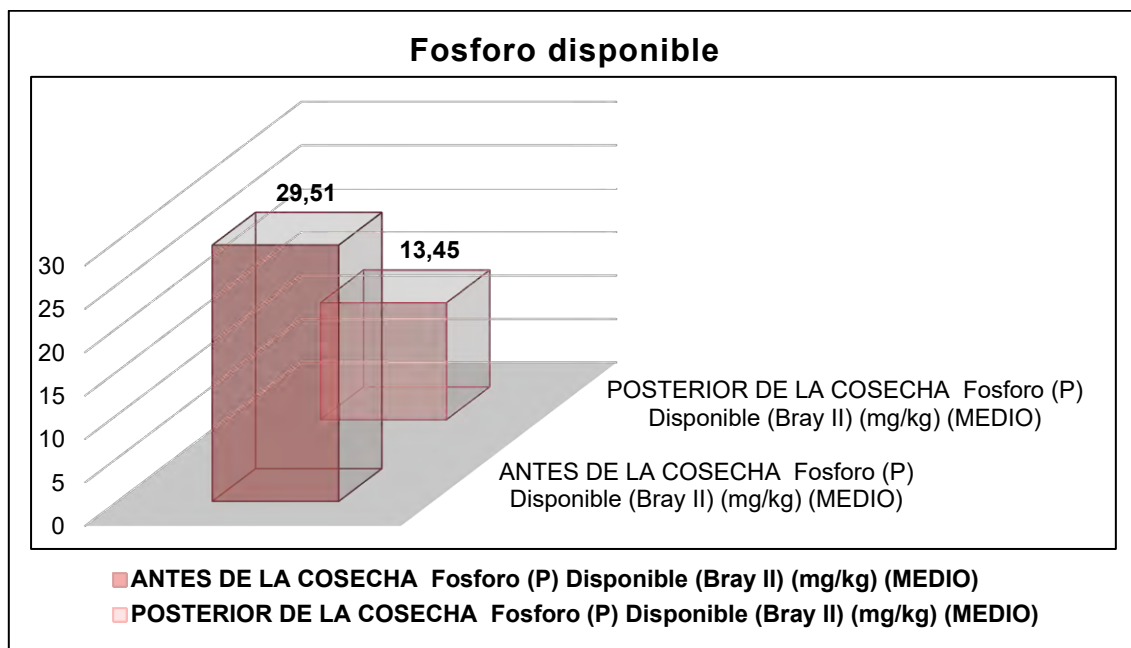
Fuente. Autores (2021)

Para los resultados obtenidos anteriormente el valor de carbono orgánico en el suelo debió variar en función de la tasa de descomposición de los residuos de la cosecha tales como raíces, restos de las plantas y otros materiales orgánicos que retornan al suelo, en términos generales la concentración de (COS) es un indicador de la calidad del suelo en la zona de estudio, brindando condiciones óptimas para la actividad biológica del suelo.

9.9. MICRONUTRIENTES

9.9.1. Fosforo disponible

El nivel mínimo de fosforo en suelos para satisfacer las necesidades del arroz es de 6 mg/kg. En términos generales los resultados arrojados por los análisis de las muestras (antes y después) de la cosecha corresponden a una clasificación valorada como buena en un rango de (21 y 30 mg/ kg) como lo indica MARTINEZ JAVIER en su tesis doctoral “ESTUDIO AGRONÓMICO Y AMBIENTAL DEL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EN EL CULTIVO DEL ARROZ. APLICACIÓN A UNA LÍNEA DE RIEGO EN EL PARQUE NATURAL DE LA ALBUFERA (VALENCIA)”.



Grafica 13. Fosforo disponible para antes y después de la cosecha

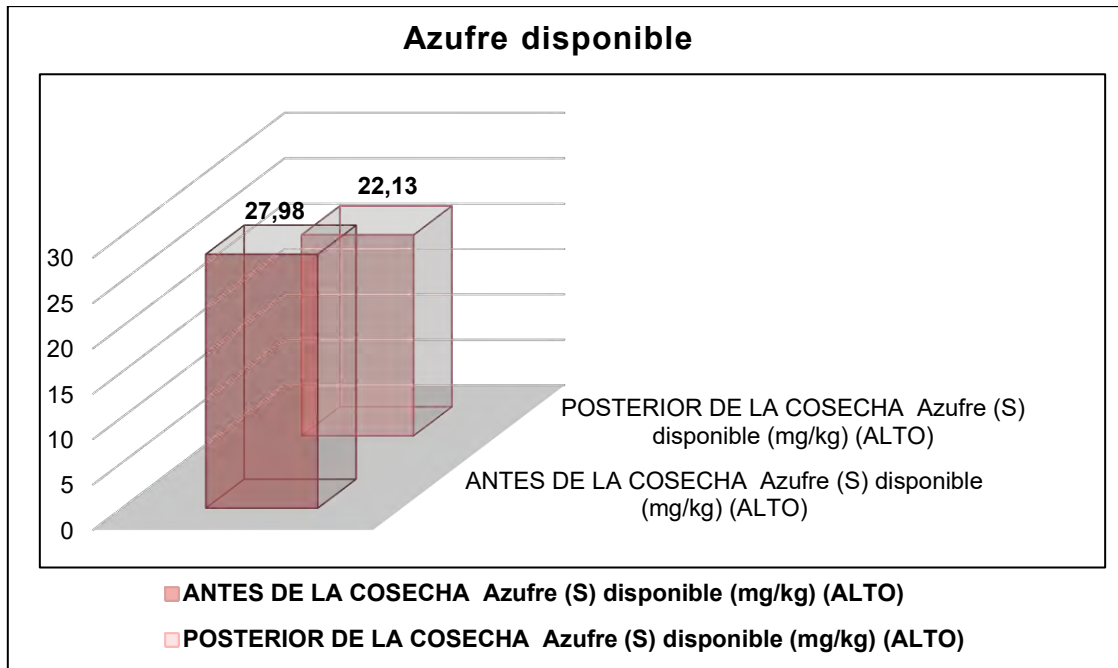
Fuente. Autores (2021)

Los suelos de la zona de estudio son ricos en fósforo, aunque en forma no asimilable ya que la mayor parte del fósforo contenido en el suelo no es asimilada por las plantas debido a su insolubilidad, únicamente pueden asimilarlo bajo las formas de sal acida o Hidrogenada en menor proporción bajo la forma de ácido fosfórico, es importante tener en cuenta el contenido de fosforo de las aguas residuales tratadas destinadas para el riego.

En relación con otros parámetros este suelo presenta un PH de (6.21 y 6.41) para los dos momentos del muestreo, valores en los cuales se presenta el máximo aprovechamiento del fósforo para las plantas de arroz. Además, los suelos arroceros en donde se emplea el sistema de riego por inundación tienen una mayor capacidad de suministro de fósforo.

9.9.2. Azufre disponible

Las condiciones de intensas precipitaciones combinado con el riego por inundación pueden tener como consecuencia directa lixiviar al ion sulfato. Un fenómeno que particularmente se presenta en los suelos de CIC baja (arenosos). En la zona de estudio Sucede lo contrario estos iones tienden acumularse en el suelo a lo largo de los años, siendo esta una condición que se presenta en suelos con gran % de arcilla, como resultado las concentraciones de azufre disponible se consideran altas tanto antes de la cosecha como posterior a ella.



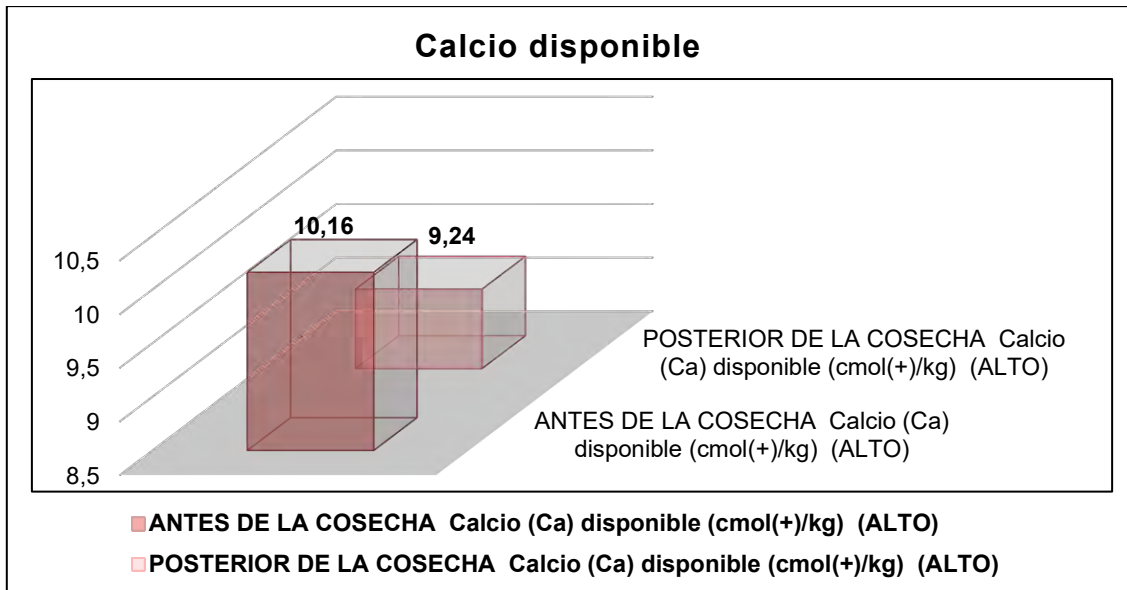
Grafica 14. Fosforo disponible para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

Inicialmente antes de cosecha el suelo cuenta con mayores niveles de azufre en comparación al valor posterior a esta, como se puede observar en la gráfica, estas variaciones son el resultado del aumento de la remoción por los cultivos, para este caso las plantas de arroz absorben el SO_4^{2-} en el suelo a través de sus raíces.

9.9.3. Calcio disponible

Las bases de cambio como el calcio se presentan en este suelo en niveles edáficos altos siendo suficiente para satisfacer la alta demanda del cultivo de arroz.



Grafica 15. Calcio disponible para antes y después de la cosecha

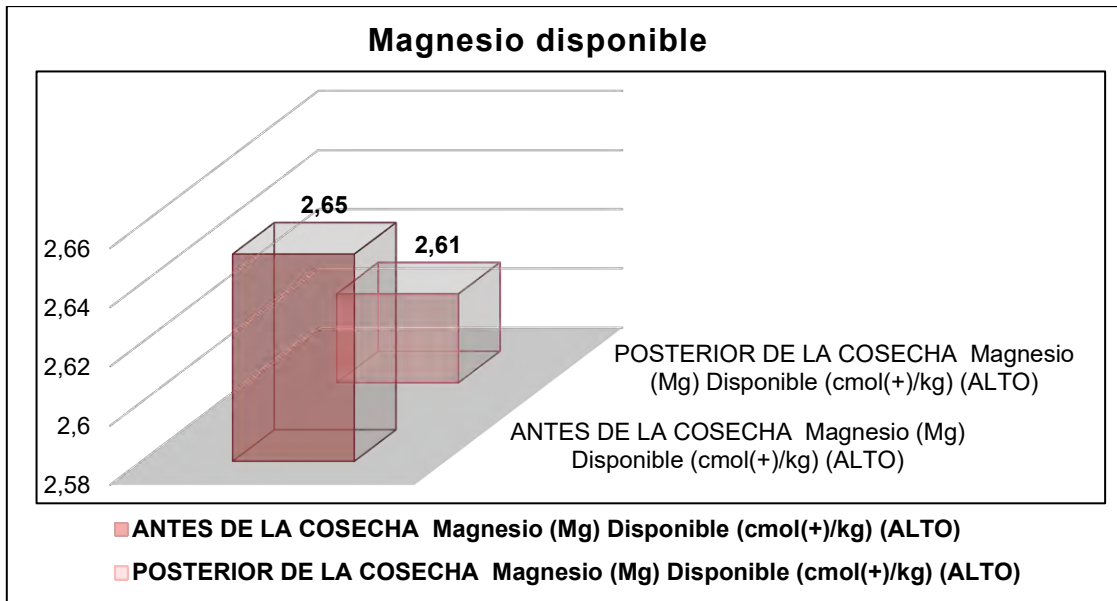
Fuente. Autores (2021)

Este alto contenido de calcio en el suelo puede acarrear problemas de antagonismo con el magnesio y dificultar su absorción por parte de la planta en forma del catión Ca^{2+} .

En la gráfica del calcio disponible se puede ver una variación de 10.16 cmol (+) /kg para los niveles antes de la cosecha y 9.24 cmol (+) /kg para niveles posterior a esta. La disminución de calcio que se observa en los resultados es consecuencia de la pérdida del elemento por la lixiviación que es llevada a cabo durante el periodo de inundación del suelo y consumo del cultivo.

9.9.4. Magnesio disponible

El magnesio extraído del suelo se encuentra en proporción adecuada con respecto al calcio para cada momento de muestreo en la zona de estudio, sin embargo, el reporte de resultados indica una alta concentración de este elemento.



Grafica 16. Magnesio disponible para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

En la gráfica podemos observar una disminución en el valor del (mg) disponible después de la cosecha, este hecho es atribuido en primera instancia a las pérdidas generadas por la lixiviación que se presenta durante el periodo de inundación de la planta y en segunda instancia, al uso de fertilizantes de potasio aplicados por parte de los agricultores, permitiendo que estos abonos tengan la capacidad de disminuir la disponibilidad de mg.

9.9.5. Potasio disponible

Los niveles de K en los suelos de la zona de estudio se reportan de forma moderada según los resultados que arrojó el estudio, estos valores tienden a representar una deficiencia a la hora de satisfacer las necesidades del cultivo de arroz debido a que para instancias del tipo de agricultura los valores son considerados óptimos a partir de (0,6 cmol(+)/kg).



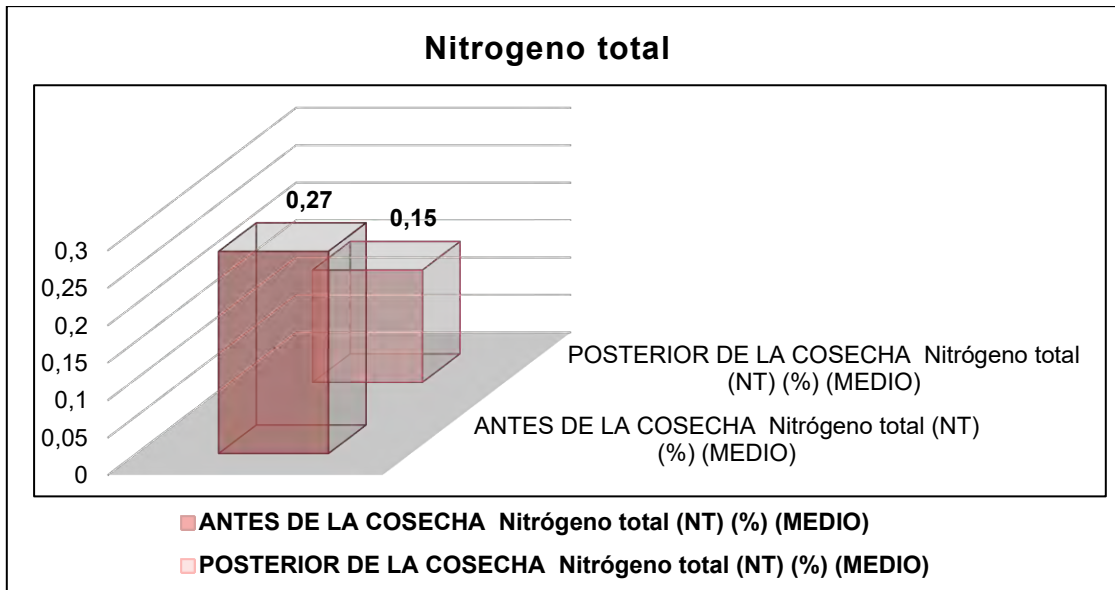
Grafica 17. Potasio disponible para antes y después de a la cosecha

Fuente. Autores (2021)

En la gráfica se puede observar una pequeña disminución en el nivel de potasio para el muestreo posterior a la cosecha, y esto se debe a que la planta de arroz obtiene este elemento rápidamente en las fases vegetativas, además, las condiciones de inundación a lo largo del ciclo de cosecha aumentan la solubilidad del potasio permitiendo una mejor absorción de las plantas en su forma iónica (k+).

9.9.6. Nitrógeno total

Para este micronutriente los niveles que se reportan (antes y después) de la cosecha se encuentran dentro de la clasificación de medio (buen provisto), en el cultivo de arroz se absorbe el nitrógeno de forma diferente que otros cultivos ya que este está sometido a un periodo de inundación, por lo tanto, la absorción se da principalmente en forma amoniacal. Las cianobacterias fijan el nitrógeno que se mineraliza de forma rápida y se asimila por la planta.



Grafica 18. Nitrógeno total para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

Es importante tener en cuenta el aporte de nitrógeno de las aguas provenientes del (STAR) usadas en los sistemas de riego en la zona de estudio, los valores que se observan en la gráfica están dentro del rango de normalidad con una pequeña disminución para el final del ciclo de cosecha, ya que la disponibilidad de (N) es mayor en suelos inundados permitiendo mayor absorción por parte del cultivo. Sin embargo, estos valores que son normales son susceptibles a aumentar dadas las condiciones de cultivo donde normalmente los agricultores emplean el abonado nitrogenado, como consecuencia de esto hemos notado que se manifiesta un excesivo desarrollo de la caña o la proliferación de algunas enfermedades como la (Pyriculariosis), la cual es la más importante a nivel mundial de todas las que afectan al cultivo del arroz.

Según la teoría consultada de diferentes autores se sabe que el 86 % del nitrógeno la planta lo toma del suelo y sólo el 14 % procede del abonado. Del abonado el 58 % se pierde, el 25 % permanece en el suelo y sólo el 17 % lo toma a la planta. Debido a las características físicas en el suelo de estudio son pocas las pérdidas de nitrógeno por lixiviación mientras que la mayoría lo hace por volatilización. Como importante medida a tener en cuenta en el caso de riego con aguas residuales tratadas prácticamente se debe abonar con nitrógeno en dosis moderadas los suelos donde se cultiva arroz, ya que si se presenta exceso

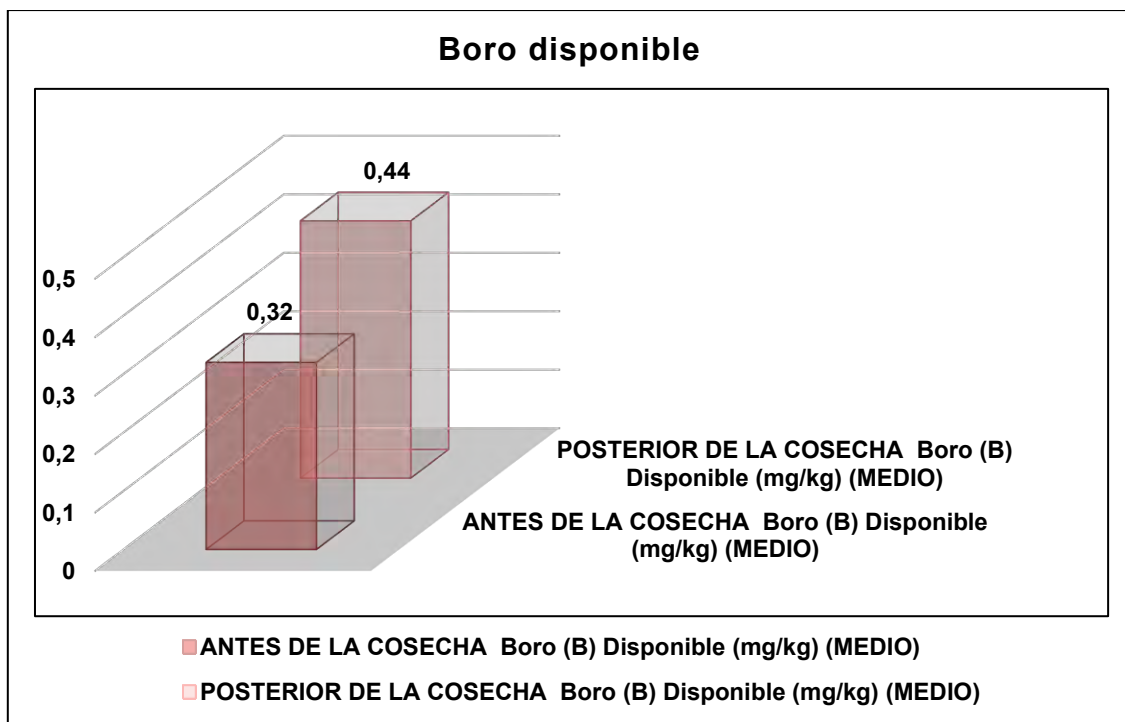
de este nutriente puede llegar a ser negativo, en consecuencia, el (N) afecta todos los parámetros que contribuyen a un buen rendimiento del cultivo.

9.10. MACRONUTRIENTES

9.10.1. Boro disponible

La concentración de boro en los suelos de la zona de estudio está dentro de los valores normales tanto para el muestreo antes de la cosecha y posterior a esta, algo que es muy importante pues un exceso de boro en el suelo podría suponer un riesgo para el consumidor.

Es de resaltar que los suelos de textura fina tienden a retener el boro, como es el caso de la parcela 1. Este hecho, no implica necesariamente, que las plantas asimilen el elemento fijado en las arcillas en cantidades mayores que en los suelos arenosos.



Grafica19. Boro disponible para antes y después de la cosecha

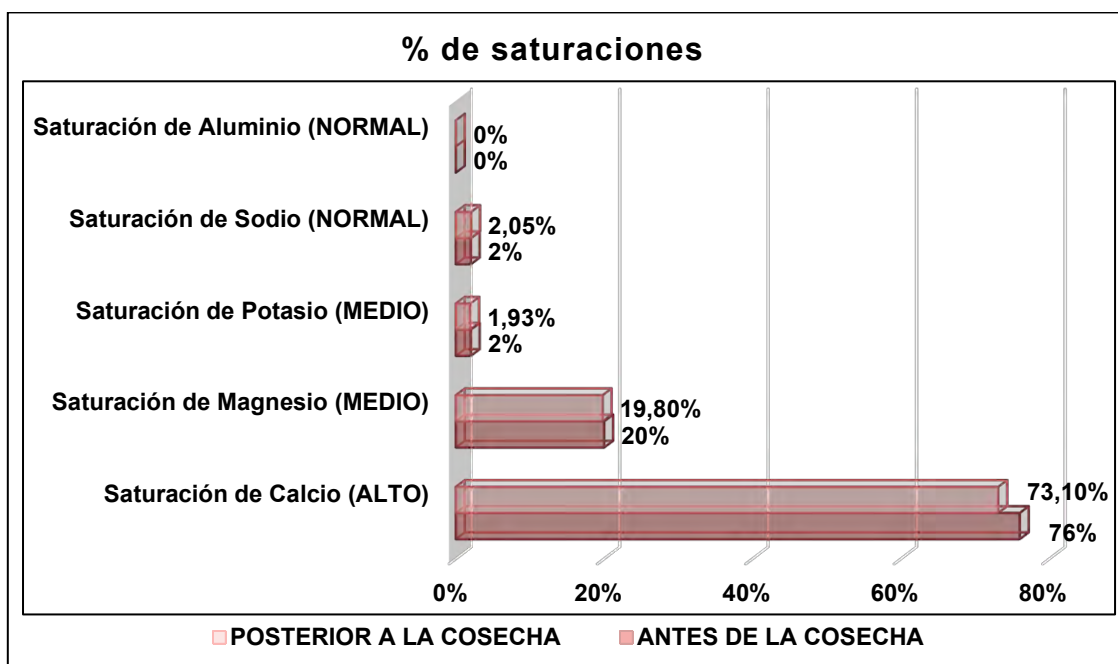
Fuente. Autores (2021)

En la gráfica anterior se pueden observar los niveles de boro en moderadas concentraciones nativas para el primer y segundo muestreo, sin embargo, la planta de arroz es un cultivo poco sensible a la carencia de boro, así, el nivel crítico de este elemento por debajo del cual aparece carencia en boro es de 0,1 y 0,7 mg/kg según las características que se presenten en el suelo.

9.11. PORCENTAJE DE SATURACIONES DE BASES

No se detectó % de saturación por parte del aluminio algo importante puesto la toxicidad que causa este elemento cuando se encuentra en altas concentraciones, para otros elementos como el sodio que no es esencial para el crecimiento de las plantas, pero es importante para el diagnóstico de suelos, su % se encuentra dentro del rango normal.

En cuanto a elementos como (k, Mn y Ca) lo deseable es tener una saturación con bases relativamente altas (>60%). El pH del suelo aumenta a medida que aumenta el porcentaje de saturación de bases, más posibilidades tiene el suelo para retener cationes, con saturaciones de base del 70% al 80% que representan suelos con pH (>6.0) como los que se tienen en la zona de estudio.



Grafica 20. % de saturaciones para antes y después de la cosecha

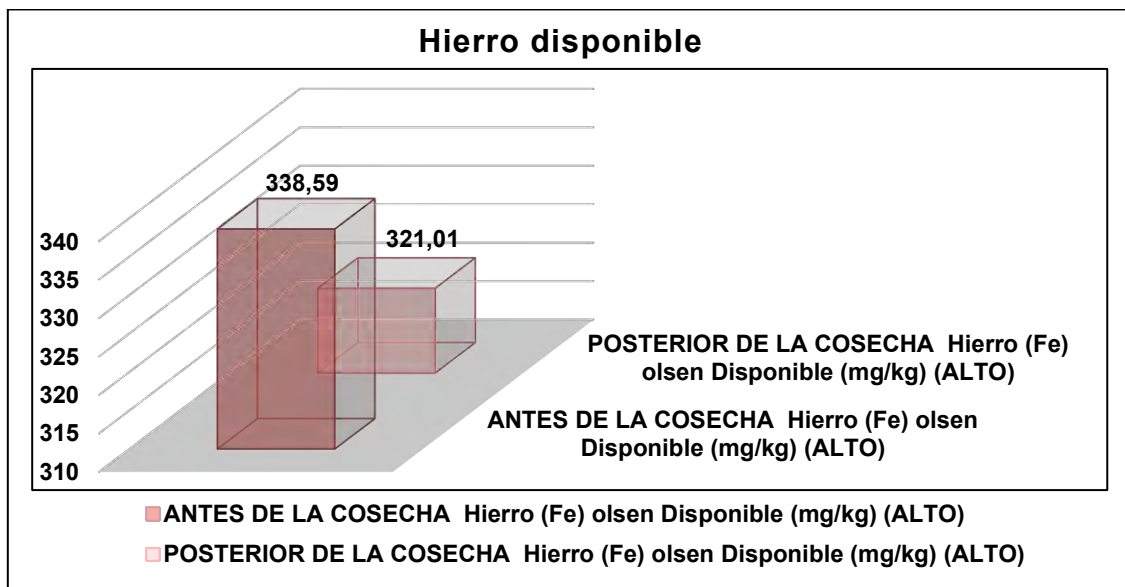
Fuente. Autores (2021)

Algunos % de saturación aumentaron en una pequeña fracción para después de la cosecha, esto se debe tanto a las condiciones físicas que se presentan a lo largo del cultivo como a otros factores que van relacionados con la química entre todos los elementos que conforman la fertilidad del suelo. No se pueden dar rangos de valores estrictos que determinen si estos parámetros son bajos o muy altos, ya que es más adecuado considerarlos parámetros relativos.

9.12. ELEMENTOS TRANZAS

9.12.1. Hierro disponible

En cuanto al Fe se observan niveles altos en su concentración tanto para el primer muestra como para el segundo, como se puede ver en la siguiente grafica.



Grafica 21. Hierro disponible para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

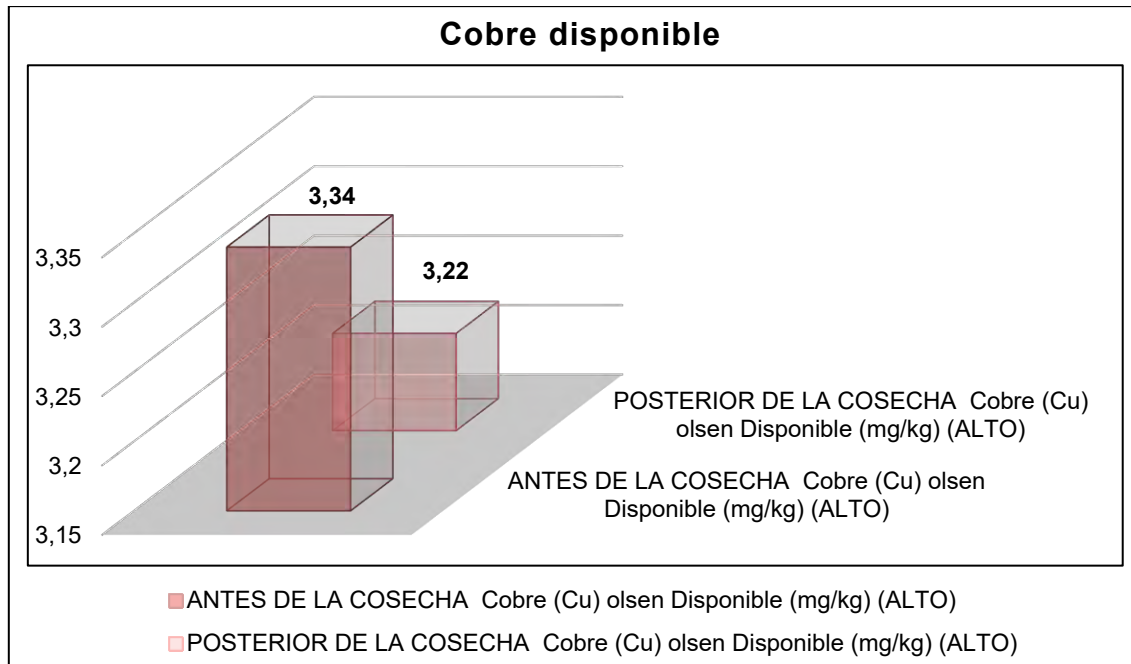
Estos altos niveles de Fe se pueden interpretar con el concepto de que en los suelos arcillosos como los que se presentan en la zona de estudio hay una marcada tendencia a retener el hierro mediante un simple proceso de absorción. En la gráfica se puede observar que en el suelo de estudio existe una situación de concentración crítica de Fe para que ocurra toxicidad, correspondiendo este valor mayor a 300 mg de Fe/kg.

Es importante mencionar que estos altos niveles no implican toxicidad para la planta y el grano, debido a que la toxicidad está relacionada no solamente con la alta concentración de Fe en la solución del suelo, sino también, con el potencial que tienen las raíces del arroz para resistir los efectos de la toxicidad de Fe, que a su vez dependen del estado fisiológico y del crecimiento del cultivo, incluyendo la variada capacidad de oxidación de las raíces proceso que se puede ver en el [anexo 14](#), por lo tanto es vital tener en cuenta factores como: un mal drenaje de la zona, baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bajo contenido de macronutrientes, condiciones que no se presenta en la zona de estudio, disminuyendo en gran medida las principales causas de afectación por toxicidad de Fe.

En las condiciones de inundación del arroz el hierro está más disponible para la planta. Las concentraciones de Fe^{2+} en la solución del suelo es controlada por la duración de la inundación a esto se deben las pequeñas variaciones en los niveles para (antes y después de la cosecha) como se puede observar en la gráfica.

9.12.2. Cobre disponible

Los niveles de cobre disponible para la zona de estudio (antes y después de la cosecha) se encuentran en altas concentraciones en la solución del suelo como lo podemos ver en la siguiente gráfica:



Grafica 22. Cobre disponible para antes y después de la cosecha

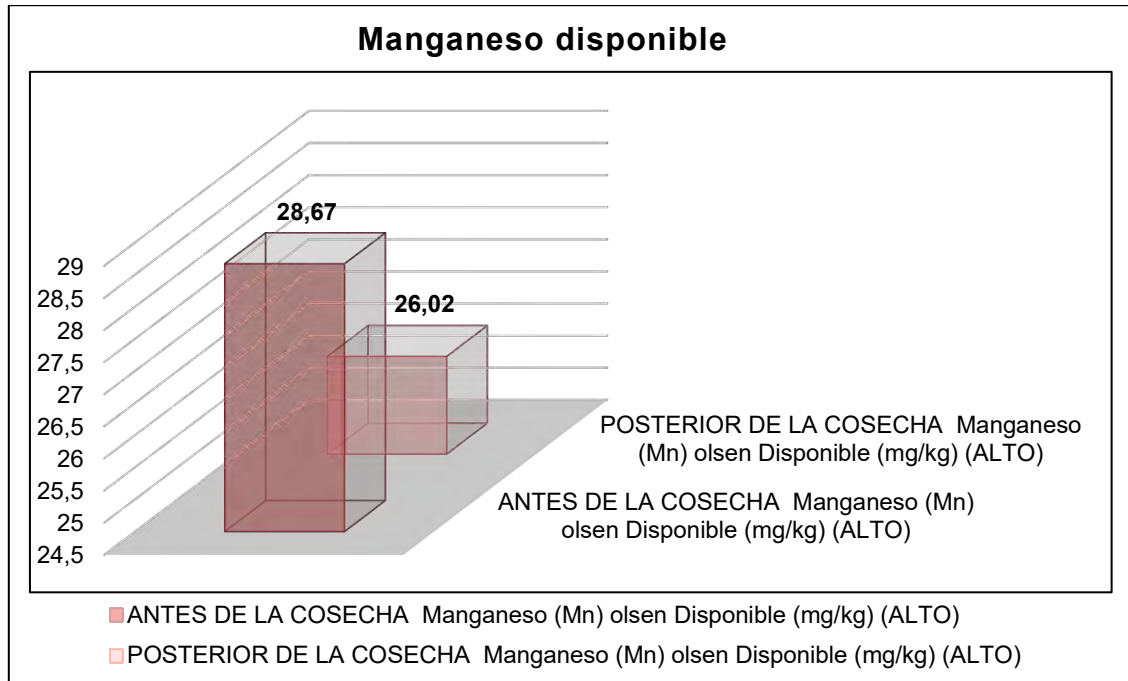
Fuente. Autores (2021)

La toxicidad del cobre se presenta por lo general en suelos con un bajo contenido de arcilla y materia orgánica, no siendo este el caso para los suelos en la zona de estudio, por otro lado, el arroz es una planta poco sensible a la carencia de este elemento.

Los niveles de cobre se mantienen altos tanto para antes como para después de la cosecha con poca variación, según las teorías consultada en “MARTINEZ JAVIER en su tesis doctoral ESTUDIO AGRONÓMICO Y AMBIENTAL DEL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES DEPURADAS EN EL CULTIVO DEL ARROZ. APLICACIÓN A UNA LÍNEA DE RIEGO EN EL PARQUE NATURAL DE LA ALBUFERA” (VALENCIA), este alto nivel de cobre puede llegar a reducir notablemente la captación de fósforo para la planta, comúnmente en los suelos de cultivo esto se corrige con encalamiento (mezcla de cal y agua a la que se le añade al suelo).

9.12.3. Manganeso disponible

Este elemento se encuentra en alta concentración en la solución del suelo en la zona de estudio como se expresa en la siguiente gráfica:



Grafica 23. Manganeso disponible para antes y después de la cosecha

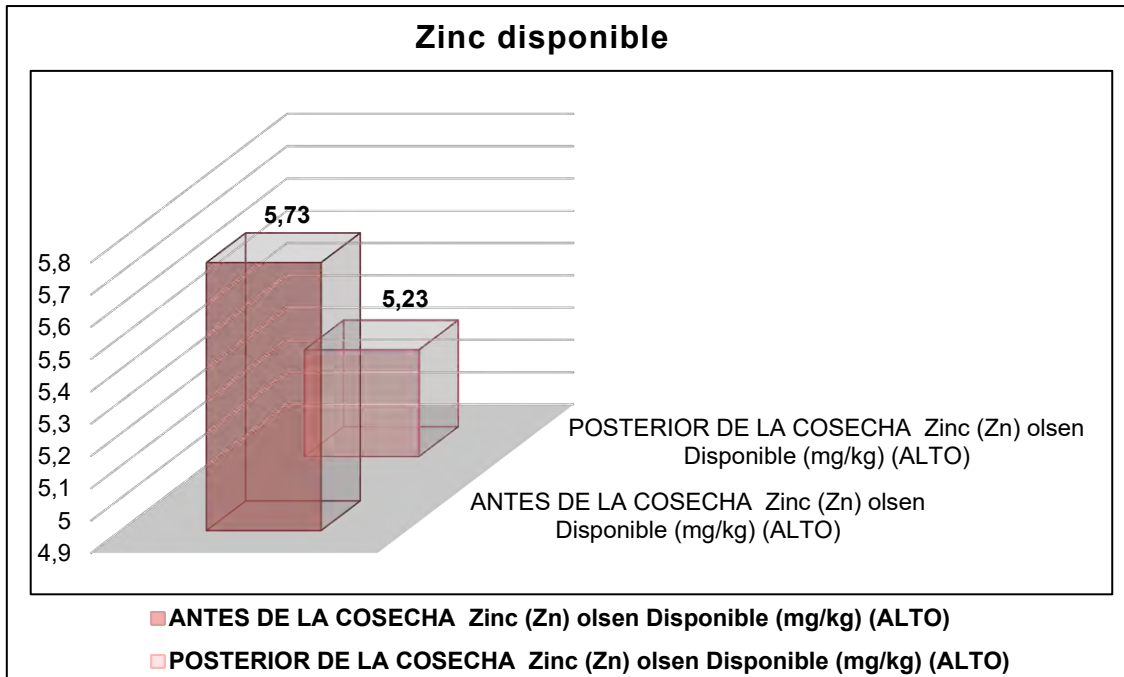
Fuente. Autores (2021)

Para antes de la cosecha se presentan altos niveles de (Mn), luego podemos observar una pequeña disminución para después del ciclo de cultivo, este decrecimiento en el valor de la concentración no enmarca un hecho importante en todo el contexto de fertilidad del suelo. Por lo tanto, hay que considerar que estos valores elevados no conllevan necesariamente a procesos de toxicidad por exceso de manganeso, también hay que tener en cuenta que las condiciones de inundación hacen que el (Mn) esté menos disponible, es decir todos estos contenidos totales no pueden considerarse como una indicación de su disponibilidad para las plantas, ya que existen muchos factores que afectan su absorción. Además, las plantas de arroz pueden soportar una absorción excesiva en el manganeso.

Con relación al cultivo de arroz sus necesidades de manganeso para la planta son comparativamente altas con respecto al hierro.

9.12.4. Zinc disponible

Los valores de zinc en el suelo de la zona de estudio se encuentran dentro de lo que se puede considerar valores elevados sin llegar a ser preocupantes para los agricultores, a continuación, los valores se expresan en la siguiente gráfica:



Grafica 24. Zinc disponible para antes y después de la cosecha

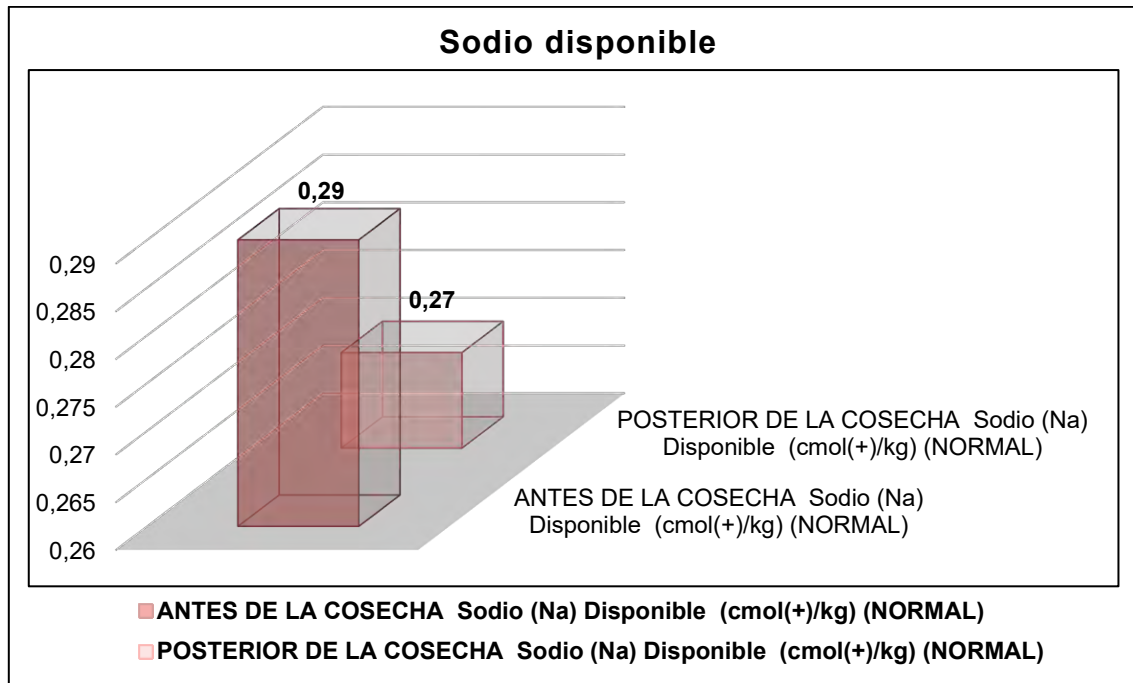
Fuente. Autores (2021)

Las concentraciones de (Zn) en el suelo disminuyen con el paso del periodo de cosecha como se puede ver en la gráfica, esto parece señalar que los aportes son menores que las pérdidas que se dan por el cultivo debido a la lixiviación o por el arrastre del agua, aunque el zinc asimilable por las plantas está por debajo del 10 mg/kg, siendo 0,5 mg/kg el nivel mínimo de la concentración de zinc en el suelo para satisfacer las necesidades del arroz.

Por otro lado, cabe destacar que durante el periodo de inundación se reduce la disponibilidad de zinc y, por tanto, evita su toxicidad.

9.12.5. Sodio disponible

Los niveles de sodio obtenidos en el muestreo de suelo que se hizo (antes y después) de la cosecha son:



Grafica 25 .sodio disponible para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

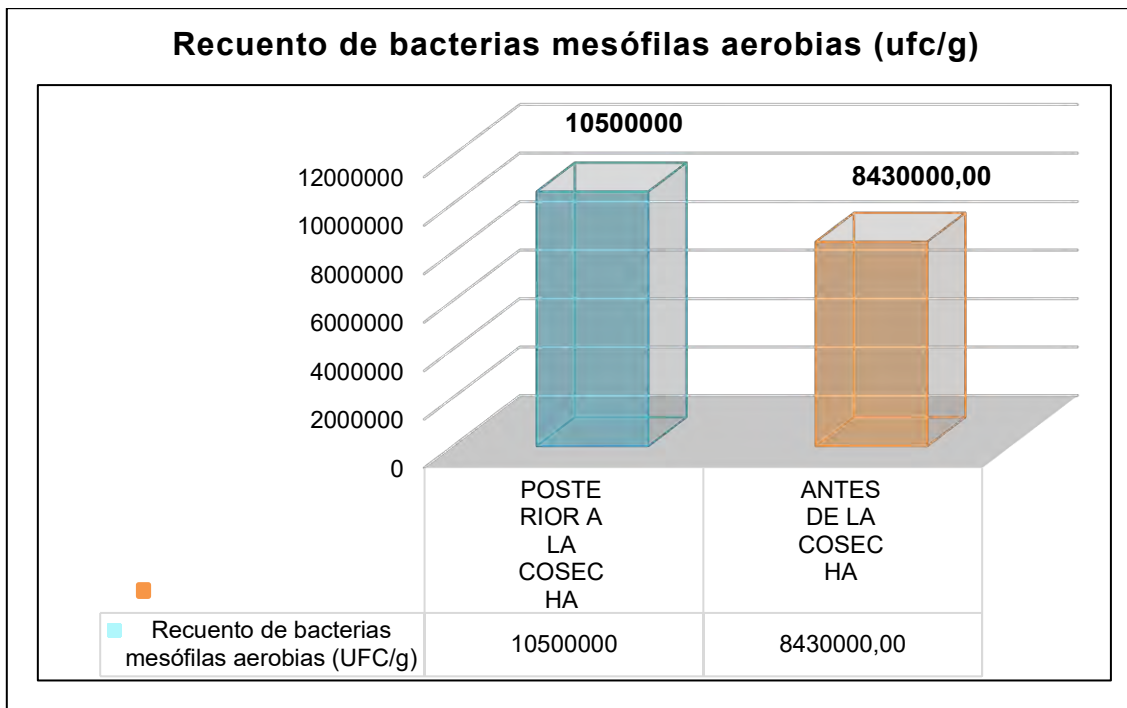
Para este suelo el sodio se encuentra en concentraciones normales, dado que este elemento no es tan esencial para las plantas cultivadas, sin embargo, su presencia en el terreno en concentraciones normales resulta beneficioso para otros cultivos.

El arroz se encuentra clasificado como cultivo semi tolerante al sodio intercambiable siendo no tóxico en pequeñas concentraciones para el arroz como las que pueden observar en la gráfica.

9.13. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

9.13.1. Bacterias mesófilas aerobias

Los valores de las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) para antes y después de la cosecha se encuentran expresados en la siguiente gráfica:



Grafica 26. Recuento de bacterias mesófilas aerobias antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

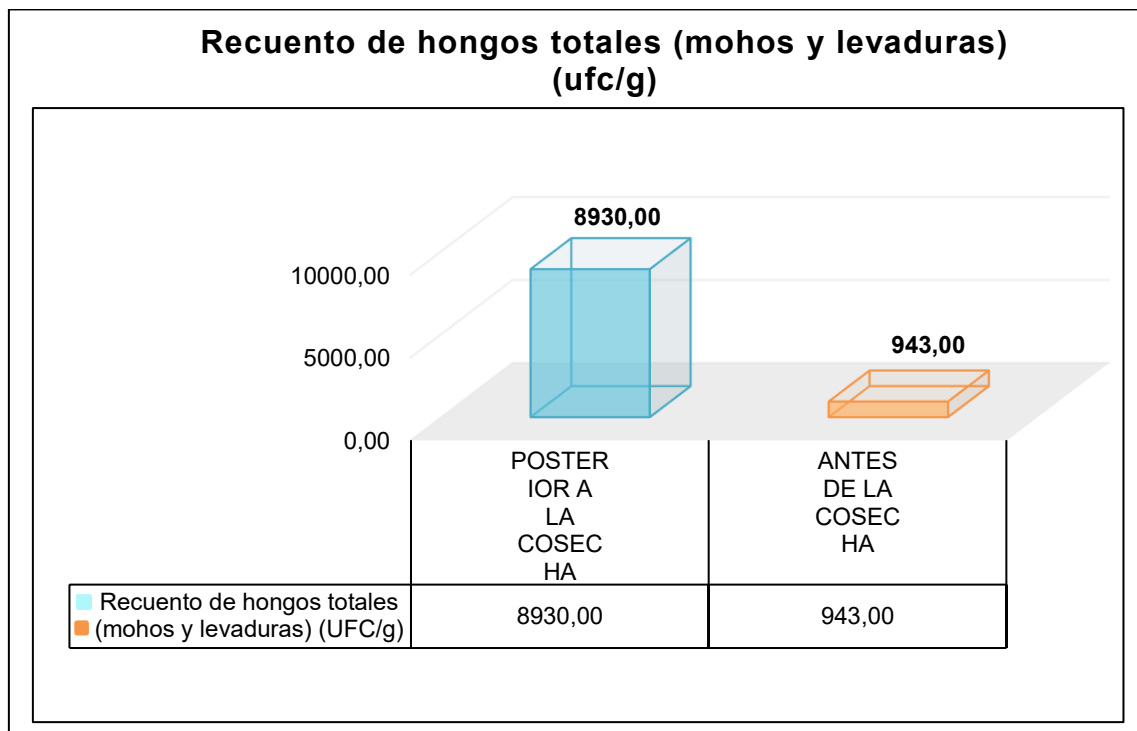
En el suelo de la zona de estudio se presentan algunas condiciones durante los meses de cultivo, condiciones como la inundación, la incorporación de materia orgánica al suelo procedente del residuo de cultivo posterior a la cosecha y la ausencia de laboreo durante el ciclo de cosecha. Gracias a estas condiciones se logra un mejoramiento en la estabilidad microbiana del suelo. Esto se ve reflejado en los resultados de la gráfica donde se tienen mayores valores de (UFC/g) para el periodo posterior a la cosecha.

Es importante mencionar que estos suelos agrícolas a lo largo de los años están sometidos a la mecanización continua, al riego, a la aplicación de agroquímicos y fertilizantes de síntesis, a la compactación y a las quemadas. Además, es de resaltar que el tener mayor densidad de bacterias mesófilas aerobias por gramo

de suelo posterior a la cosecha constituye un efecto positivo en el suelo ya que estas cumplen funciones determinantes en la transformación de los componentes orgánicos e inorgánicos que se le incorporan, esto a su vez tiene una gran importancia en la nutrición de las plantas de arroz al efectuar procesos de transformación hasta elementos que pueden ser asimilados por sus raíces.

9.13.2. Hongos totales (mohos y levaduras)

En la siguiente grafica podemos ver el comportamiento de los hongos (mohos y levaduras) antes y después de la cosecha en la zona de estudio.



Grafica 27. Recuento de hongos totales (mohos y levaduras) para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

Antes de la cosecha se tenían 943 (UFC/g), posterior a ella se obtuvo un aumento importante teniendo un valor de 8930 (UFC/g). Este incremento se atribuye principalmente a las siguientes condiciones:

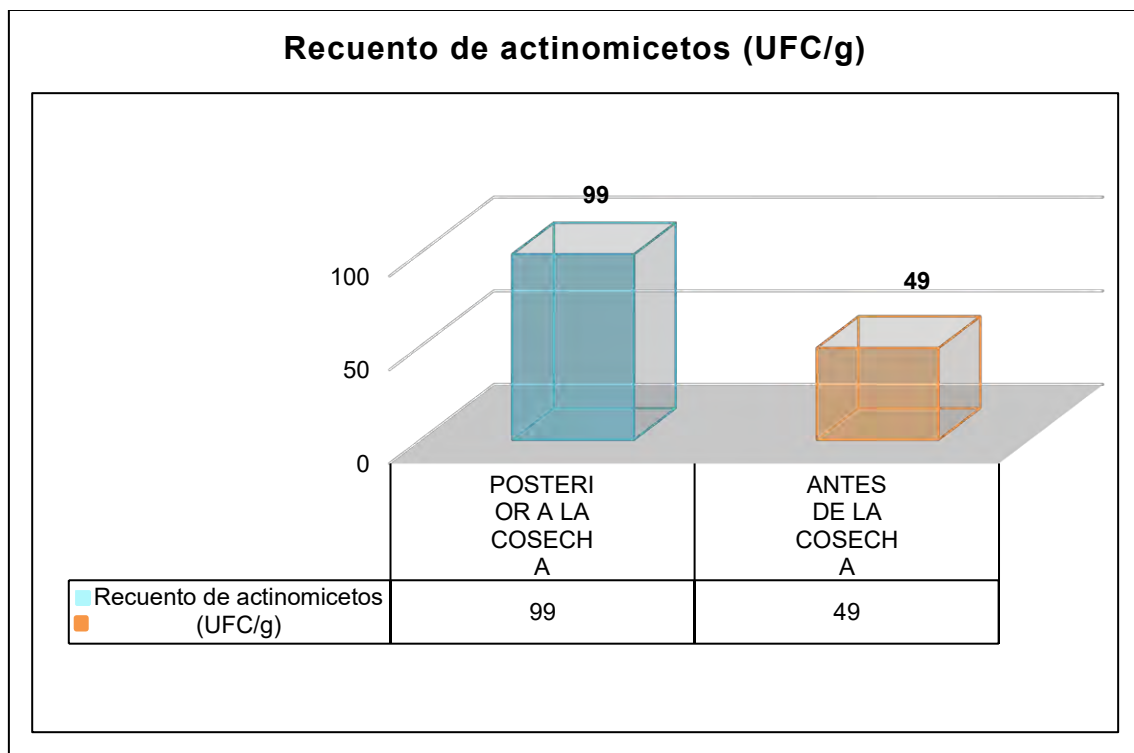
- ✓ El aumento en los niveles de materia orgánica.

- ✓ La alta concentración del ion hidrogeno aportado por el agua de riego a largo del periodo de inundación.
- ✓ La aplicación de algunos fertilizantes inorgánicos y orgánicos.
- ✓ El largo periodo de humedad del suelo.

El aumento en la población de mohos y levaduras es muy importante en suelos donde permanecen desechos de cosecha, porque gracias a su rápido crecimiento ramificado y a la eficiente capacidad degradadora les permiten mantener un equilibrio en los ecosistemas del suelo.

9.13.3. Actinomicetos

Posterior a la cosecha estos microorganismos reportaron un aumento importante en el número de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC/G) como se puede observar en la siguiente grafica.



Grafica 28. Recuento de actinomicetos para antes y después de la cosecha

Fuente. Autores (2021)

Este aumento se debe a que estos microorganismos se nutren de materiales orgánicos (heterótrofos) abundantes para las fechas en las que se realiza todo

el corte del grano y sobra una gran cantidad de residuos vegetales que mediante el arado es incorporado de nuevo al suelo acompañado de un PH optimo en el rango de (5 a 7) permitiéndoles alcanzar mayor población para el final del cultivo. El aumento en el número de (UFC/g) es un efecto positivo ya que los actinomicetos son considerados como los mejores agregadores del suelo, pues son muy eficientes produciendo sustancias húmicas teniendo gran importancia en la fertilidad.

Según el Ing. **Mario Delgado Higuera** en su investigación **ORIOUS BIOTECH “LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL”** algunos actinomicetos producen antibióticos que regulan los patógenos de las plantas que están en el suelo, inhibiendo las poblaciones de estos y regulando los problemas hasta alcanzar un balance que le permita a las plantas de arroz obtener nutrientes y desarrollarse. En la zona de estudio los patógenos como (*Escherichia coli*) y (coliformes) son aportados por las aguas residuales tratadas usadas en el sistema de riego.

9.14. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO EN MACETAS

En la siguiente imagen se describen algunos aspectos que se tuvieron en cuenta para la realización del experimento a escala laboratorio, el cual fue puesto en marcha el 17 de noviembre del 2020.

Las aguas destinadas para suministro en cada ensayo fueron previamente seleccionadas y caracterizadas como se puede ver en el [anexo 6](#) Y [anexo 16](#) asumiendo la importancia que tiene conocer los aporte que podrían tener al momento de aplicarlas como sistema de riego en cada maceta, estas caracterizaciones se realizaron con el propósito de mantener todas las condiciones controladas para poder detallar realmente lo que le sucede a la planta cuando es expuesta a diferentes tipos de calidad de aguas con el fin de evaluar los beneficios y perjuicios que pueden estar presentes en la zona de estudio.

Tabla 18. Caracterización del agua proveniente de la quebrada San Pedro destinada para el ensayo 3

FISICOQUIMICO					
ANALISIS	METODO-TECNICA	LM	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION	RESULTADO
Aluminio mg/L	SM 3030 E /SM 3111 D- Espectrométrico	0,10	08/10/2020	0,2	<0,1000
Calcio libre mg/L (A)	SM 3030 k /SM 3111 D- Espectrométrico	0,5	16/10/2020	60	27,6767
Carbono Orgánico Total mg/L (S)	EPA 415 1- combustión infrarrojo	2	24/10/2020	5,0	< 2,0
Cloro libre residual mg C2L/L (A)	HACH DPD- Fotométrico	-	01/10/2020	0,3 – 2,0	0,0
Cloruros mg CL/L (A)	SM 4500-CL B argentométrico	2	10/10/2020	250	3,09
Fluoruros mg F-/L (A)	SM 4110-B cromatografía iónica	0,10	28/10/2020	1,0	0,171
Fosfatos mg PO4/L***	SM 4500-P E – Fotométrico	0,075	02/10/2020	0,5	0,087
Hierro mg/L (A)	SM 3030 K / SM 3131 B- Espectrométrico	0,10	14/10/2020	0,3	6,367
Magnesio MG mg/L (A)	SM 3030 K / SM 3131 B- Espectrométrico	0,10	19/10/2020	36	< 0,1000
Nitratos mg NO3/L (A)	J Rodier, 9 Ed. 2011 – Fotométrico	0,886	01/10/2020	10	< 0,886
Nitritos mg NO2/L (A)	SM 4500 – NO2 B- Fotométrico	0,020	01/10/2020	0,1	< 0,020

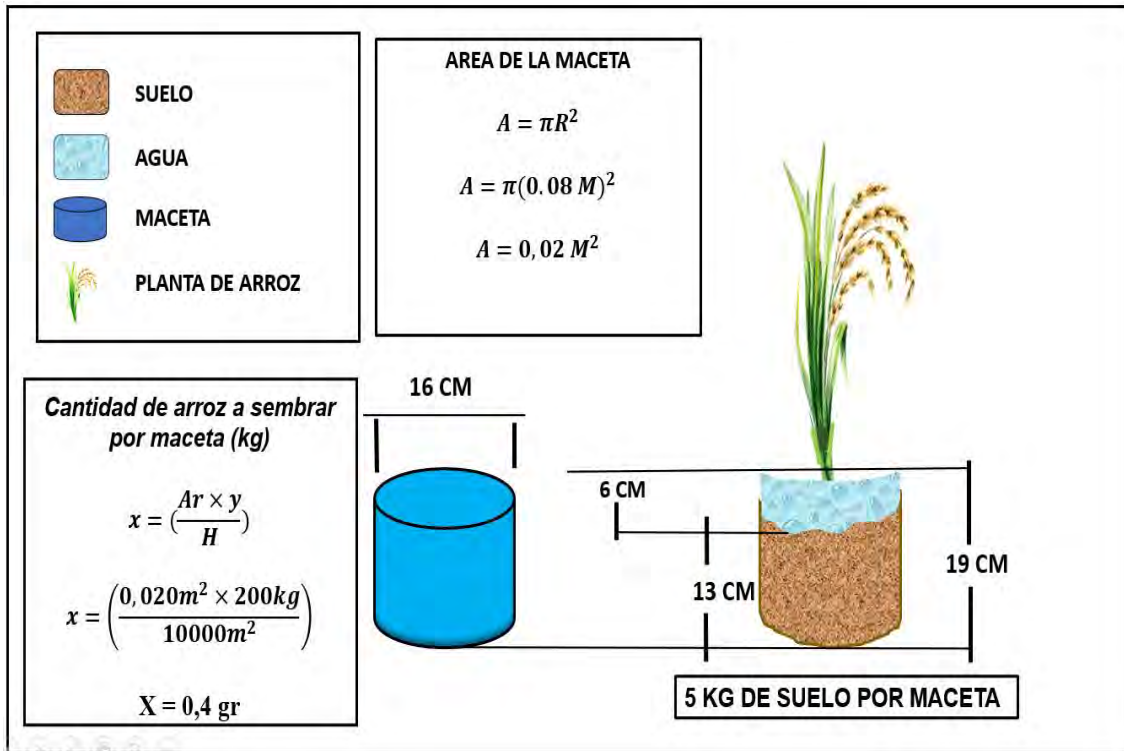
pH (24,4 °C)	SM 4500 – H+B –	-	01/10/2020	6,5 – 9,0	8,48
U de pH	Electrométrico				
Sulfatos mg SO4/ L (A)	SM 4500-SO4 E – Turbidimétrico	10	13/10/2020	250	26,2
Temperatura °C	SM 2550 B – Electrométrico	-	01/10/2020	N. R	24,4
MICROBIOLÓGICOS					
análisis	METODO- TECNICA	LCM	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION	RESULTADO
Coliformes totales NMP /100 ML	SM 9222 B– filtración por membrana	1	01/10/2020	0	<i>DNPSC</i>
Escherichia Coli NMP/100 ML	SM 9222 B– filtración por membrana	1	01/10/2020	0	6×10^1

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos Nancy flores García (2020)

Especificación: RESOLUCION 2115/07 CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – (MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL, DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL).

En la tabla anterior podemos observar las características del agua proveniente de la quebrada san pedro destinada para su uso en el ensayo 3. En términos generales esta agua cuenta con una sobresaliente calidad cumpliendo ampliamente con los estándares para el uso agrícola.

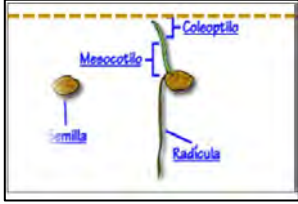
Por otra parte, el agua destinada para el ensayo 4 fue adquirida mediante la compra en la ciudad de Valledupar a una empresa con mucha experiencia en la bioseguridad, obteniendo así agua estabilizada, micro filtrada a nivel industrial para procesos que requieren pureza del 98 % , este nivel de pureza nos garantiza tener un mínimo aporte de cualquier elemento al suelo y a la planta.

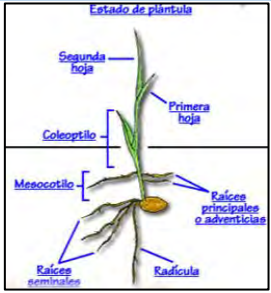
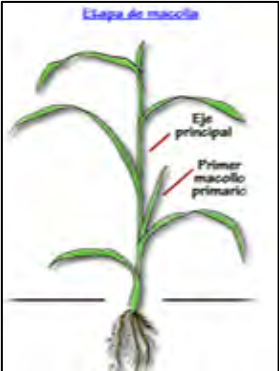
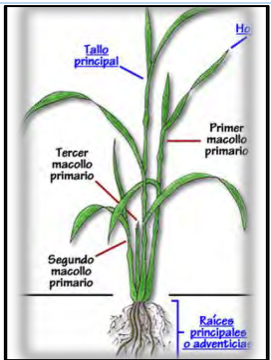
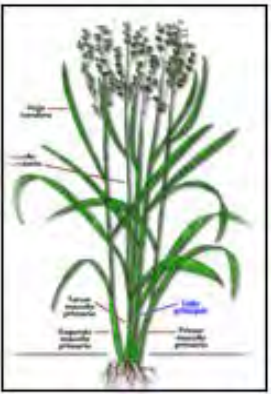


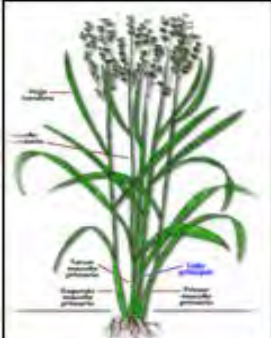
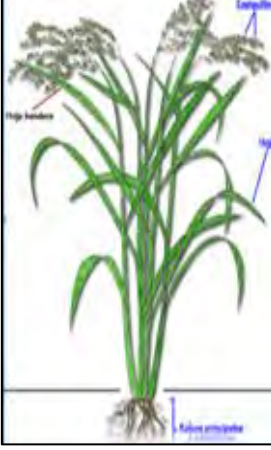
Las medidas de las macetas fueron tenidas en cuenta para calcular la cantidad de arroz en gramos para cada recipiente, la masa de suelo dentro de cada maceta se puede ver expresada en la [figura 24](#) al igual que la altura de la lámina de agua para el riego.

En la siguiente tabla podemos ver una bitácora con toda la información obtenida a lo largo del ciclo del cultivo.

Tabla 19. Observaciones a lo largo del ciclo del cultivo a escala

ETAPAS	ENSAYO	OBSERVACION	ALTURA (CM)	TIEMPO TRANSCURRIDO(DIAS)
Germinación Noviembre (2020)	2	En promedio un 80 % de los granos germinaron para los 3 ensayos.	0	
	3		0	
	4		0	

Plántula Noviembre (2020)	2	Se forman algunas hojas, no se nota diferencia en el desarrollo de la plántula, comparten una altura promedio de 3 a 4 cm.	4	 <p style="text-align: center;">6</p>
	3		4	
	4		3	
Macollamiento Noviembre (2020)	2	Las plantas muestran mejor desempeño cuanto a cantidad de macollos, presencia de maleza.	15	 <p style="text-align: center;">10</p>
	3	Crecimiento moderado de macollos, presencia de maleza	14	
	4	Crecimiento moderado en macollos, presencia de maleza.	15	
Máximo macollamiento Diciembre (2020)	2	Mayor desarrollo vegetativo, macollas bien desarrolladas	40	 <p style="text-align: center;">36</p>
	3	Moderado desarrollo vegetativo, las macollas no son tan robustas.	36	
	4	Deficiente desarrollo vegetativo, menor número de macollos.	30	
Estado de floración Diciembre (2020)	2	Se observan óptimo desarrollo de la panoja, se nota un exceso en la longitud de la planta y poca estabilidad a los vientos.	85	
	3	La planta muestra señales de estrés, y algunos síntomas de déficit de	75	

		micronutrientes en sus hojas.		55
	4	Desarrollo moderado de las panojas, señales de estrés por déficit de algunos micronutrientes.	66	
Grano lechoso Enero (2021)	2	Se observa una óptima formación del grano lechoso en la espiga	95	 70
	3	Formación poco óptima del grano	80	
	4	Una retardada formación del grano, color verde pálido en hojas y tallo.	70	
Maduración Febrero (2021)	2	Un 80 % del grano de color amarillo con desarrollo óptimo, el peso de la espiga hace que la planta sea inestable susceptible a caerse por la acción de los vientos.	95	 100
	3	Espigas con un pequeño % de granos retrasados aun en estado lechoso	80	
	4	Granos aun sin total maduración y señales de déficit de algunos micronutrientes en las plantas.	70	

Fuente. Autores (2021)

Es importante señalar que todas las observaciones tomadas son un promedio de las 3 repeticiones que se realizaron por cada uno de los ensayos con el fin de disminuir la intervención de sucesos aislados al experimento que pudieran afectar el desarrollo de este.

9.14.1. Precipitaciones durante el experimento a escala laboratorio

Mediante instalación de una pequeña estación para medir la cantidad de lluvia, conformada por un instrumento llamado pluviómetro portátil el cual se puede ver en el [anexo 18](#), este instrumento fue ubicado en la zona de cultivo lo que permitió llevar a cabo un registro diario de las precipitaciones a lo largo del periodo de cosecha, estos datos fueron comparados con los que brinda El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y se obtuvo una coincidencia del 97%. A continuación, se expresan los datos en la siguiente tabla.

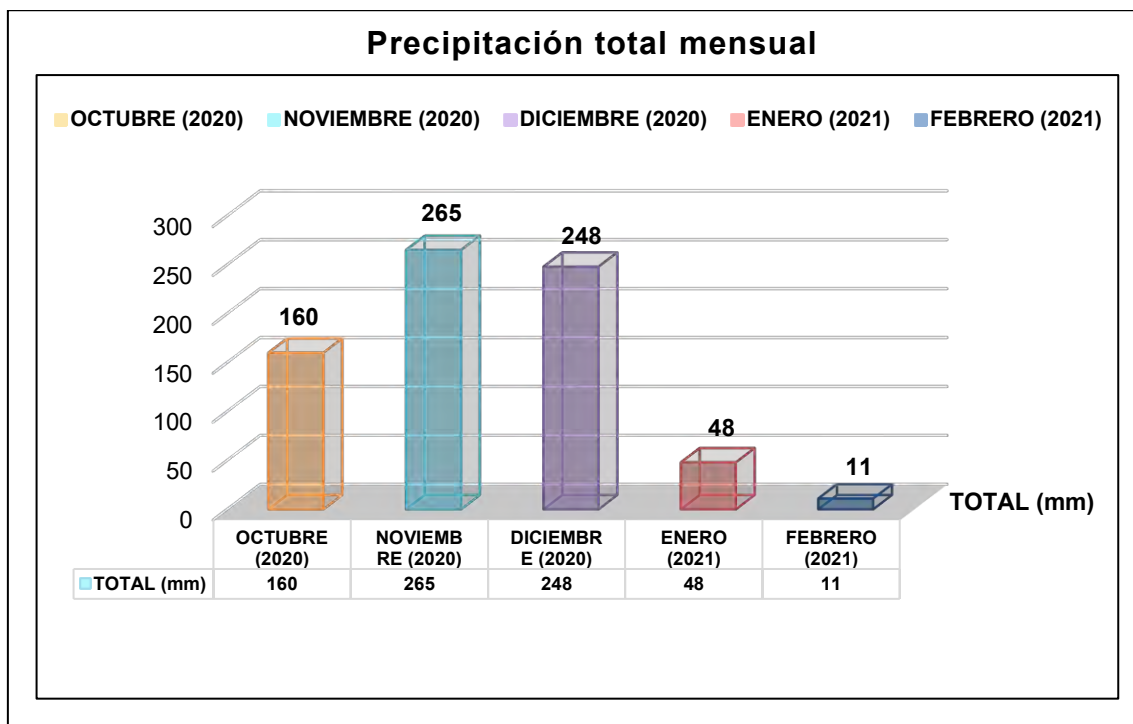
Tabla 20. Datos del pluviómetro

DIAS DEL MES	OCTUBRE (2020)	NOVIEMBRE (2020)	DICIEMBRE (2020)	ENERO (2021)	FEBRERO (2021)	TOTAL (mm)
1	19	0	8	2	0	29
2	14	6	0	4	0	24
3	4	6	1	0	0	11
4	0	7	14	0	0	21
5	4	11	23	0	0	38
6	2	0	0	0	0	2
7	28	11	0	0	0	39
8	0	10	0	0	0	10
9	0	1	0	0	0	1
10	0	2	3	0	0	5
11	13	0	10	0	0	23
12	0	0	36	0	0	36
13	1	12	26	0	0	39
14	0	0	4	0	0	4
15	18	0	3	0	0	21
16	4	0	7	0	0	11
17	5	2	27	0	0	34
18	0	45	3	0	0	48
19	4	25	0	0	0	29
20	2	2	27	0	0	31
21	9	9	6	0	5	29
22	0	14	0	0	0	14
23	0	25	0	0	0	25
24	15	2	11	3	0	31
25	2	0	0	0	4	6

26	8	0	0	39	2	49
27	2	0	23	0	0	25
28	0	40	14	0	0	54
29	6	22	0	0	0	28
30	0	13	2	0		15
TOTAL (mm)	160	265	248	48	11	732

Fuente. Autores (2021)

En las siguiente grafica observamos Los valores totales de precipitación mensual:

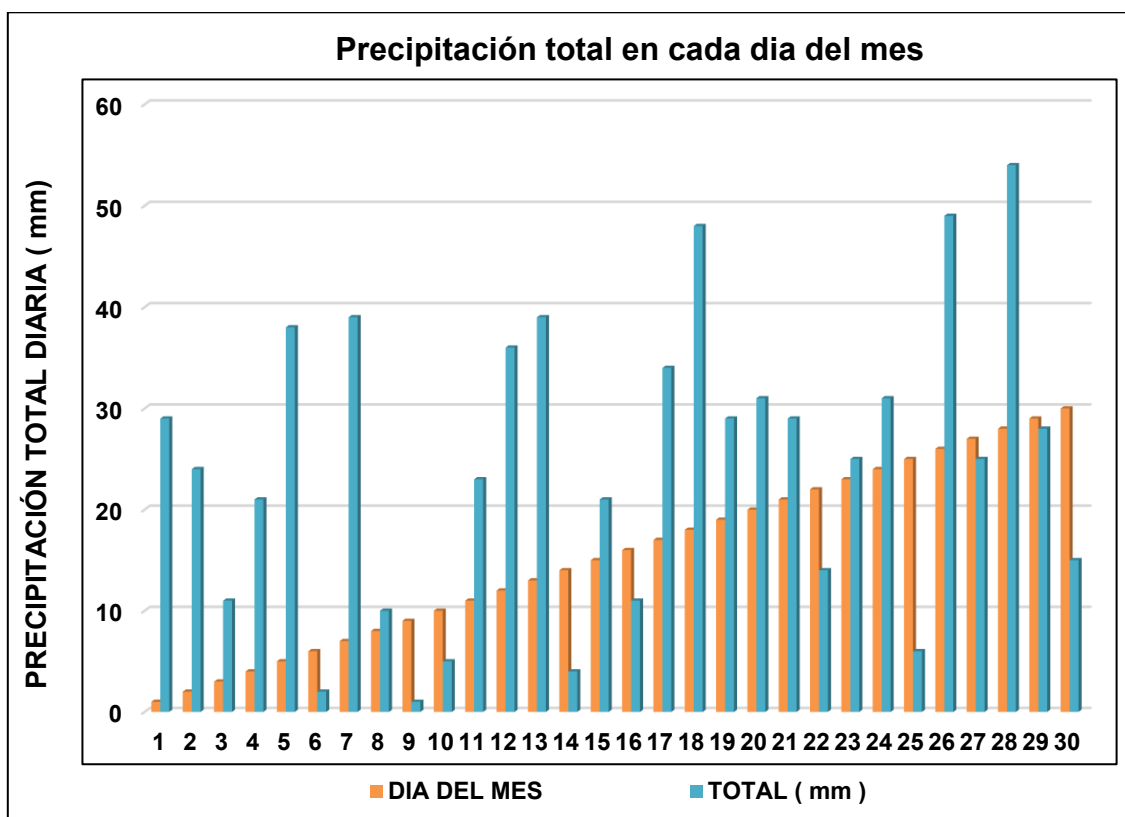


Grafica 29. Precipitación total mensual

Fuente. Autores (2021)

El cultivo a escala laboratorio fue desarrollado en el periodo comprendido entre octubre del 2020 y febrero de 2021 en el cual el mes donde se presentó la mayor cantidad de lluvias corresponde a diciembre seguido de noviembre, es importante señalar la relación de lluvias y las etapas de la planta en el experimento en macetas debido que las fechas de mayor precipitación coinciden con la etapa de floración siendo esta la más importante en todo el ciclo reproductor.

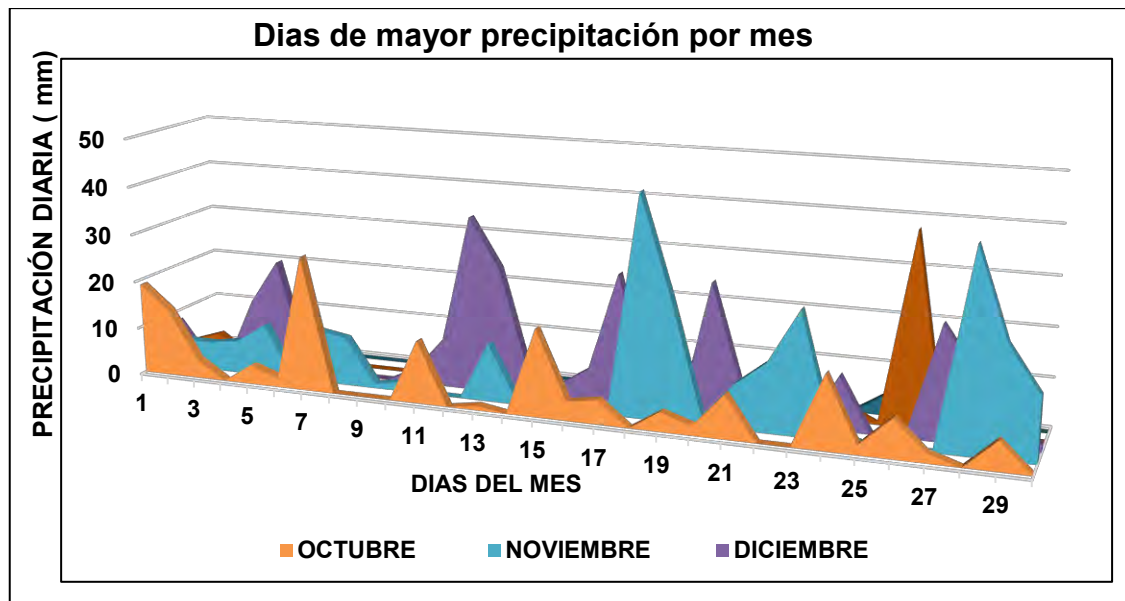
Para el mes de diciembre y noviembre fue mucho menor la cantidad de agua suministrada por parte del sistema de riego, ya que se tenían periodos prolongados de lluvia, algo muy importante de mencionar, es que durante estos periodos de precipitación se suspende el riego alimentado por el canal y por lo tanto se detiene el aporte de cualquier ingrediente contenido en las aguas residuales tratadas, permitiendo manejar los excesos de algunos elementos que podrían llegar a desarrollar toxicidad para la planta y el consumidor, en otras palabras, las lluvias son un eficiente regulador en las concentraciones de los componentes del suelo y la planta de arroz.



Grafica 30. Precipitación total en cada día del mes

Fuente. Autores (2021)

Como se puede observar en la gráfica los días más lluviosos de cada mes fueron muy repartidos a lo largo de este, permitiéndonos tener una constante disponibilidad de agua lluvia. En resumen, las precipitaciones causaron un factor de dilución de elementos que podrían ser aportados al suelo y a la planta durante el periodo de inundación del cultivo.



Grafica 31. Días de mayor precipitación por mes

Fuente. Autores (2021)

En la gráfica se puede observar que los días más lluviosos de cada mes fueron muy variados comprendiendo picos altos para comienzo, mitad y final de mes, esta información se relaciona con la cantidad de agua agregada por el riego de cada ensayo, de manera que un mes con constante lluvia no es necesario suministrar los diferentes tipos de agua. Además, es necesario destacar que el desarrollo de una constante precipitación tiene como efecto la dilución en concentración de los elementos químicos y microorganismo presente en el agua residual tratada.

9.15. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EN LAS PLANTAS DE ARROZ

Las muestras fueron tomadas de las plantas en su estado de madurez, siguiendo las recomendaciones de la CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AGROSAVIA) la cual nos brindó sus servicios de laboratorios de química analítica donde se llevaron a cabo los respectivos análisis como se puede detallar en el [anexo 22](#).

los resultados de los análisis de laboratorio realizados en hojas y grano se expresan a continuación.

9.15.1. Contenido químico en la planta

Los resultados de los análisis en laboratorio de los contenidos de elementos de interés en las hojas y el grano están expresados de forma resumida en las siguientes tablas.

9.15.2. Ensayo 2 hojas y grano

Tabla 21. Ensayo 2 parámetros químicos en hojas

DETERMINACIÓN (HOJAS)	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACION
Nitrógeno total	(%)	0,68	Alto
Fosforo disponible	(mg/k)	28	Medio
Hierro disponible	(mg/k)	163,5	Optimo
Zinc	(mg/kg)	2,38	Normal

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

Tabla 22. Ensayo 2 parámetros químicos en grano

DETERMINACIÓN (GRANO)	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACION
Nitrógeno total	(%)	0,72	Optimo
Fosforo disponible	(mg/kg)	14	Optimo
Hierro disponible	(mg/kg)	78,55	Medio
Zinc	(mg/kg)	2,1	Normal

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

9.15.3. Ensayo 3 hojas y grano

Tabla 23. Ensayo 3 parámetros químicos en hojas

DETERMINACIÓN (HOJAS)	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACION
Nitrógeno total	(%)	0,35	medio
Fosforo disponible	(mg/kg)	16	medio
Hierro disponible	(mg/kg)	157,5	optimo
Zinc	(mg/kg)	2,18	normal

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

Tabla 24. Ensayo 3 parámetros químicos en el grano

DETERMINACIÓN (GRANO)	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACION
Nitrógeno total	(%)	0,47	Optimo
Fosforo disponible	(mg/kg)	9	Optimo
Hierro disponible	(mg/kg)	75,23	Medio
Zinc	(mg/kg)	1,9	Normal

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

9.15.4. Ensayo 4 (hojas y granos)

Tabla 25. Ensayo 4 parámetros químicos en hojas

DETERMINACIÓN (HOJAS)	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACION
Nitrógeno total	(%)	0,10	Bajo
Fosforo disponible	(mg/kg)	9,60	Bajo
Hierro disponible	mg/kg)	155,70	Bajo
Zinc	(mg/kg)	2,12	Normal

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

Tabla 26. Ensayo 4 parámetros químicos en el grano

DETERMINACIÓN (GRANO)	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACION
Nitrógeno total	(%)	0,11	Bajo
Fosforo disponible	(mg/kg)	3	Bajo
Hierro disponible	(mg/kg)	21,55	Bajo
Zinc	(mg/kg)	0,87	Normal

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

En la siguiente figura se puede observar en resumen los resultados de los parámetros químicos por ensayo en hojas y granos.

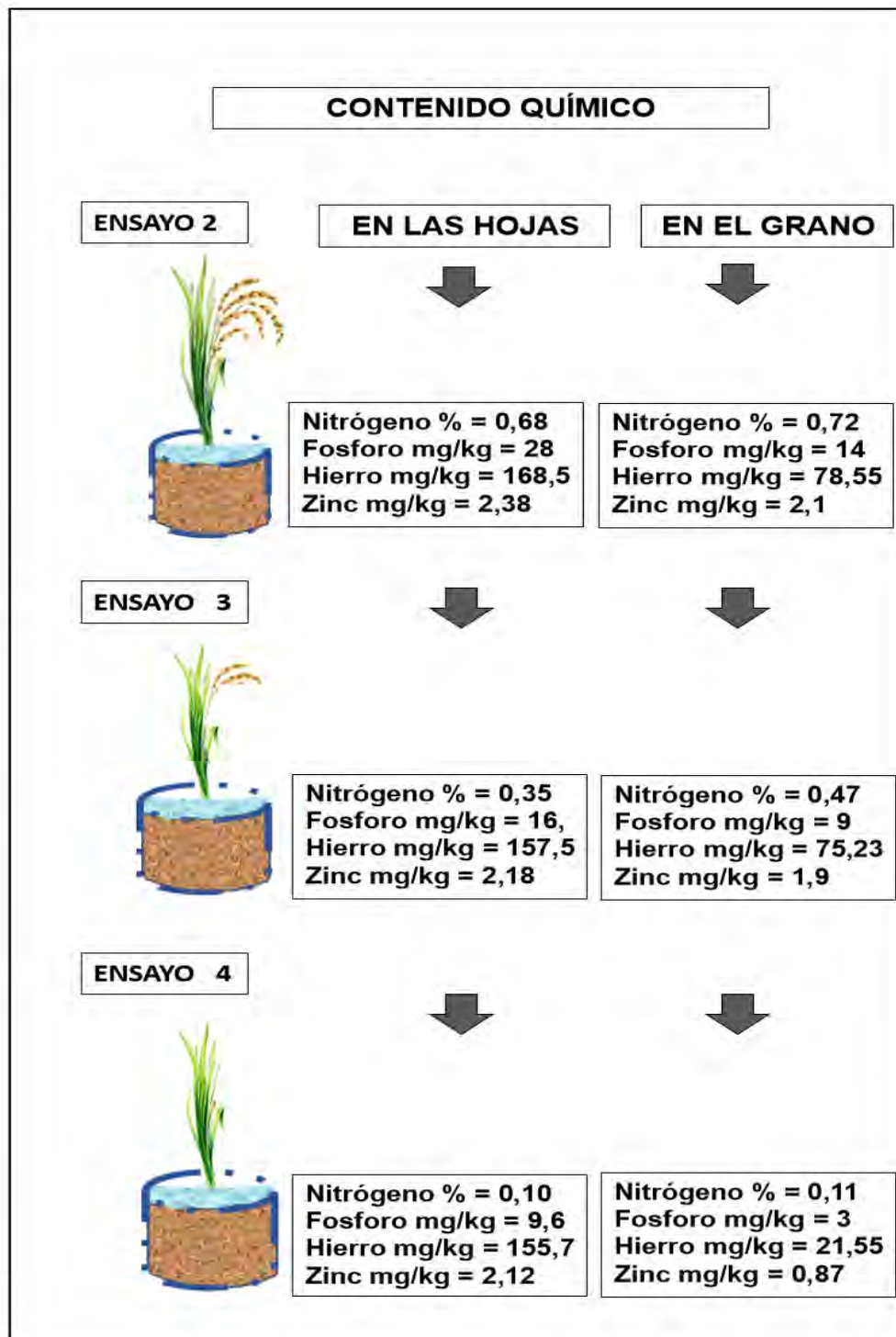
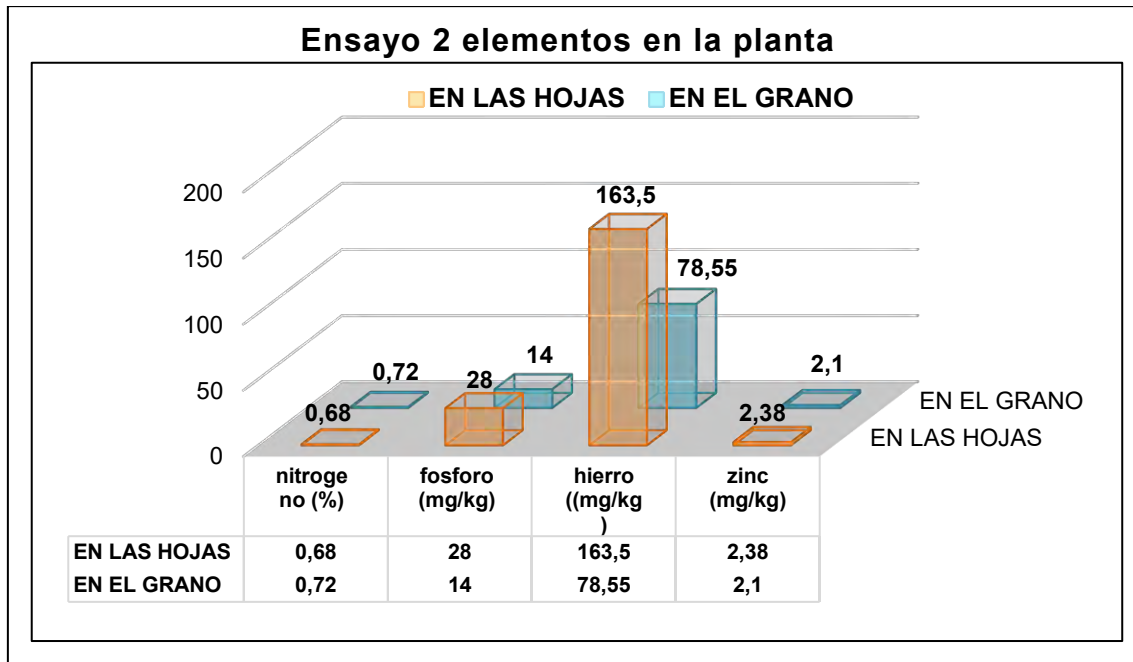


Figura 25. Contenido químico para hojas y granos de cada ensayo

Figura. Autores(2021)

A continuación, se exponen las gráficas correspondientes a la concentración de los elementos químicos encontrados en las hojas y en los granos del cultivo.

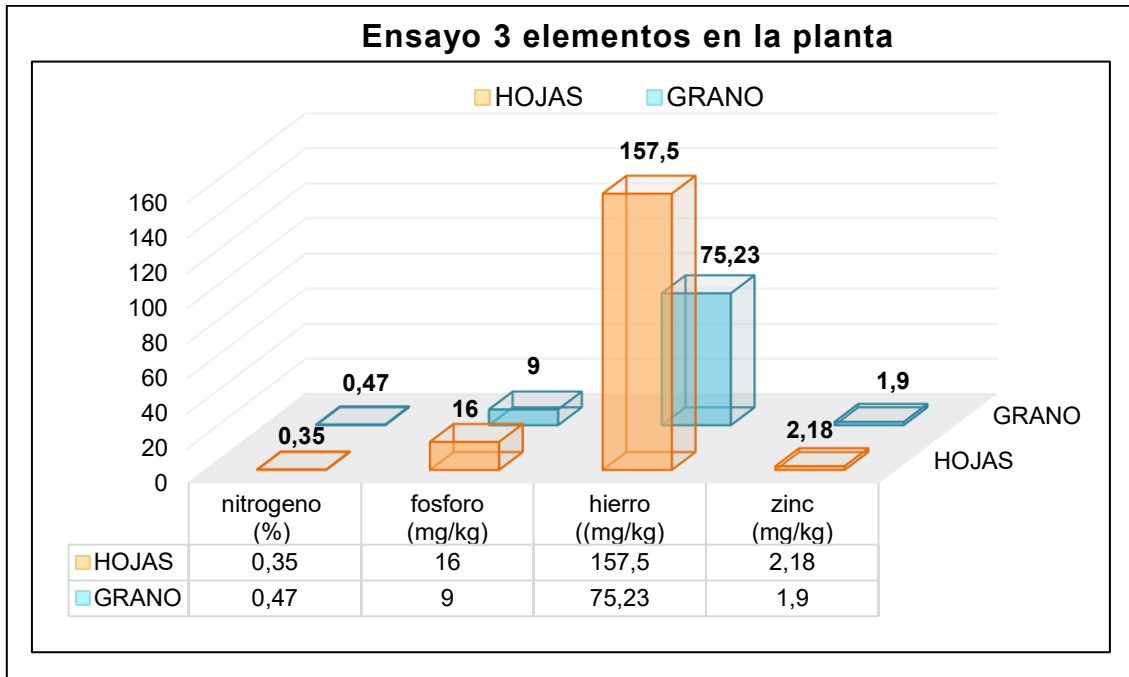


Grafica 32. Elementos químicos en plantas del ensayo 2

Fuente. Autores (2021)

- ✓ La concentración de nitrógeno en las hojas se encuentra ligeramente altas, pero dentro del rango óptimo, en el grano los niveles son más elevados como se puede ver expresado en la gráfica, sin embargo, los valores están dentro del rango óptimo, en concreto las plantas regadas directamente con aguas residual tratada tienden a un desarrollo excesivo del tallo por las concentraciones altas de nitrógeno aportadas por el agua de riego.
- ✓ El fósforo se encontró en niveles normales para las hojas, y en menor valor para el grano, pero dentro de lo óptimo para el desarrollo general del cultivo.
- ✓ Para el hierro se observa valores superiores en las hojas sin superar los (300 mg/kg) que es una concentración tóxica como se puede ver en la gráfica, no obstante, en el grano se presentan valores moderados, que en general se pueden considerar dentro de la normalidad.
- ✓ En el zinc se encontraron valores que se consideran normales para las hojas y el grano en la planta de arroz. Los valores considerados tóxicos

sobrepasan de los 15 ppm en tallo y la deficiencia es inferior a los 2 ppm en el grano.

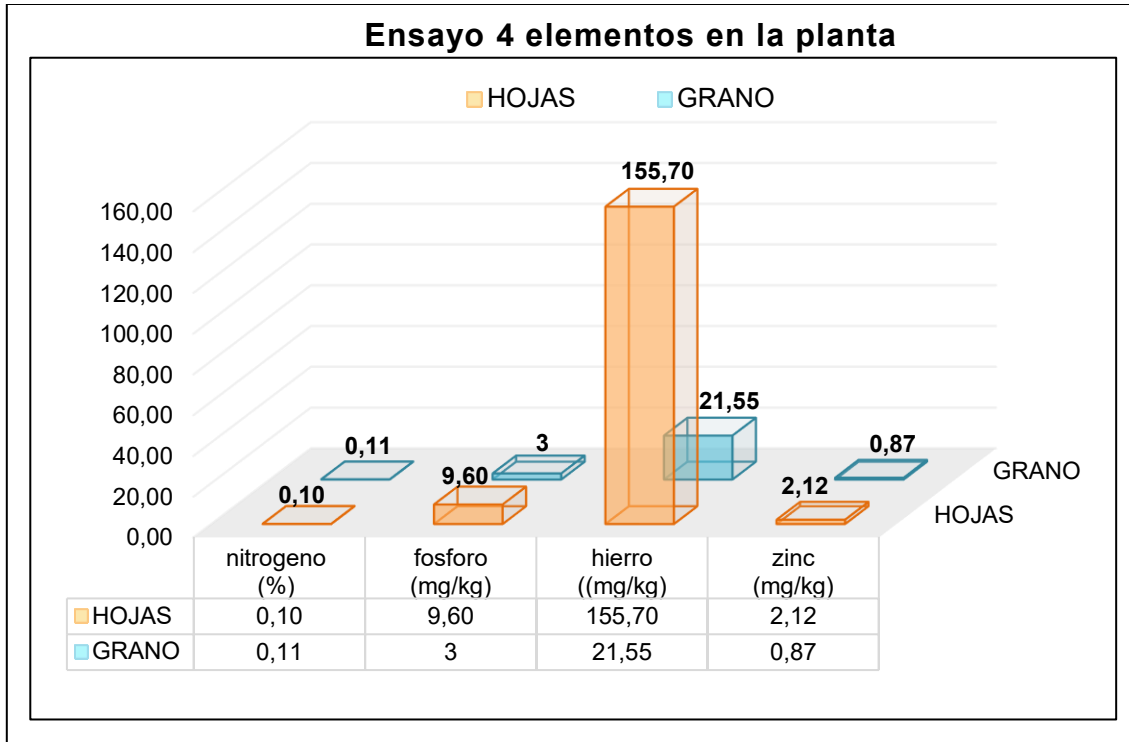


Grafica 33. Elementos químicos en plantas del ensayo 3

Fuente. Autores (2021)

- ✓ Para este ensayo sin aporte excesivo de nutrientes por parte de las aguas de riego, los valores de nitrógeno tanto para las hojas como el grano están dentro de lo normal siendo inferiores a los niveles en el ensayo 2, por el contrario, se observó un crecimiento proporcional en el tallo de las plantas brindándole una mayor rigidez en comparación a las plantas del ensayo 2.
- ✓ Para el fósforo se encontraron valores considerados normales, como se aprecia en la gráfica la mayor parte del fósforo se encuentra en las hojas.
- ✓ En el ensayo 2 el hierro se mantiene en concentraciones en las hojas y grano por debajo de los niveles de toxicidad (300mg/kg) y por encima de la deficiencia (< 70 mg/kg para las hojas y tallo).

- ✓ Los valores de zinc en la planta se consideran normales en el arroz, siendo más alta la concentración en el grano como se aprecia en la gráfica.



Grafica 34. Elementos químicos en plantas del ensayo 4

Fuente. Autores (2021)

- ✓ En el ensayo 4 como era de esperarse los niveles de nitrógeno se manifestaron bastante bajos en hojas y grano como se puede observar en la gráfica 35, la planta mostró un lento crecimiento y poca producción debido al poco aporte de nutrientes que tiene el agua destilada usada en el sistema de riego, por lo tanto, la planta sostuvo su crecimiento optimo hasta el final del ciclo vegetativo gracias a las reservas acumuladas de nutrientes necesarios en la composición del suelo dentro de la maceta, es preciso señalar que se evidencio síntomas de déficit del nitrógeno en las hojas, tallo y lo más importante el grano.
- ✓ El fósforo se presentó en concentraciones bajas en hojas y granos como se observa en la gráfica, como efecto en la planta la deficiencia logra

inhibir el crecimiento del tallo y las hojas se tornaron oscuras, de aspecto apagado.

- ✓ El hierro se mantuvo en sus concentraciones normales para el grano y las hojas, el suelo de la zona de estudio contiene buenas reservas de Fe, lo que la planta aprovecha para la absorción de este mineral permitiéndole manifestar concentraciones por encima del déficit (menor a 70 mg/kg para las hojas y el tallo) como se aprecia en la gráfica 35.
- ✓ El zinc se mantuvo en niveles normales con poca variación en las hojas y los granos de los 3 ensayos, sin lugar a duda el uso de agua de diferentes calidades no afecto la óptima absorción de este importante elemento por parte de la planta de arroz

9.16. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

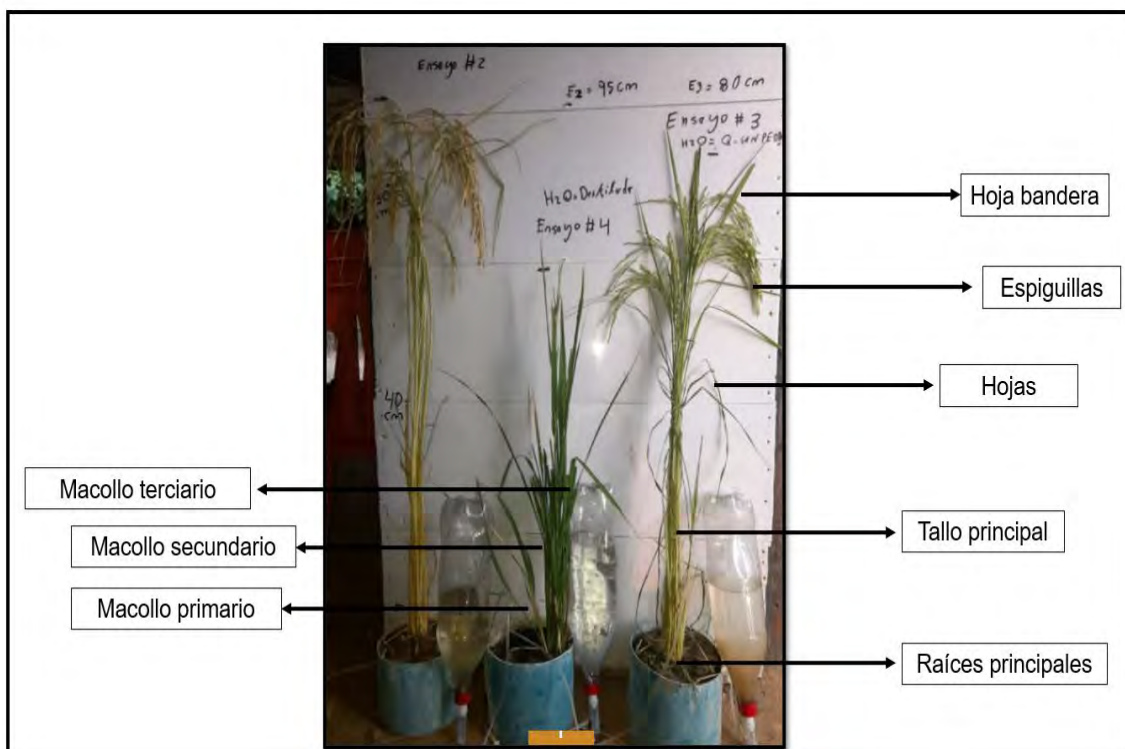


Figura 26. Morfología de nuestras plantas de arroz

Fuente. Autores (2021)

En la figura anterior se observa lo realizado al final del cultivo donde se tomaron los mejores ejemplares de cada ensayo y se ubicaron de tal forma que nos permitiera comparar características físicas como la altura de cada planta y el volumen del grano en la espiga como se puede ver en el [anexo 23](#). En la [figura 26](#) se encuentra información de las alturas en (cm) de las plantas que fueron cultivadas en cada maceta, correspondientes a los 3 ensayos y a las 3 repeticiones. También se evidenciará de manera ilustrativa el tipo de agua utilizada en el riego correspondiente a los 3 tratamientos implementados.

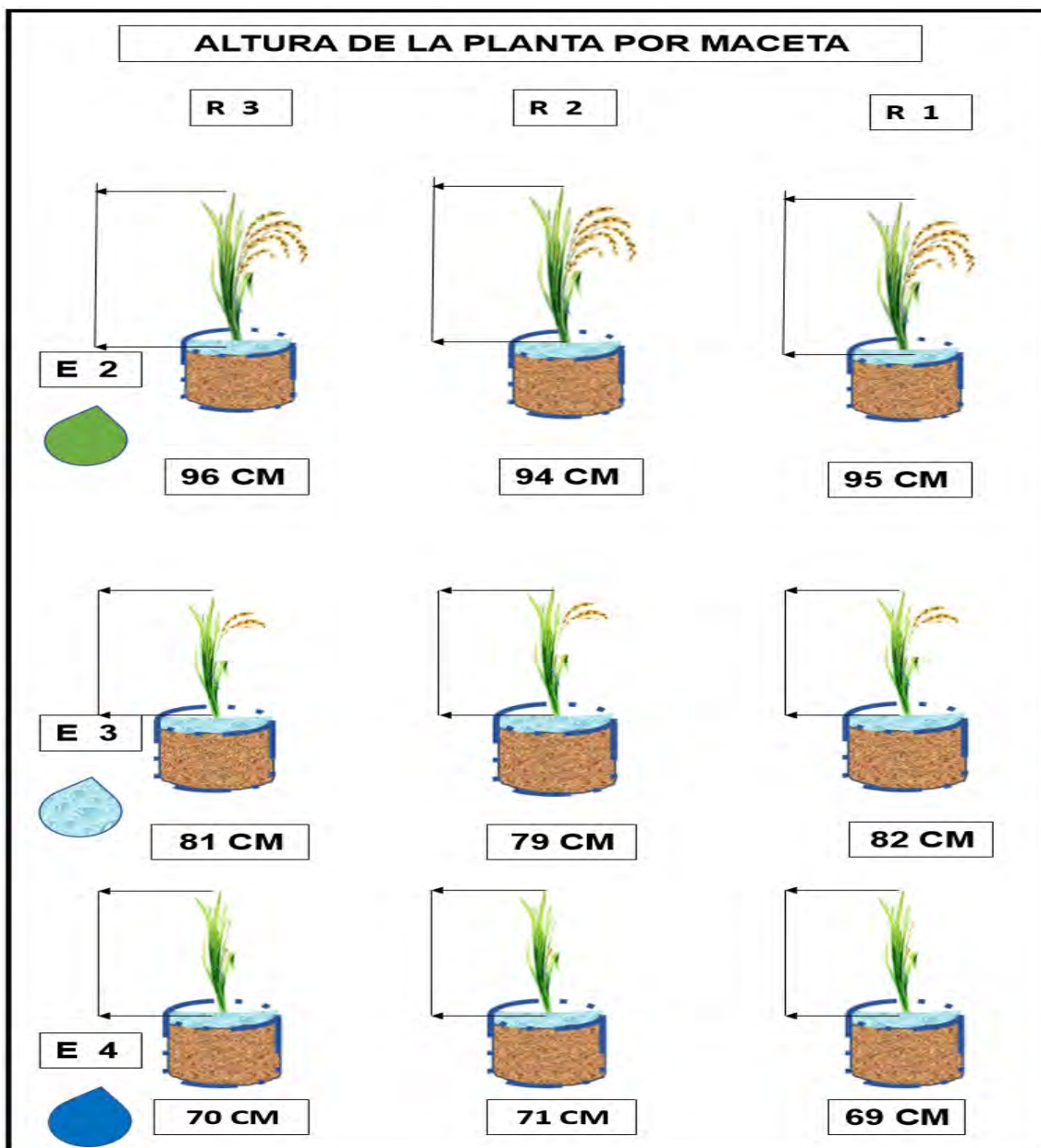


Figura 27. Altura de la planta por maceta

Fuente. Autores (2021)

Ahora bien, se encontró un mejor promedio de altura en el ensayo 2 donde se utilizó agua residual tratada para alimentar el sistema de riego, esto afianza o respalda nuestra hipótesis alternativa en la cual se sugiere que, si se presentan efectos significados en el uso de estas aguas en el sistema de riego de la zona arrozal, sin embargo, como es pertinente esta información será detallada mediante el desarrollo de los análisis de varianza donde podrá concluir de manera efectiva cuales fueron los aspectos o variaciones encontradas en los resultados obtenidos de este estudio.

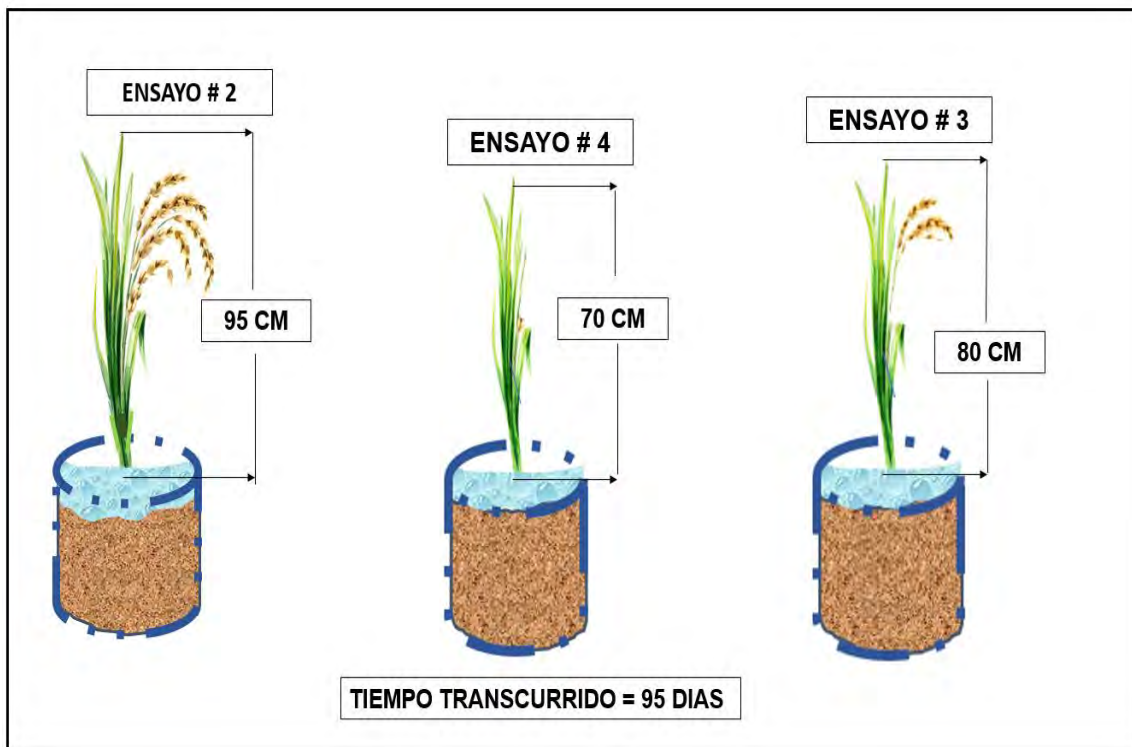


Figura 28. Alturas promedias

Fuente. Autores (2021)

En la [figura 28](#) están expresadas de manera didáctica la altura en (cm) de los 3 promedios por ensayo, véase el [anexo 23](#). En nuestro experimento observamos que este excesivo desarrollo en el tallo de las plantas del ensayo 2 ocasiona una periódica oscilación de la planta ante la más leve corriente de viento, este factor de crecimiento representa en muchos casos un gran problema para los agricultores donde el cultivo de arroz está expuesto a fuertes vientos debido a las grandes extensiones sin la protección que brinda un árbol ante las corrientes de aire.

9.16.1. Rendimiento del grano por maceta

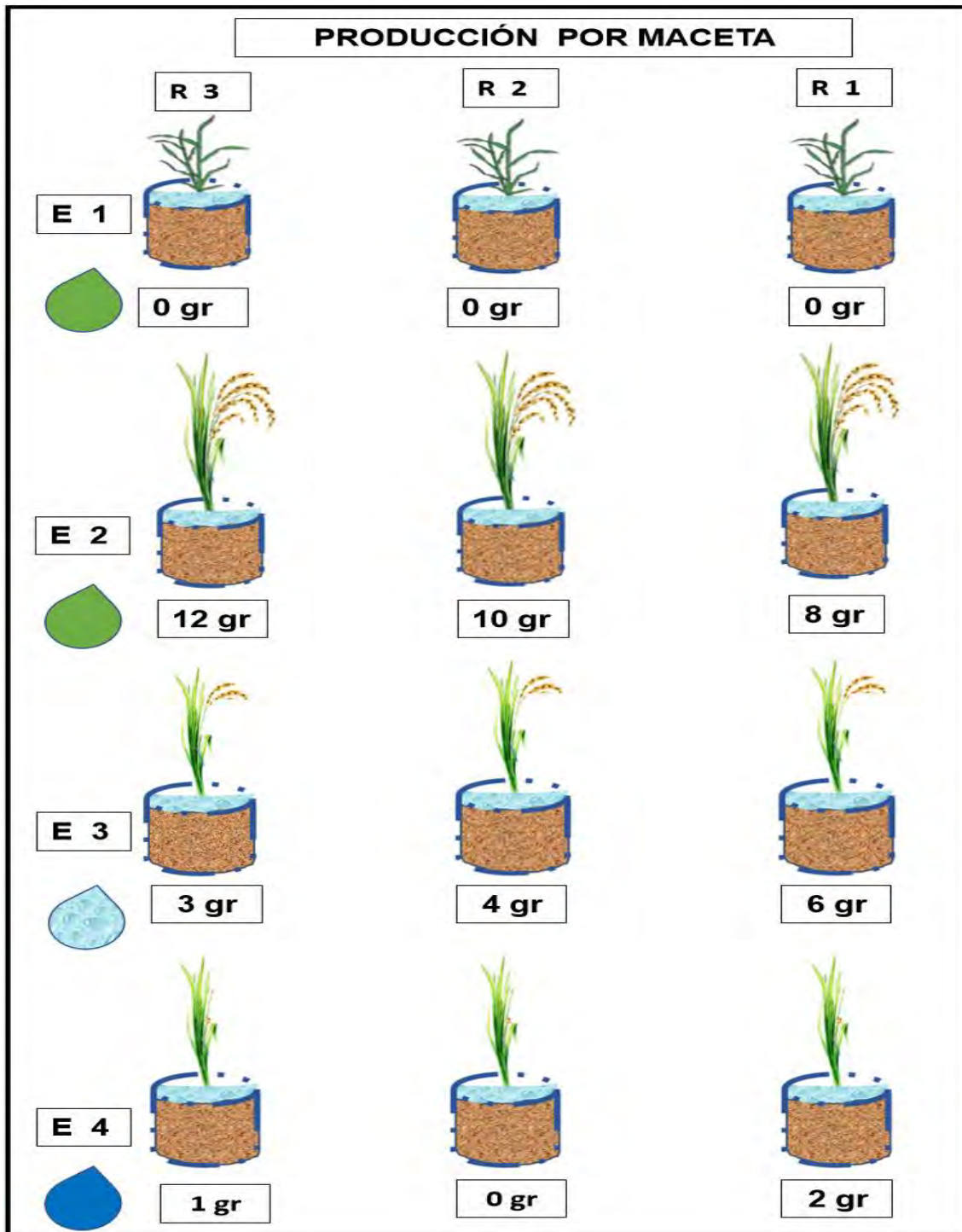


figura 29. Producción por maceta

Fuente. Autores (2021)

En el ensayo 1 se observó una tendencia al crecimiento de malezas y otros grupos vegetales de plantas herbáceas. En la figura 29 se expresan en detalle

la cantidad de granos en (gr) producido en cada maceta organizados por ensayos y repeticiones.

Así, se utilizó una pequeña regla de 3 para proyectar el rendimiento por área de cada maceta a una escala de mayor terreno para tener una imagen del rendimiento a tamaño de cultivos en grandes extensiones.

Tabla 27. Proyección de la producción a escala cultivo

ENSAYOS	PROMEDIO DE GRANOS POR ENSAYO (gr)	ÁREA POR MACETA (m ²)	ÁREA A ESCALA CULTIVO (HECTÁREAS)	PRODUCCIÓN (TONELADAS)
2	10	0,02	1	5
3	4,3	0,02	1	2,15
4	1	0,02	1	0,5

Fuente. Autores (2021)

En la tabla anterior se puede ver como fue el rendimiento por ensayos a una escala superior, alcanzando el mejor rendimiento para el tratamiento en donde se emplea agua residual tratada para alimentar el sistema de riego.

9.16.2. Centro blanco

En las siguientes figuras se expresan los resultados de centro blanco para la muestra representativa de los granos de cada ensayo.

Ensayo 2

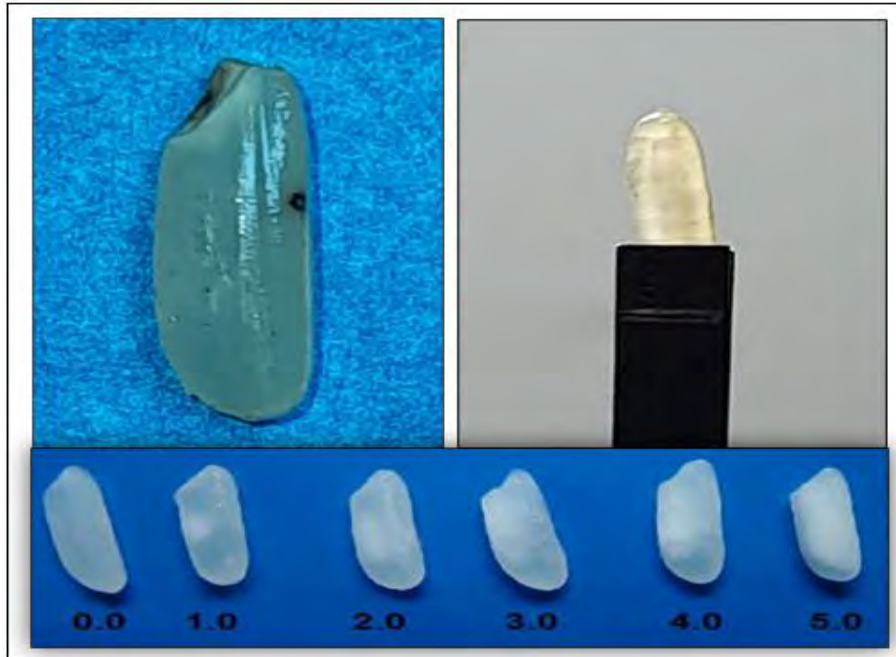


Figura 30. Centro blanco para granos del ensayo 2

Fuente. Autores (2021)

Ensayo 3

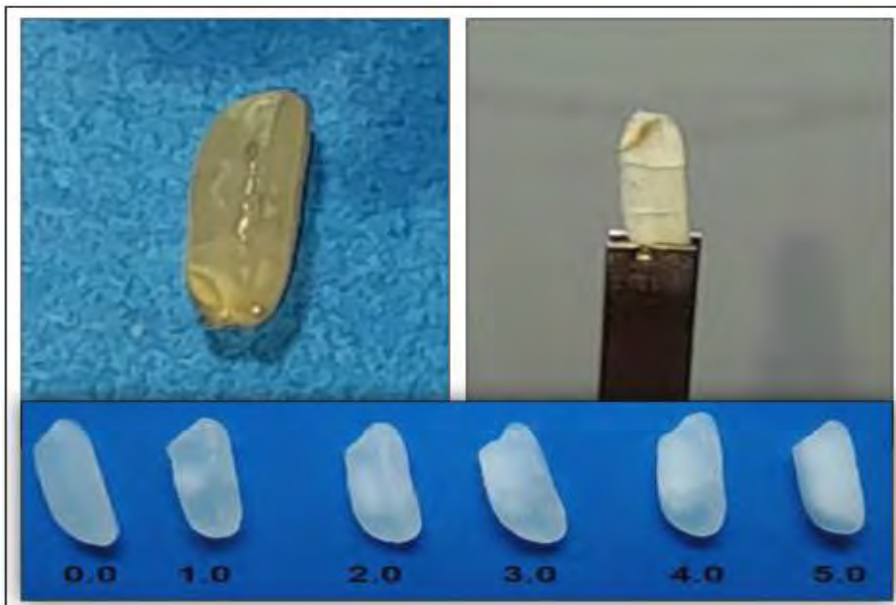


Figura 31. Centro blanco para granos del ensayo 3

Fuente. Autores (2021)

Ensayo 4

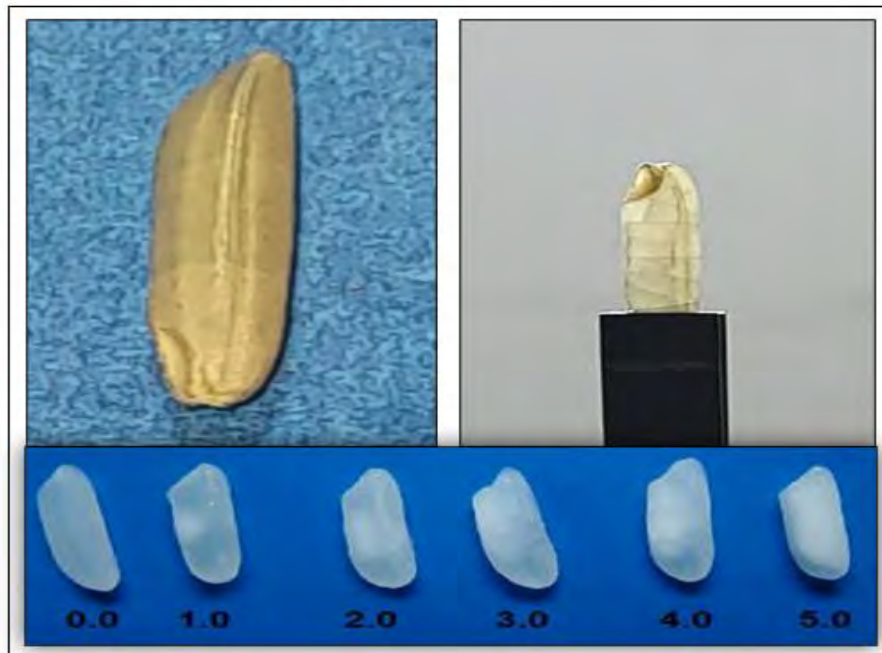


Figura 32. Centro blanco para granos del ensayo 4

Fuente. Autores (2021)

Para todos los ensayos se observó que los granos no cuentan con la presencia de zonas opacas en su interior (Endospermo), estando todos los granos en el rango de **(excelente)** lo que nos indica una apropiada compactación de las partículas de almidón y proteínas de las células, es decir, este grano cuenta con mayor solidez lo que permite a los molinos separar la cascara con poca probabilidad de partir el grano cumpliendo con este parámetro.

Tabla 28. Resultados e interpretación de centro blanco para cada grano por ensayo

ENSAYOS	RANGOS	RESULTADOS	INTERPRETACION
2	Malo (1 a 5)	0	Exelente
3	Bueno (0,2 a 0,8)	0	Exelente
4	Excelente (0,0)	0	Exelente

Fuente. autores (2021)

9.16.3. Longitud del grano

A continuación, se observan los resultados promedios de la medición para la longitud de los granos producido en cada ensayo.

Tabla 29. Promedios de la longitud de granos por ensayo

ENSAYO	RESULTADO PROMEDIO (mm)	INTERPRETACION PARA EL GRANO
2	7	Largo
3	7	Largo
4	8	Extra largo

Fuente. autores (2021)

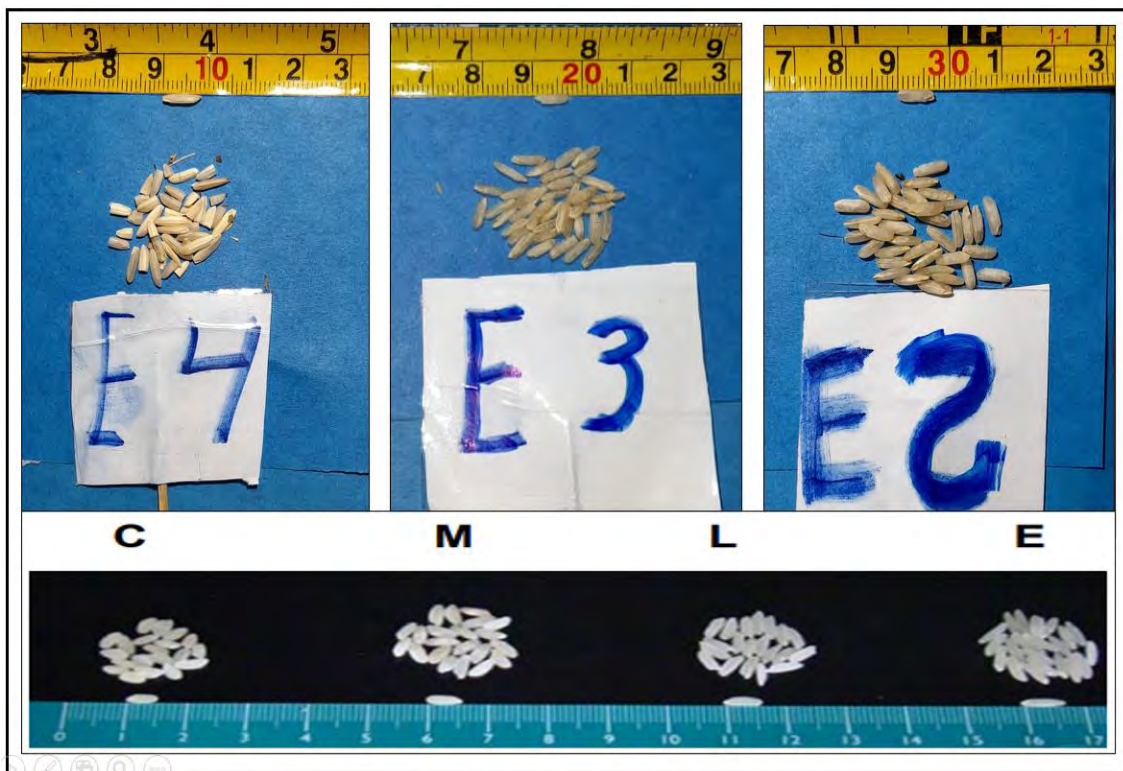


Figura 33. Medidas de granos por ensayo

Fuente. Autores (2021)

- ✓ Para el segundo ensayo obtuvimos una longitud promedio de los grano dentro del rango de **(largo)**.

- ✓ En el tercer ensayo el promedio de longitud de los granos esta dentro del rango de **(largo)**.
- ✓ Finalmente para el cuarto ensayo se obtuvo un promedio de longitud mayor a los anteriores de modo que estos granos se encuentran en el rango de **(extra largo)**.

9.17. VENTAJAS Y DESBESTAJAS EN EL EMPLEO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA ZONA ARROCERA

9.17.1. Ventajas

- ✓ Una consecuencia del reusó del agua residual tratada en la zona de estudio en el riego del cultivo de arroz es que el resto de los recursos hídricos aleñados quedan liberados para el uso en otros cultivos que requieren una menor cantidad de caudal y una mayor calidad del agua.
- ✓ El uso del agua residual tratada en la zona de estudio representa tener un caudal constante y una mayor regularidad en el suministro, que permite cierta autonomía en las épocas de sequia, ya que el flujo de agua residual generalmente es mucho más fiable que el de la mayoría de los cauces naturales de agua de la region antioqueña.
- ✓ El aprovechamiento de esos elementos nutritivos que contienen las aguas residuales tratadas que llevan a una mayor producción.
- ✓ Una reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, puntualmente en el caño **SAN IGNASIO** y la quebrada **SAN PEDRO** cuerpos de agua superficiales en los cuales el canal de riego realiza su descarga final.

9.17.2. Desventajas

- ✓ la reutilización del agua residual en la zona arrozal se realiza en a una corta distancia de acuíferos en donde están ubicados algunos pozos artesianales en efecto cabe la posibilidad de que las conducciones del agua regenerada los contaminen.

- ✓ Los contenidos de materia orgánica junto a los elevados valores de fósforo suponen un aumento de microorganismos que, en general, es perjudicial para el cultivo y el personal que lo realiza mantenimiento dado que se encuentra en condiciones de inundación con aguas poco aireadas.

- ✓ Dado que el agua residual tratada no cumple con las normas de rehusó estipulados en la resolución 1207 del 2014 por parámetros microbiológicos específicamente una alta concentración de coliformes totales su poniendo esto que se incrementa el riesgo de salud pública entre trabajadores agrícolas en este caso los paleros y fumigadores que entran en contacto con el agua.

- ✓ El exceso de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo contenidos en las aguas residuales tratadas pueden a ocasionar que el cultivo tenga excesivo desarrollo del tallo produciendo una planta incapaz de soportar la carga de la espiguilla haciéndola susceptible a caerse ante el ataque del viento.

9.18. RESULTADOS DE LAS ENCUESTA A LOS AGRICULTORES

En los [anexos 25](#) se encuentran las fichas de las encuestas, una vez diligenciadas podemos observar toda la información reunida de las observaciones que expresaron los agricultores de la zona.

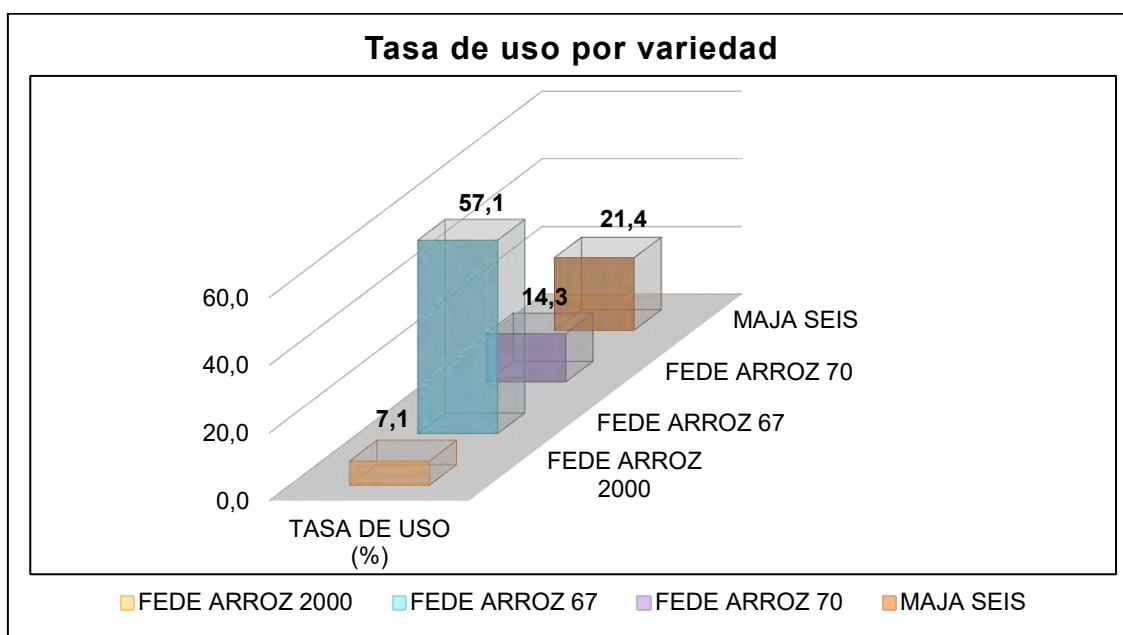
A continuacion, veremos una serie de tablas y gráficas que nos ilustran de la mejor manera como se lleva a cabo el uso del suelo, agua y productos agroquimicos en la zona arrozal a lo largo de los ciclos de cosecha.

9.18.1. Variedad de arroz utilizada

Tabla 30. Resultados de encuesta agricultores (variedad utilizada)

TOTAL, ENCUESTADOS (AGRICULTORES)	VARIEDAD DE SEMILLA	TASA DE USO (%)
14	FEDE ARROZ 2000	7,1
	FEDE ARROZ 67	57,1
	FEDE ARROZ 70	14,3
	MAJA SEIS	21,4

Fuente. Autores (2021)



Gráfica 35. Tasa de uso por variedad de semilla

Fuente. Autores (2021)

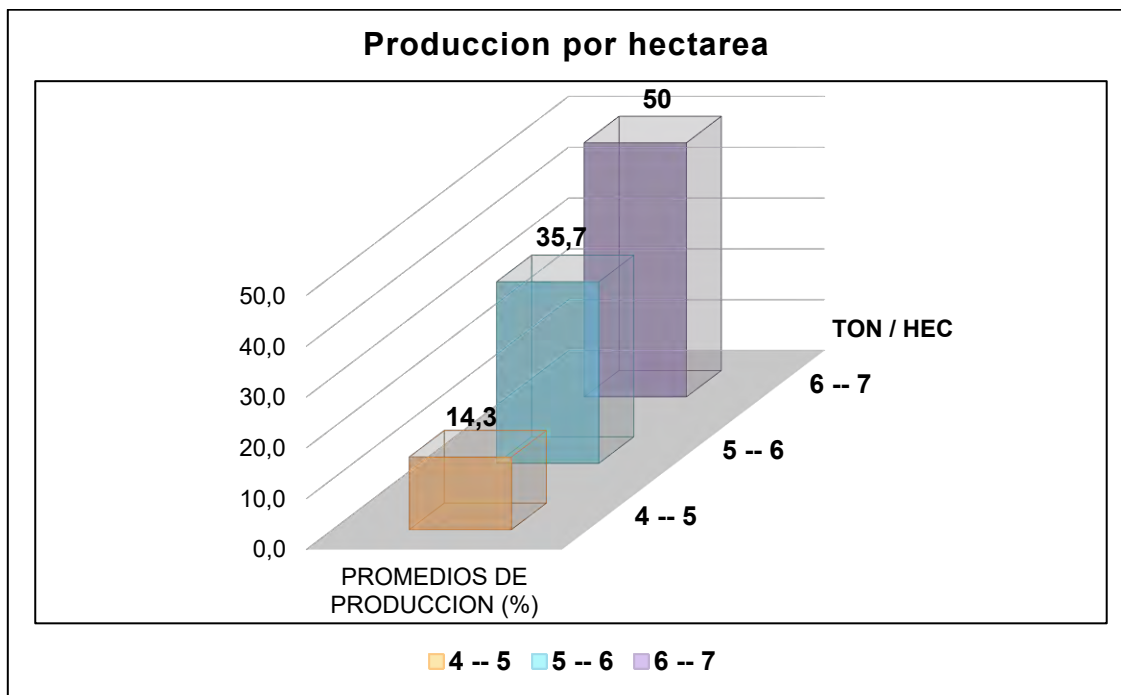
En la gráfica podemos observar que la variedad mas usada por parte de los agricultores encuestados es la FEDE ARROZ 67 con un 57,1 % de tasa de uso, esto último se debe a que esta variedad ofrece mejor resistencia a los fuertes veranos y su tiempo corto de cosecha le permiten una mayor adaptabilidad a las diferentes condiciones de la zona.

9.18.2. Producción por hectárea

Tabla 31. Resultados de encuesta agricultores (producción por hectárea)

TOTAL, ENCUESTADOS (AGRICULTORES)	RANGO DE PROMEDIOS (TON/HEC)	PROMEDIOS DE PRODUCCION (%)
14	4 – 5	14,3
	5 – 6	35,7
	6 – 7	50

Fuente. Autores (2021)



Grafica 36. Promedios de produccion por hectareas

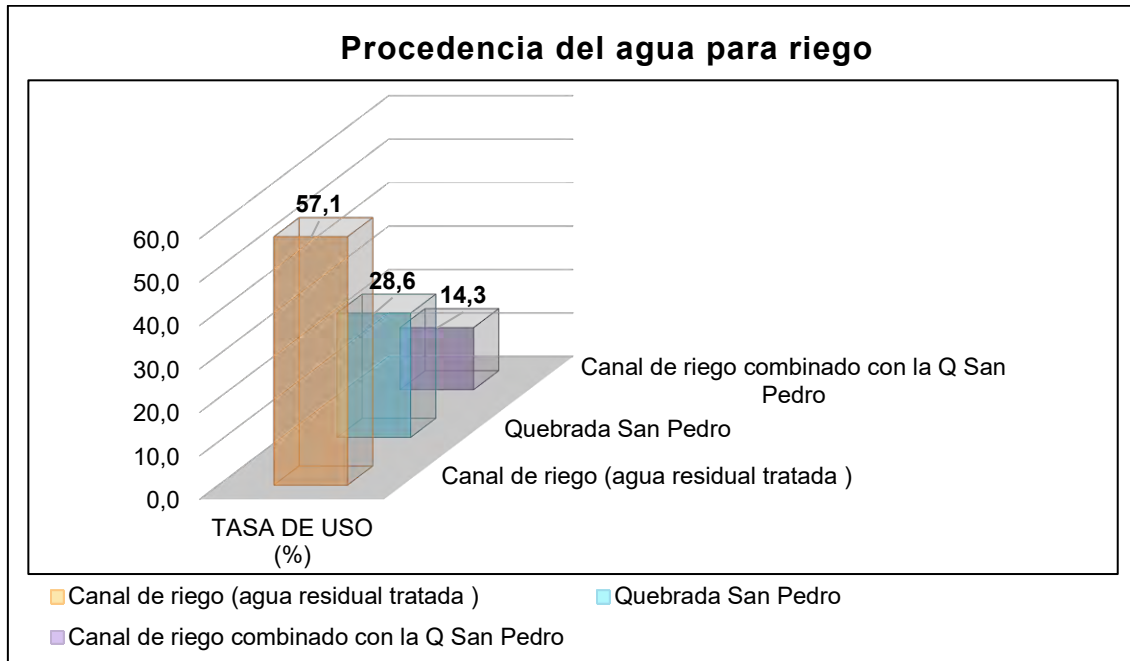
Fuente. Autores (2021)

9.18.3. Procedencia del agua

Tabla 32. Resultados de encuesta agricultores (procedencia del agua)

TOTAL, ENCUESTADOS (AGRICULTORES)	PROCEDENCIA	TASA DE USO (%)	% VERTIDO
14	Canal de riego (agua residual tratada)	57,1	100
	Quebrada San Pedro	28,6	100
	Canal de riego combinado con la Q San Pedro	14,3	50 -- 50

Fuente. Aautores (2021)



Gráfica 37. Procedencias de las aguas para riego

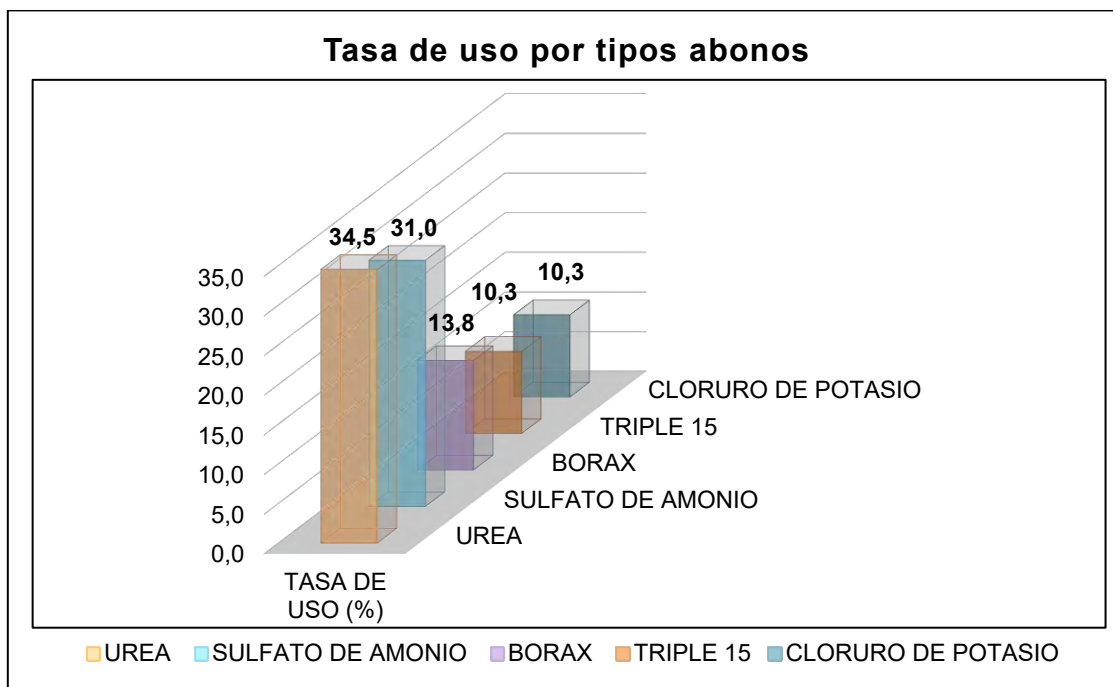
Fuente. Aautores (2021)

9.18.4. Tipo de abonado

Tabla 33. Resultados de encuesta agricultores (tipo de abonado)

TOTAL, ENCUESTADOS (AGRICULTORES)	TIPO DE ABONO	TASA DE USO (%)
14	UREA	34,5
	SULFATO DE AMONIO	31,0
	BORAX	13,8
	TRIPLE 15	10,3
	CLORURO DE POTASIO	10,3

Fuente. Aautores (2021)



Gráfica 38. Resultados de encuesta agricultores (tipo de abonado)

Fuente. Aautores (2021)

9.19. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Mediante el uso de un software llamado “**MINITAD**” se pudieron ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas como se observa en el [anexo 26](#), los diseños experimentales fueron realizados con la información obtenida en el experimento a escala laboratorio, se tuvieron en cuenta 2 datos: la producción de granos por macetas en (gr) y la altura de cada planta por maceta en (cm).

9.19.1. Modelo lineal general: producción (gr) vs. tratamiento; bloque

Se organizaron los datos de tal forma que los tratamientos correspondieran a cada ensayo (E2, E3 Y E4) y los bloques a cada repetición realizada por ensayo (1, 2, 3), esto con objetivo de facilitarle al programa realizar los procedimientos de cálculo.

Tabla 34. Producción frente a bloques y tratamientos

TRATAMIENTO (ENSAYOS)	BLOQUE (REPETICIONES)	PRODUCCIÓN (GR)
E2	1	8
E3	1	6
E4	1	2
E2	2	10
E3	2	4
E4	2	0
E2	3	12
E3	3	3
E4	3	1

Fuente. Autores (2021)

✓ Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

✓ Información del factor

Tabla 35. Información del factor

FACTOR	TIPO	NIVELES	VALORES
TRATAMIENTO	Fijo	3	E2; E3; E4
BLOQUE	Fijo	3	1; 2; 3

Fuente. Minitab 18.1 (2021)

9.19.2. Análisis de varianza (ANOVA)

En la siguiente tabla se contempla el análisis de varianza la cual será adoptada como una regla para la toma de decisión y así ver si aceptamos o no la hipótesis

nula (**$H_0: T_1 = T_2$**), se tomó un (**95 % de confianza ocurrencia**) y (**5 % de no ocurrencia**).

Tabla 36. Analisis de varianza (ANOVA)

FUENTE	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
TRATAMIENTO	2	124,222	62,1111	18,03	0,010
BLOQUE	2	0,889	0,4444	0,13	0,882
ERROR	4	13,778	3,4444		
TOTAL	8	138,889			

Fuente. Minitab 18.1 (2021)

En los resultados obtenidos encontramos que el valor de **P (0,010)** en el tratamiento es menor a (**0,050 de no ocurrencia**), por lo tanto, si hay diferencias estadísticas entre los tratamientos.

En los bloques tenemos a **P (0,882)** que es mayor a (**0,050 de no ocurrencia**) por lo tanto, se establece que no se obtuvo diferencias estadísticas entre los bloques 2,3 y 4 es decir, en las repeticiones de cada ensayo, lo que significa que neutralizamos bien el gradiente, por lo tanto, el resultado obtenido en los bloques 1 de los 3 tratamientos es igual al resultado que obtuvimos en el bloque 3 de los 3 tratamientos esto mantiene la diferencia entre un tratamiento y otro, lo que demuestra buen control en la realización del experimento a escala laboratorio.

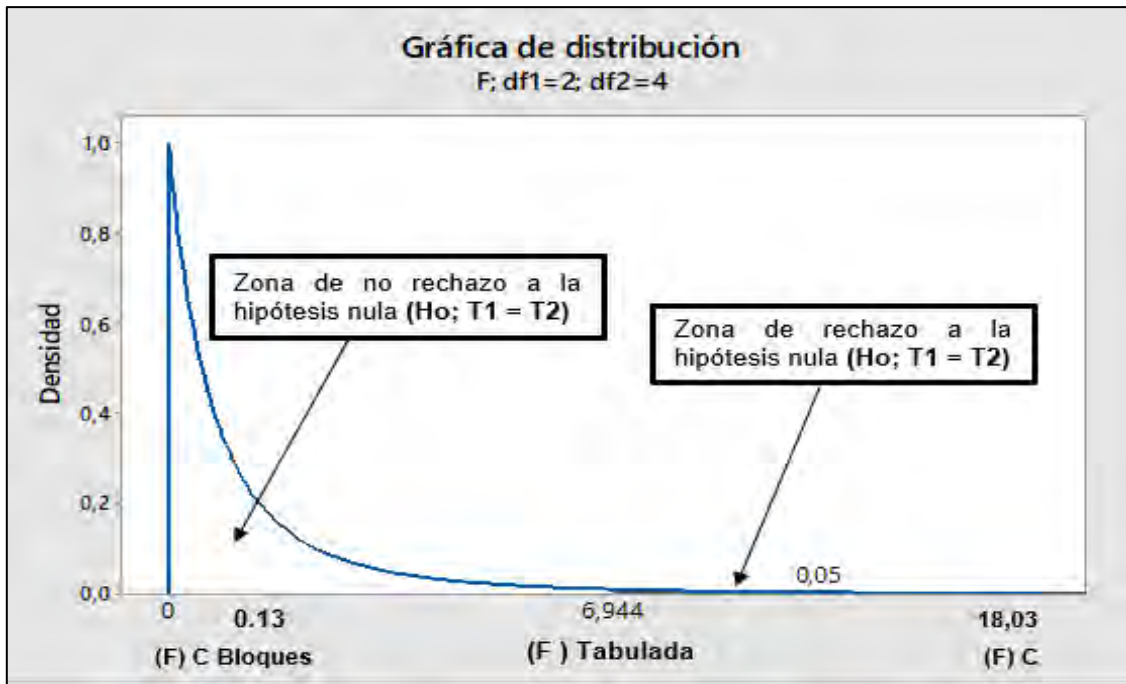


Figura 34. Distribución
Fuente. Minitab 18.1 (2021)

Para el (ANOVA) de la producción en la tabla 36 tenemos que la **F** calculada (**18,03**) para los tratamientos es mayor a la **F** tabulada (**6,944**) que podemos observar en la figura 34, esto quiere decir que si hay diferencias significativas entre los tratamientos por lo tanto estamos rechazando la hipótesis nula (**Ho; T1 = T2**) y aceptamos la hipótesis alterna (**Hi; T1 ≠ T2**).

Para los **bloques** tenemos que la **F (0,13)** es menor a la **F (6,944)** tabulada y, por lo tanto, entra en el no rechazo de la hipótesis nula (**Ho; T1 = T2**).

9.19.3. Modelo lineal general: altura (cm) vs. tratamiento; bloque

Tabla 37. Alturas frente a bloques y tratamientos.

TRATAMIENTO (ENSAYOS)	BLOQUE (REPETICIONES)	ALTURA (cm)
E2	1	95
E3	1	82
E4	1	69
E2	2	94

E3	2	79
E4	2	70
E2	3	96
E3	3	81
E4	3	71

Fuente. Autores (2021)

✓ **Método**

Codificación de factores (-1; 0; +1)

✓ **Información del factor**

Tabla 38. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	3	E2; E3; E4
BLOQUE	Fijo	3	1; 2; 3

Fuente. Minitab 18.1 (2021)

9.19.4. Análisis de Varianza (ANOVA)

Tabla 39. Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	944,222	472,111	424,90	0,000
BLOQUE	2	4,222	2,111	1,90	0,263
ERROR	4	4,444	1,111		
TOTAL	8	952,889			

Fuente. Minitab 18.1 (2021)

En este análisis de varianza se encontró que se cumplen las mismas condiciones en el (ANOVA) de la producción, es decir:

- ✓ La **P (0,00)** para los tratamientos es menor a **(0,050 de no ocurrencia)** en efecto si hay diferencias estadísticas entre los tratamientos.

- ✓ La **P (0,263)** para los bloques es mayor al **(0,050 de no ocurrencia)** por lo tanto, se establece que no se obtuvo diferencias estadísticas entre los bloques 2,3 y 4, lo que demuestra buen control en la realización del experimento a escala laboratorio.

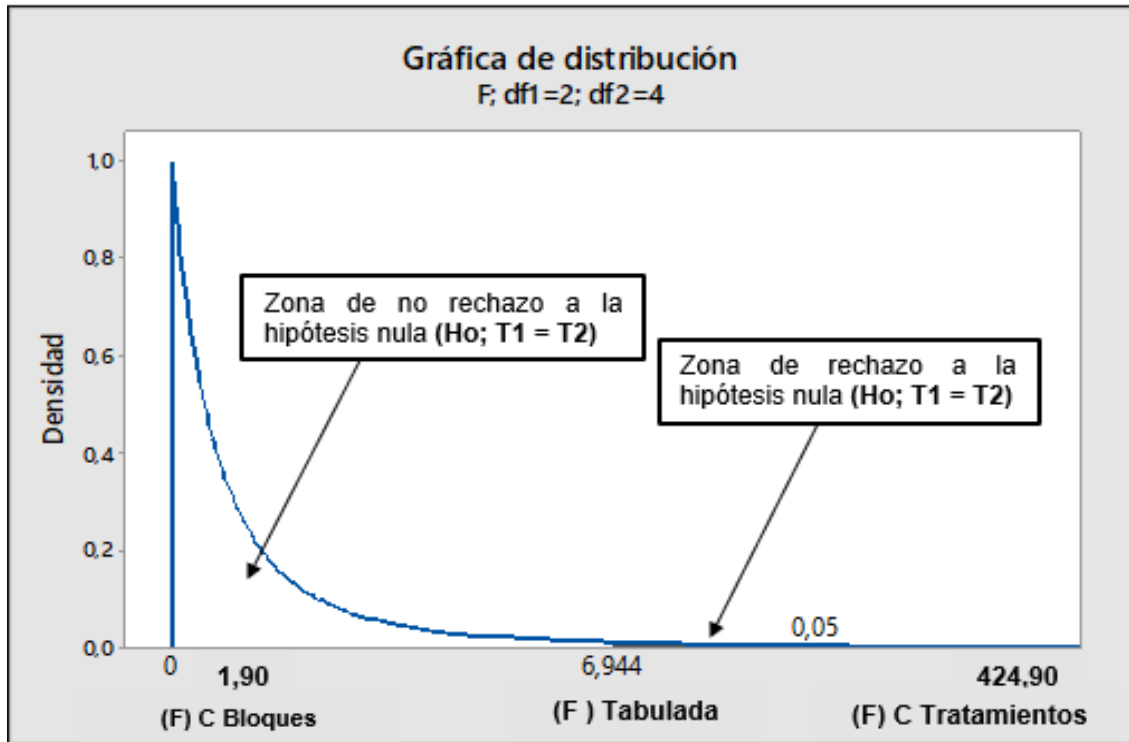


Figura 35. Distribución
Fuente. Minitab 18.1 (2021)

Para el análisis de la varianza en las alturas de las plantas por ensayos se dieron las siguientes condiciones:

- ✓ La **F calculada (424,90)** para los tratamientos es mayor a la **F tabulada (6,944)** es decir, que si hay diferencias significativas entre los tratamientos por lo tanto estamos rechazando la hipótesis nula **(Ho; T1 = T2)** y aceptamos la hipótesis alterna **(Hi; T1 ≠ T2)**.
- ✓ Para los bloques tenemos que la **F (1,90)** calculada es menor a la **F (6,44)** tabulada lo que en efecto entra en la zona de no rechazo a la hipótesis nula **(Ho; T1 = T2)**.

10. CONCLUSIONES

Las aguas residuales tratadas usadas para alimentar los sistemas de riego en la zona arrozal la antioqueña, no cumplen con los parámetros microbiológicos estipulados en la [“RESOLUCIÓN NÚMERO 1207 DE 2014 \(julio 25\)”](#), la concentración de microorganismos patógenos como (Escherichia coli y coliformes totales) en las muestras de agua analizadas, correspondiente a los sistema de riego son elevadas, lo que permite inferir que existe alta contaminación por estas bacterias en agua y suelo, en efecto es evidente el riesgo que esto representa para la salud de los trabajadores que desempeñan las siguientes labores agrícolas:

- ✓ La administración y mantenimiento de los canales de riego
- ✓ La fumigación a lo largo del periodo de cosecha
- ✓ El abonado

Por un lado, estas aguas residuales usadas en el sistema de riego tienen un aporte importante en algunos nutrientes a la disolución del suelo, es decir, poseen la ventaja de no necesitar grandes dosis del abonado nitrogenado, sin embargo para el contexto de nuestro estudio esto es relativo, como se observó en las visitas al sitio de cosecha y en nuestro experimento a escala laboratorio, pues puede haber un exceso en los momentos que la planta no lo necesita y un déficit en los estados vegetativos de máximas necesidades. Entonces, un exceso como en el caso del nitrógeno puede suponer problemas por el desarrollo excesivo del tallo, surgiendo inconvenientes como la fragilidad y la caída de la planta ante leves vientos, como consecuencia de este hecho, los agricultores de la zona vienen usando cada vez mayores variedades de semillas de arroz en donde se dé un pequeño desarrollo de la altura como se observa en la variedad Fedearroz 70.

Por otro lado, los contenidos de materia orgánica junto a los elevados valores de fósforo disueltos en el agua de riego suponen un aumento de microorganismos en el suelo que, en general, podrían llegar a ser perjudiciales para el cultivo, dado que se encuentra en condiciones de inundación con aguas poco aireadas. Sin

embargo, en nuestros análisis encontramos que para después de la cosecha muchas colonias de bacterias mesófilas (aerobias), hongos y actinomicetos benévolos para el cultivo tuvieron un importante crecimiento y teniendo en cuenta la importancia de este grupo de microorganismo identificados podemos inferir que este suelo luego del periodo de inundación presenta condiciones favorables para el soporte microbiano por consiguiente es beneficioso para el siguiente ciclo de cosecha.

En cuanto a los parámetros físicos del suelo, como la textura; encontramos un gran porcentaje de arcilla acompañado partículas de limo y arena en menores porcentajes, lo que favorece en gran medida que se lleve a cabo el cultivo de arroz ya que estos suelos arcillosos contienen buenas reservas de nutrientes, también son poco permeables con gran capacidad en la retención de agua un punto a favor en el riego por inundación. Los otros parámetros como las densidades (real y aparente) y el % de porosidad se encontraron valores dentro de lo óptimo para la agricultura con algunas variaciones para antes y después de la cosecha a causa del traslado de la maquinaria pesada agrícola a través del terreno durante el periodo de siembra y recolección del grano.

El riego con aguas proveniente del STAR parece aumentar ligeramente el pH del suelo, aun así, los suelos están dentro de lo valores óptimos para el arroz, para la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico en la zona de estudio tubo una pequeña disminución en ambos valores, sin embargo, no se encontró una correlación directa que indique que hubo cambios significativos que afecten de forma positiva o negativa las condiciones del suelo y por ende el cultivo de arroz.

Para los micronutrientes y macronutrientes presentes en el suelo, conforme avanza el periodo de cultivo se encontró una progresiva disminución en sus concentraciones, estos elementos quedan retenidos en el suelo para luego realizarse la absorción por parte del cultivo, en conclusión, se confirma la hipótesis de que el cultivo de arroz actúa de cierta manera como componente descontaminante que disminuye la concentración de algunas sustancias presentes en la disolución de los suelos en donde se emplea el riego con aguas

residuales tratadas, sin embargo, el uso a largo plazo de estas aguas podría suponer al cabo de muchos años unos niveles importantes en el suelo (factor acumulativo).

Ahora bien, los niveles de hierro, cobre, manganeso y zinc en el suelo son altos para el inicio de la cosecha, pero sin superar los valores recomendados por USA-EPA de suelos, a medida que se lleva a cabo el cultivo estos elementos son sometidos a diferentes procesos dentro de la tasa de utilización de la planta, como consecuencia, tienden a una disminución gradual en su concentración, por lo tanto, no se encontró aporte importante de estos metales por parte del riego que pudieran afectar a la planta, al grano o al consumidor.

En este sentido, se puede pensar en el cultivo del arroz como un elemento que tiene un comportamiento de filtro verde de las aguas residuales tratadas que llegan al caño SAN IGNASIO y por consiguiente a la quebrada SAN PEDRO, ambos, entornos ambientales de máxima sensibilidad como se puede ver en el [anexo 27](#). Como la agricultura es una fuente de contaminantes importantes a través de los fertilizantes y de otros productos fitosanitarios, los agricultores de la zona se deben ir planteando reducir o eliminar algunos de los productos que pueden contaminar las aguas, los suelos y todo el ecosistema; ya que gran parte de los resultados conseguidos en la investigación no sólo dependen de los aportes de las aguas residuales tratadas sino también de las propias prácticas agrícolas.

En nuestro experimento a escala laboratorio pudimos observar algunos factores relevantes sobre el comportamiento de la planta de arroz cuando es expuesta al agua residual tratada.

- ✓ En el ensayo 2 se pudo ver un desarrollo óptimo de las plantas en todas sus fases, **un tendido** alto del tallo con tendencia a ser frágil ante leves vientos y buen desarrollo del grano con calidad aceptable en general el agua residual tratada aportó los nutrientes necesarios para llevar a cabo el buen rendimiento del cultivo a escala hasta su cosecha.

- ✓ En los ensayos 3 y 4 las plantas tuvieron desarrollo excelente hasta la fase vegetativa, pero a medida que crecieron se presentaron situaciones de déficit de algunos nutrientes que se evidencio en el color y calidad de sus hojas, las aguas agregadas en estos ensayos no contenían la cantidad de nutrientes necesarios para mantener todas las fases del cultivo por ende se tuvo un menor rendimiento en la producción del grano, en conclusión, las aguas residuales tratadas tienen mejor calidad agronómica en lo que respecta contenido de elementos necesarios para el cultivo sin ser necesario altas cantidades de compuestos fertilizantes.

- ✓ El contenido químico de las plantas de los ensayos 3 y 4 se presentaron valores muy por debajo de lo recomendable, rondando los niveles de deficiencia, a diferencia el ensayo 2 presento valores más elevados en la concentración de los elementos estudiados.

- ✓ Los niveles de hierro, fosforo y zinc fueron superiores en las hojas de las plantas de los 3 ensayos en comparación con el grano, por otra parte, el nitrógeno el cual es un elemento que migra hacia la espiga en la fase de madurez de la planta y por consiguiente al grano de tal manera que para todos los ensayos se observó una mayor concentración de este nutriente en los granos.

En las encuestas realizadas a los agricultores se encontraron temas puntuales como el desconocimiento de las normativas que se deben tener en cuenta para el rehusó del agua residual tratada en la agricultura. A demás se encontró que pese a las recomendaciones de algunos agrónomos de usar en mínimas cantidades los abonos nitrogenados se sigue empleando la Urea como principal fuente de (N) en cantidades de prueba y error sin criterio de profesionales en el área, sin embargo, se debe tener en cuenta el aporte de nutrientes por parte del sistema de riego y así evitar el exceso de elementos que conllevan alteraciones en el desarrollo del cultivo y en el ecosistema.

En el procesamiento de la información mediante análisis estadísticos podemos concluir que luego de todo este estudios agronómico y ambiental se rechaza la hipótesis nula y se afirma que las aguas residuales tratadas usadas para riego si tienen efectos tanto negativos como positivos en el suelo, la planta y el ecosistema circundante, por este motivo se confirma la premisa de que los arrozales actúan de alguna manera como elementos descontaminantes que disminuyen la concentración de algunas sustancias que pueden ser nocivas para el medio ambiente y están presentes en la disolución de los suelos regados con agua residual tratada.

11. RECOMENDACIONES

Se sugiere a los agricultores realizar las concesiones para el uso del recurso hídrico ante la corporación autónoma regional y luego implementar sistemas de tratamiento a las aguas residuales tratadas antes de utilizarlas para el riego del cultivo de arroz. Se recomienda realizar consultas con profesionales, técnico o tecnólogo relacionados con el área de microbiología, saneamiento básico y ciencias ambientales para buscar alternativas que ayuden mediante la aplicación de tratamientos no muy complejos y económicos a disminuir la carga de coliformes presentes en el agua de riego con el objetivo de cumplir la normativa [1207 del 2014](#) para el rehusó de esta agua en la agricultura.

Se recomienda que antes de cualquier cosecha realicen estudios de suelo para conocer las concentraciones de los diferentes elementos que componen la salud del sustrato fértil, también es importante realizarles un muestreo periódico a las aguas usadas para el riego del cultivo con el fin de conocer sus características permitiéndoles así diseñar mejores planes de fertilización y controles de plaga.

También es importante que se tengan registros históricos y toda la información de las precipitaciones que se llevan a cabo en la zona, mediante la instalación de pluviómetros en el lugar de la siembra pueden llevar a cabo la recolección de esta información de manera fácil y económica lo que les permitirá tener mejor control y una eficiente administración del recurso hídrico.

Se considera necesario que la administración municipal realice estudios de la calidad de las aguas subterráneas ubicadas a corta distancia del canal de riego con el objetivo de descartar aportes de elementos contaminantes, evitando riesgos en la salud de las personas que podrían disponer del recurso para el consumo humano.

En cuanto al terreno de la parcela 1 que cuenta con un suelo con reacción ligeramente ácida, materia orgánica con porcentaje moderado, indicando aceptable disponibilidad de nitrógeno, debido a esto, se considera pertinente suministrar nitrógeno en pequeñas cantidades, el fósforo se encuentra en

cantidades moderadas, por ende, se recomienda agregarlo al suelo, el azufre tiene contenidos altos, por consiguiente, requiere dosis moderadas, las bases de cambio calcio y magnesio presentan niveles edáficos altos, por lo cual, magnesio requiere adiciones moderadas, el nivel de potasio es moderado, por tal motivo, se sugiere añadirlo para su sostenimiento, en cuanto a los micronutrientes se aconseja aplicar boro dadas sus moderadas concentraciones nativas, para hierro, manganeso y zinc no se considera oportuno aportarlos (Suárez, 2020).

Tabla 40. Cantidad de nutrientes aportados en el plan de fertilización

N	P	K	CA	MG	S	FE	MN	ZN	B
Kg/Hec									
80	49	90	0.0	90	36	0.0	0.0	0.0	0.5

Fuente. Agrosavia (2021)

Se considera necesario implementar campañas de socialización en el uso de elementos de protección personal a los obreros que realizan las labores de mantenimiento en el cultivo ya que estos están directamente en contacto con el agua residual tratada, se deben crear reglas que garanticen la obligatoriedad del uso de las botas pantaneras de toda persona que requiera ingresar al área de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguas residuales. depuración de las aguas residuales. calidad del agua para la agricultura.
Disponible en <http://www.isch.edu.cu/biblioteca/campus/residuales>.
2. Alemán, I ,Guido, F (2015). Paniagua Comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en el lafqa departamento de química, Unanmanagua, pág. 23-95.
3. Achim, D y Fairhurst, T. (2000). Toxicidad del hierro en el arroz, trastornos de nutrientes y manejo de nutrientes. Potasa y el Instituto de Fosfato y el Instituto Internacional de Investigación del Arroz, informaciones agronómicas No. 43, pág. 3-16.
4. ASANO, T. (1991) El papel de la recuperación y reutilización del agua en EE. UU. Ciencia y tecnología del agua, vol. 23, pág. 204-209.
5. Achim, D y Fairhurst, T. (2005). Manejo del nitrógeno en arroz. Potasa y el Instituto de Fosfato y el Instituto Internacional de Investigación del Arroz. Informaciones agronómicas. No. 48, pág. 2-6.
6. Bernier, r.l. (1979). muestreo de suelos para análisis químico. boletín técnico N° 28 (17 re). estación experimental remehue, pág. 12.
7. Bv, e. (2019). modelización de los impactos ambientales de la reutilización de aguas residuales municipales tratadas para el riego de cultivos arbóreos en la región costera mediterránea, pág. 34_56.
8. Bernier v (2004) centro regional de investigación remehue, instituto de investigaciones agropecuarias. Estación Experimental Remehue, pág. 25.

9. Bernier, R.L. (1979). Muestreo de suelos para análisis químico. Boletín Técnico N° 28 (17 Re). Estación Experimental Remehue. INIA, pág. 12.
10. Cisneros, O y Rojas, H. (2016). Reúso de aguas residuales en la agricultura. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Coordinación de Riego y Drenaje, pág. 23-155.
11. Castilla, L. IA, M. Sc, PH. D Fedearroz FNA, Tirado, y, IA Fedearroz FNA. (2019). Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz. FEDEARROZ - Fondo Nacional del Arroz, pág. 8-76.
12. Clara, L, Fatma, R Viridiana, A y Lies, w (2017). Carbono Orgánico, del suelo potencial oculto. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, pág. 5-72.
13. Etchevers B, J. P. Anzastiga, V. Volke y G. Echevers (1986). Correlación y calibración de métodos químicos para la determinación de fósforo disponible en suelos del Estado de Puebla. Agro ciencia 65, pág. 161 – 178.
14. Espinoza, L, Slaton, N, Mozaffari, M. (s,f). Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. university of arkansas system. Agricultura y recursos naturales, pág. 1-4.
15. Elsiwier (2017), Impacto de la reutilización de aguas residuales de fabricación de alimentos para el riego en un sistema cerrado sobre la calidad microbiológica de los cultivos alimentarios, pág. 3_7.
16. Francisco, j. m. (s.f.) (2014). estudio agronómico y ambiental del riego con aguas residuales depuradas en el cultivo del arroz. aplicación en una linea de riego en el parque natural de la albufera(valencia). universidad politécnica de valencia, pág. 123 – 366.

17. Flores, L y Rene, j. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. Universidad nacional autónoma de MÉXICO. Instituto de Geología. Departamento de Edafología, pág. 3-36.
18. John wiley e hijos. (1981). Principles and practices of rice production. Surajit K. De Datta, Head, Department of Agronomy, The International Rice Research Institute, Los Baños, The Philippines pág.184-320.
19. Morales (2012). Propuesta para la reutilización del programa de disminución de vertimientos puntuales sobre el caño san Ignacio en el casco urbano del municipio de curumani cesar contemplado en el marco del PSMV). universidad francisco de paula Santander Ocaña, pág. 25-45.
20. Pepper &. Charles (2016). Sistemas de recarga artificial de acuíferos como tecnología de reutilización y recuperación natural y sostenible de las aguas residuales: preocupaciones sobre la salud asociadas con los virus humanos (EE. UU.), The University of Arizona, Tucson, Arizona, EE. UU. pág. 3-19.
21. Silva1, p. t. (julio 10 de 2008). reusó de aguas residuales domésticas en agricultura. una revisión, pág. 23.
22. Técnicas de muestreo de suelo para análisis de fertilidad.
23. Torres, E, Jeninngs, J, Duque, m, Eugenia, v, Corredor, E y Sierra, J. (2002). Análisis de Estabilidad para Centro Blanco en Arroz (Oryza sativa). Foro Arrocerero Latinoamericano, pág. 10-13.

Disponible

en

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/nr25010.pdf>

24. Silva, J, Torres, P, & Madera, C. (2008) reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(2), pp. 347-359.

25. Minagricultura (2011). Proyecto: Desarrollo de capacidades en el uso seguro de aguas residuales para agricultura. En://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Colombia_ Informe%20Nacional.pdf.

26. Olmos, S. (2006). Apunte de morfología, fenología, eco fisiología, y mejoramiento genético del arroz. Cátedra de Cultivos II. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE, Argentina, pág. 2-3.

27. Grau, P. 1988. Arroz. *In* H. Faiguenbaum (ed.). Producción de cultivos en Chile. Cereales, leguminosas e industriales. Publicitaria Torrelodones, Santiago, Chile, pág. 161-186.

28. GA-G-15 Toma de muestras de suelo y raíces para análisis microbiológico Gestión de la agenda corporativa. Departamento de Laboratorios de Investigación y Servicios, pág. 3-9.

29. Garrido, V. (s,f). interpretación de análisis de suelos, pág. 4-32.

30. Rosengurt, B., O. del Puerto, B. Arrillaga de Maffei y A. Lombardo. Gramíneas. Curso de botánica. Universidad de la República, Departamento de Producción Vegetal, Montevideo, Uruguay, pág. 154.

31. Resolución número 1207 de (2014), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá.

32. Rojas, N, Sánchez, H, Garibello, A, Villamil, C, Reyes, A, Camacho, A, Rodríguez. (2010). Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica,

- empleada para riego. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C, pág.139-148.
33. Universidad de Filipinas, Escuela de Agricultura. 1975. Cultivo del arroz; manual de producción. Primera edición. Editorial Limusa, México, D.F., México, pág.426.
34. Iccardi, P. (2018), Indicadores microbianos de impacto de la intensificación agrícola sobre la calidad del suelo en sistemas arroceros. Facultad de ciencias licenciaturas en ciencias biológicas orientación ecología. Universidad de la republica de Uruguay, pág. 5-38.
35. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Quilamapu. 1989. Seminario de producción de arroz. Serie Quilamapu N° 16. Roberto Alvarado A. (ed.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Quilamapu, Linares, Chile, pág.179.
36. University of California, Davis. (1992). Compendium of rice diseases. R. K. Webster y P. S. Gunnell (eds.). The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, EUA, pág. 62.
37. Vargas D. (2010). Efecto del tiempo, temperatura de almacenamiento y tamizado del suelo sobre algunas poblaciones microbianas, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, FACULTAD DE CIENCIAS, BOGOTÁ, D.C, 32-49.
38. WILLARD, H. et al. Métodos instrumentales de análisis. Méjico. Editorial Iberoamericana, pág. 34.

RECURSOS DE INTERNET

- ✓ <http://www.ars-grin.gov/npgs/tax>.
- ✓ http://www.kenbi.eu/kenbipedia_3.php#:~:text=Las%20concentraciones%20de%20DQO%20en,1000%20e%20incluso%20m%C3%A1s%20altos.
- ✓ http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/TF_Calidad_Agua/CalidaddelAgua.pdf
- ✓ http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/arroz/bibliogr.htm
- ✓ https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrici%C3%B3n_vegetal.

ANEXOS

ANEXO 1. Visita al sitio de estudio



Fuente. Autores (2020)



fuentes. Autores (2020)

ANEXO 2. Inicio de la cosecha en la zona de estudio



fuelle. Autores (2020)



fuelle. Autores (2020)



fuelle. Autores (2020)

ANEXO 3. Fase intermedia de la cosecha



Fuente. Autores (2020)



Fuente. Autores(2020)

ANEXO 4. Fase final de la cosecha



Fuente. Autores(2021)




Fuente. Autores(2021)

ANEXOS 5. Toma de muestra de agua superficial




fuentes. Autores (2020)

ANEXO 6. Resultados de los análisis físicoquímicos en muestra de agua superficial



Laboratorios Nancy Flórez García S.A.S
Confiable a toda prueba
NIT: 824.005.588-0



IDEAM
INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNOLÓGICAS Y CONTROL AMBIENTAL

COD: RO-104: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 35416

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASEO DEL MUNICIPIO DE CURUMANI ACUACUR E.S.P


DIRECCION : Cr 16No 7-32 **NIT: 80029720**
 CONTACTO : NIXON LOPEZ CIUDAD: CURUMANI
 CARGO : TECNICO EN LABORATORIO TELEFONO: 3003867731

INFORMACION DE LA MUESTRA


NOMBRE: AGUA RESIDUAL DOMESTICA **HORA:** 17:30
LUGAR DE MUESTREO: LINEA DE RIEGO **FECHA:** 2020/09/30
PUNTO DE MUESTREO: PARCELA 1 **RECEPCION:** 2020/10/01

TIPO DE MUESTREO: Simple **CODIGO:** 201060519 **INICIO DE ENSAYOS:** 2020/10/01
PLAN DE MUESTREO: N.S **LOTE:** N.A **FINAL DE ENSAYOS:** 2020/10/16
PROC. DE MUESTREO: N.S **REGISTRO INVIMA:** N.A **INFORME:** 2020/10/27

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos Nancy flores García (2020)



Laboratorios Nancy Flórez García S.A.S
Confiable a toda prueba
NIT: 824.005.588-0



IDEAM
INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNOLÓGICAS Y CONTROL AMBIENTAL

COD: RO-104: 08 del 17 de Agosto de 2018

FISICOQUIMICO

ANALISIS	METODO-TECNICA	LCM	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B/ EPA 360- Incubación 5 días	2	01/10/2020	135	61
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C- Reflujo cerrado- volumétrico	20	07/10/2020	270	61,5
Grasas y aceites mg/L (A)	PARTICION INFRAROJO METODO C NTC 3362-2011 - Infrarojo	2	13/10/2020	30	< 2
Nitratos mg NO3/L (A)	J Rodier, 9 Ed- 2011 - Fotométrico	0,006	01/10/2020	Análisis y reporte	< 0,006
Nitritos mg NO2/L (A)	SM 4500 - NO2 B - Fotométrico	0,02	01/10/2020	Análisis y reporte	< 0,20
Nitrógeno total Kjeldahl mg/L (A)	SM 4500 - Norg C / SM 4500 - NH3 B, C volumétrico	2	16/10/2020	Análisis y reporte	17,6
Fosforo total mg P/L	SM 4500 - P B, E	2	16/10/2020	Análisis y reporte	0,666
pH (25,2 °C) U de pH	SM 4500 -H+ B - Electrométrico	-	01/10/2020	5 a 9	7,54
Hierro mg/L (A)	SM 3030 K / SM 3131 B- Electrométrico	0,10	14/10/2020	Análisis y reporte	4,2657
Sólidos suspendidos totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5	02/10/2020	135	46,7
Sólidos totales mg/L (A)	SM 2540 B - Gravimétrico	10	06/10/2020	N.R	375
Temperatura °C	SM 2550 B - Electrométrico	-	01/10/2020	40	25,2

MICROBIOLÓGICOS

ANALISIS	METODO-TECNICA	LCM	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION	RESULTADO
Coliformes totales NMP /100 ML (A)	SM 9223 B - Sustrato enzimático múlticelda	1	01/10/2020	N.R	131,4 x 10 ⁶

Teléfono:(5)5842072 Fax: 5703929-3145060008 E-mail: calidad_amb@laboratoriosfloras.com.co
Carrera 15No. 13C -72 Esquina -Valledupar

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos Nancy flores García (2020)

ANEXO 7. Eutrofización en cuerpos de agua aledaños a la párela 1



fuelle. Autores (2020)

ANEXO 8. Pozos artesanales próximos a la línea de riego



fuelle. Autores (2020)

ANEXO 9. Toma de muestra del suelo



Fuente. Autores (2020)



Fuente. Autores (2020)



Fuente. Autores (2021)



Fuente. Autores (2021)

ANEXO 10. Análisis en laboratorios de los parámetros físicos del suelo



Fuente. Autores (2020)



Fuente. Autores (2020)

ANEXO 11. Resultados de parámetros físicos del suelo

INFORME N QAS21-001624 EDER TORRES8/03/2021 2:17:34 p.m.				
 <small>Corporación colombiana de investigación agropecuaria</small>	GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA			CÓDIGO GA-F-73
				VERSIÓN: 3
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIOS DE SERVICIOS UNA MUESTRA			FECHA DE APROBACIÓN DEL CAMBIO: 2018-10-30
LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA (Química de suelos)				
1. Información del cliente				
NOMBRE Y APELLIDO:	EDER TORRES		# DE SOLICITUD	CODIGO DE LABORATORIO
CÉDULA O NIT:	1065816501		QAS21-001624	LQAS21-000698
DIRECCIÓN:	DIG 20 28B-13			
DEPARTAMENTO:	CESAR			
MUNICIPIO:	CURUMANÍ			
TEL. FIJO/CEL:	3023914095	3023914095		
TIPO DE ANALISIS:	TEXTURA BOUYOUCOS			
2. Información de la muestra				
IDENTIFICACIÓN:	suelo de la zona de estudio		ALTURA:	200m.s.n.m
MATRIZ:	Suelos		PROFUNDIDAD:	No indica
VEREDA:	San Rafael		TIPO DE RIEGO:	No Indica
FINCA:	región la antioqueña		TOPOGRAFIA:	Plano
PRODUCTOR:	Eder Enrique torres carrillo		DRENAJE:	Buen drenaje
CULTIVO:	Arroz variedad No indica 0Por establecer		CULTIVO2:	
FECHA DE RECEPCIÓN	2020-11-12		Yeni Rodríguez Giraldo (E6968)	
FECHA DE ANÁLISIS:	De	2021-02-18	A	2021-03-04
FECHA DE REPORTE:	2021-03-08		Coordinador técnico del laboratorio de Química Analítica	
DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
Porcentaje de arena (% A)	g/100 g	Método de Bouyoucos	19.22	
Porcentaje de arcilla (% Ar)	g/100 g	Método de Bouyoucos	48.44	
Porcentaje de limo (% L)	g/100 g	Método de Bouyoucos	32.34	
Clase textural	No aplica	Método de Bouyoucos	Ar	
		gravimetría		
<p>Los resultados son válidos únicamente para la muestra en referencia</p> <p>Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin la firma.</p> <p>Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorización formal de Agrosavia.</p> <p>Para peticiones, quejas y solicitudes de información, comuníquese al correo electrónico atencionalcliente@agrosavia.co o a la línea telefónica 018000121515</p>				
FIN DEL INFORME				

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

ANEXO 12. Resultados de los parámetros químicos del suelo para antes de la cosecha

INFORME No. 42745 EDER TORRES 2020-11-30

AGROSAVIA **ONAC** **REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO DE SERVICIOS UNA MUESTRA GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA**

ISO/IEC 17025:2017 TEL: 466-033

LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA (Química de suelos)

1. Información del cliente

NOMBRE Y APELLIDO: EDER TORRES	NÚMERO BOLSA: 42745	CÓDIGO DE LABORATORIO: LQAS20-009016
CÉDULA O NIT: 1065816501		
DIRECCIÓN: DIG 20 28B-13		
DEPARTAMENTO: CESAR		
MUNICIPIO: CURUMANÍ		
TEL. FIJO/CEL: 3023914095 / 3023914095		
TIPO DE ANALISIS: FERTILIDAD COMPLETO		

2. Información de la muestra suministrada por el cliente

IDENTIFICACIÓN: 42745	ALTURA: 200m.s.n.m
MATRIZ: Suelos	PROFUNDIDAD: 0 a 30 cm
VEREDA: San	TIPO DE RIEGO: No Indica
FINCA: Rafael	TOPOGRAFIA: Plano
PRODUCTOR: Región la antioqueña	DRENAJE: Buen drenaje
CULTIVO(S): EDER TORRES	
Arroz variedad No indica con 0 Día(s) de edad	

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 13-LAB-031, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH GA-R-046, versión 05 de 2019-10-02), fósforo disponible Bray II (GA-R-048, versión 05 de 2019-10-02), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5598:2008, Método b. Medición en suspensión suelo/agua en relación 1:5 (peso/volumen)), cationes intercambiables en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeseo, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007), determinación de Carbono Orgánico en suelo (GA-R-119 V2 2019-09-20).

FECHA DE RECEPCIÓN: 2020-10-09 **VENI RODRIGUEZ GIRALDO**

FECHA DE ANALISIS: De 2020-10-10 a 2020-10-27 **Coordinador técnico del laboratorio de Química Analítica**

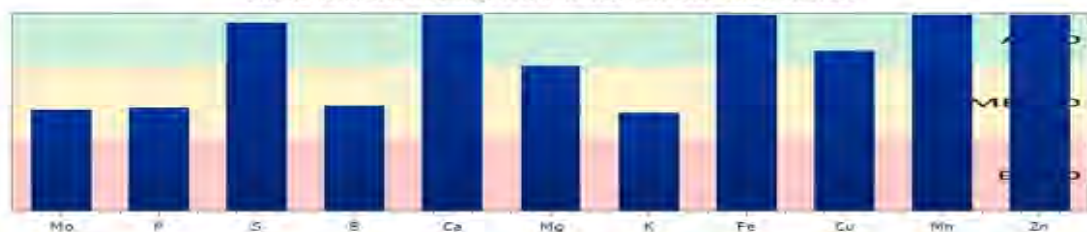
FECHA DE REPORTE: 2020/10/30

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2020)

DETERMINACIÓN ANALITICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
pH (1:2.5)	Unidades de pH	GA-R-046, versión 05 de 2019-10-02	8.21	Ligeramente ácido
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5598:2008 Método b. Medición en suspensión suelo	0.35	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5405 Walkley & Black	2.65	Medio
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 V2 2019-09-20	1.48	—
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-048, versión 05 de 2019-10-02.	29.51	Medio
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	27.93	Alto
Capacidad Interc Catiónica Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	13.40	Medio
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.32	Medio
Acidez (Al)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	10.18	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	2.65	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.30	Medio
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.28	Normal

DETERMINACIÓN ANALITICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
Hierro (Fe) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	338.69	Alto
Cobre (Cu) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	3.34	Alto
Manganeseo (Mn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	28.67	Alto
Zinc (Zn) Olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	5.73	Alto
Saturación de Calcio	%	Cálculo	78	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	20	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	2	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	2	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Gravimetría (Kjeldahl)	0.27	Medio

GRAFICA DE INTERPRETACION DE RESULTADOS



Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2020)

ANEXO 13. Resultados de los parámetros químicos del suelo para antes de la cosecha

INFORME N QAS20-001472 EDER TORRES15/02/2021 8:01:12 a.m.			
	GESTION DE LA AGENDA CORPORATIVA		CÓDIGO GA-F-73
			VERSIÓN: 3
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIOS DE SERVICIOS UNA MUESTRA		FECHA DE APROBACION DEL CAMBIO: 2018-10-30
LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA (Química de suelos)			
1. Información del cliente			
NOMBRE Y APELLIDO:	EDER TORRES	# DE SOLICITUD	CODIGO DE LABORATORIO
CÉDULA O NIT:	1065816501	QAS20-001472	LQAS20-009892
DIRECCIÓN:	DIG 20 28B-13		
DEPARTAMENTO:	CESAR		
MUNICIPIO:	CURUMANÍ		
TEL, FJJO/CEL:	3023914095		
TIPO DE ANALISIS:	NITROGENO TOTAL		
2. Información de la muestra			
IDENTIFICACIÓN:	suelo de la zona de estudio	ALTURA:	200m.s.n.m
MATRIZ:	Suelos	PROFUNDIDAD :	No indica
VEREDA:	San Rafael	TIPO DE RIEGO :	No Indica
FINCA:	región la antioqueña	TOPOGRAFIA:	Plano
PRODUCTOR:	Eder Enrique torres carrillo	DRENAJE:	Buen drenaje
CULTIVO:	Arroz variedad No indica 0Por establecer	CULTIVO2:	
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 13-LAB- 031, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017			
El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH GA-R-046, versión 05 de 2019-10-02), fósforo disponible Bray II (GA-R-048, versión 05 de 2019-10-02), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008. Método b. Medición en suspensión suelo/agua en relación 1.5 (peso/volumen)), cationes cambiabes en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007), determinación de Carbono Orgánico en suelo (GA-R-119 V2 2019-09-20).			

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
pH (1:2,5)	Unidades de pH	GA-R-046, versión 05 de 2019-10-02	6.45	Ligeramente ácido
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008 Método b. Medición en suspensión suelo	0.32	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Cálculo según NTC 5403 Walkey & Black	3.56	Medio
Carbono Orgánico (CO)	g/100g	GA-R-119 V2 2019-09-20	1.32	--
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	GA-R-048, versión 05 de 2019-10-02.	13.45	Medio
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	22.13	Alto
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	13.30	Media
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	0.44	Medio
Acidez (Al)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	9.24	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	2.61	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.24	Medio
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	GA-R-050 versión 7 de 2019-10-02	0.27	Normal

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION*
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	321.01	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	3.22	Alto
Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	26.02	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	5.23	Alto
Saturación de Calcio	%	Cálculo	73.1	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	19,8	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	1,93	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	2,05	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Gravimetría (Kjeldahl)	0.15	Medio


Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

ANEXO 14. Proceso de oxidación del hierro en las raíces



Fuente. Autores (2020)

ANEXO 1. Resultados de los parámetros microbiológicos del suelo para antes y después de la cosecha

INFORME N° 2 CCI21 (15005) EDER TORRES 2020-11-05				
 Corporación colombiana de investigación agropecuaria	GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA		CÓDIGO: GA-F-73	
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIOS DE SERVICIOS UNA MUESTRA		VERSIÓN: 3	
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE INOCULANTES			FECHA DE APROBACIÓN DEL CAMBIO: 2018-10-30	
1. Información del cliente Nombre y Apellido: EDER TORRES Cédula o NIT: 1065816501 Dirección: Diagonal 208 28 b-13 Dpto.: CESAR Municipio: CURUMANI Tel. fijo/Celular: 3029914095 Análisis solicitada: Recuento de bacterias mesófilas aerobias. Recuento de hongos totales (mohos y levaduras). Recuento de actinomicetos.		# DE SOLICITUD	CÓDIGO DE LABORATORIO	
		2	CCI21-15004	
2. Información de la muestra Identificación: EDER TORRES Tipo de muestra(s): SUELO Componente activo: NO INDICA Presentación: SOLIDO Fecha de producción: NO INDICA Fecha de recepción: NO INDICA Fecha de recepción: 2020-10-09 Fecha(s) de análisis: 2020-10-10 2020-10-17 Fecha de reporte: 2020-10-30		Adriana Marcela Santos Díaz. (E8243) Coordinador Laboratorio de Microbiología Agrícola.		
DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACIÓN
Recuento de bacterias mesófilas aerobias.	UFC/g	Recuento en placa	8,43 E+06	
Recuento de hongos totales (mohos y levaduras).	UFC/g	Recuento en placa	9,43E+02	
Recuento de actinomicetos.	UFC/g	Recuento en placa	Menor a 50	



Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

INFORME N° 3 CCI21 (15005) EDER TORRES 2021-03-05

 <p>AGROSAVIA Corporación colombiana de investigación agropecuaria</p>	GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA	CÓDIGO: GA-F-73		
		VERSIÓN: 3		
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE INOCULANTES		FECHA DE APROBACIÓN DEL CAMBIO: 2018-10-30		
1. Información del cliente Nombre y Apellido: EDER TORRES Calle/a o NIT: 1005810301 Dirección: Diagonal 20# 28 b-13 Depto.: CESAR Municipio: CURUMANI Tel. fijo/Celular: 3023914095 Análisis solicitado: Recuento de bacterias mesófilas aerobias. Recuento de hongos totales (mohos y levaduras). Recuento de actinomicetos.		# DE SOLICITUD: 3 CÓDIGO DE LABORATORIO: CCI21-15005		
2. Información de la muestra Admisión: EDER TORRES Tipo de muestra(s): SUELO Componente activo: NO INDICA Presentación: SOLIDO Fecha de producción: NO INDICA Fecha de vencimiento: NO INDICA Fecha de recepción: 2021-02-26 Fecha(s) de análisis: 2021-03-02 2021-03-04 Fecha de reporte: 2021-03-05		Adriana Marcela Santos Díaz. (E9243) Coordinador Laboratorio de Microbiología Agrícola.		
DETERMINACION ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACIÓN
Recuento de bacterias mesófilas aerobias.	UFC/g	Recuento en placa	1,05E+07	
Recuento de hongos totales (mohos y levaduras).	UFC/g	Recuento en placa	8,93E+03	
Recuento de actinomicetos.	UFC/g	Recuento en placa	Menor a 100	

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

ANEXO 16. Resultados de las muestras de aguas usadas para el ensayo 3

 <p>Laboratorio Nancy Flórez García S.A.S Confianza a toda prueba Nº: 824.005.588-0</p>					
COD: RO-104: 08 del 17 de Agosto de 2018 CERTIFICADO DE ANALISIS N° 36109					
INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
EMPRESA : EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASEO DEL MUNICIPIO DE CURUMANI ACUACUR E.S.P DIRECCION : Cr 16No 7-32 CONTACTO : NIXON LOPEZ CARGO : TECNICO EN LABORATORIO NIT: 80029720 CIUDAD: CURUMANI TELEFONO: 3003867731					
INFORMACION DE LA MUESTRA					
NOMBRE: AGUA SUPERFICIAL LUGAR DE MUESTREO: QUEBRADA SAN PEDRO PUNTO DE MUESTREO: HACIENDA COSTA LUZ		HORA: 18:00 FECHA: 2020/09/30 RECEPCION: 2020/10/01			
TIPO DE MUESTREO: Simple PLAN DE MUESTREO: N.S PROC. DE MUESTREO: N.S	CODIGO: 201060516 LOTE: N.A REGISTRO INVIMA: N.A	INICIO DE ENSAYOS: 2020/10/01 FINAL DE ENSAYOS: 2020/10/03 INFORME: 2020/10/04			
FISICOQUIMICO					
ANALISIS	METODO-TECNICA	LCM	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION	RESULTADO
Aluminio mg/L	SM 3030 E /SM 3111 D- Espectrométrico	0,10	08/10/2020	0,2	<0,1000
Calcio libre mg/L (A)	SM 3030 k /SM 3111 D- Espectrométrico	0,5	16/10/2020	60	27,6767
Carbono Orgánico Total mg/L (S)	EPA 415 1- combustión infrarrojo	2	24/10/2020	5,0	< 2,0
Cloro libre residual mg C2/L (A)	HACH DPD- Fotométrico	-	01/10/2020	0,3 – 2,0	0,0
Cloruros mg CL/L (A)	SM 4500-CL B argentométrico	2	10/10/2020	250	3,09
Fluoruros mg F-/L (A)	SM 4110-B cromatografía iónica	0,10	28/10/2020	1,0	0,171
Fosfatos mg PO4/L***	SM 4500-P E – Fotométrico	0,075	02/10/2020	0,5	0,087

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos Nancy flores García (2020)

Laboratorios Nancy Flórez García S.A.S					
Confiable a toda prueba		COD: RO-104: 08 del 17 de Agosto de 2018			
Nº: B24.005.589-Q					
Hierro mg/L (A)	SM 3030 K / SM 3131 B- Espectrométrico	0,10	14/10/2020	0,3	6,367
Magnesio MG mg/L (A)	SM 3030 K / SM 3131 B- Espectrométrico	0,10	19/10/2020	36	< 0,1000
Nitratos mg NO3/L (A)	J Rodier, 9 Ed. 2011 - Fotométrico	0,886	01/10/2020	10	< 0,886
Nitritos mg NO2/L (A)	SM 4500 - NO2 B- Fotométrico	0,020	01/10/2020	0,1	< 0,020
pH (24,4 °C) U de pH	SM 4500 - H+B - Electrométrico	-	01/10/2020	6,5 - 9,0	8,48
Sulfatos mg SO4/ L (A)	SM 4500-SO4 E - Turbidimétrico	10	13/10/2020	250	26,2
Temperatura °C	SM 2550 B - Electrométrico	-	01/10/2020	N. R	24,4
MICROBIOLÓGICOS					
ANÁLISIS	METODO-TECNICA	LCM	FECHA ANALISIS	ESPECIFICACION	RESULTADO
Coliformes totales NMP /100 ML	SM 9222 B-filtración por membrana	1	01/10/2020	0	DNPSC
Escherichia Coli NMP/100 ML	SM 9222 B-filtración por membrana	1	01/10/2020	0	6 × 10 ¹

Especificación: RESOLUCIÓN 2115/07 CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – (MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL, DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL)

Fuente. Laboratorio ambiental y de alimentos Nancy flores García (2020)

ANEXO 17. Experimento a escala laboratorio



Fuente. Autores (2020)



Fuente. Autores (2020)

ANEXO 18. Pluviómetro



Fuente. Autores (2020)

ANEXO 19. Etapa de germinación



Fuente. Autores (2020)



Fuente. Autores (2020)

ANEXO 20. Etapa de Macollamiento



Fuente. Autores (2020)



Fuente. Autores (2020)

ANEXO 21. Fase de maduración



Fuente. Autores (2021)



Fuente. Autores (2021)

ANEXO 22. Resultados de los parámetros químicos en la planta

 Corporación colombiana de investigación agropecuaria	GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA	CÓDIGO GA-F-73
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIOS DE SERVICIOS UNA MUESTRA	VERSIÓN: 3
		FECHA DE APROBACION DEL CAMBIO: 2018-10-30

LABORATORIO DE QUIMICA ANALÍTICA (Química de suelos)

1. Información del cliente NOMBRE Y APELLIDO: EDER TORRES CÉDULA O NIT: 1065816501 DIRECCIÓN: DIG 20 288-13 DEPARTAMENTO: CESAR MUNICIPIO: CURUMANÍ TEL, FIJO/CEL: 3023914095 3023914095 TIPO DE ANALISIS: NITROGENO, FOSFORO, HIERRO Y ZINC	# DE SOLICITUD QAS20-001473	CÓDIGO DE LABORATORIO LQAS20-008893
--	--	--

2. Información de la muestra

IDENTIFICACIÓN: MATERIA VEGETAL CULTIVO A ESCALA LABORATORIO MATRIZ: T vegetal VEREDA: San Rafael FINCA: región la antioqueña PRODUCTOR: Eder Enrique torres carrillo CULTIVO: Arroz VARIEDAD : A-67	ALTURA: 200m.s.n.m PROFUNDIDAD : No indica TIPO DE RIEGO No Indica TOPOGRAFIA: Plano DRENAJE: Buen drenaje
--	---

FECHA DE RECEPCIÓN : 2021-02-26
 FECHA DE ANÁLISIS: De 2021-03-02 A 2021-03-04
 FECHA DE REPORTE: 2021-03-05

Yeni Rodríguez Giraldo (E6968)
 Coordinador técnico del laboratorio de Química Analítica

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

ENSAYO # 2 (HOJAS Y GRANOS)

DETERMINACIÓN ANALÍTICA (HOJAS)	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
NITROGENO TOTAL	(%)	Kjeldahl y titulación potenciométrica o Combustión (oxidación completa) en Analizador Elemental	0,66	OPTIMO
FOSFORO DISPONIBLE	(mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	26	MEDIO
HIERRO DISPONIBLE	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	163,5	OPTIMO
ZINC	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	2,36	NORMAL

DETERMINACIÓN ANALÍTICA (GRANO)	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
NITROGENO TOTAL	(%)	Kjeldahl y titulación potenciométrica o Combustión (oxidación completa) en Analizador Elemental	0,72	OPTIMO
FOSFORO DISPONIBLE	(mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	14	OPTIMO
HIERRO DISPONIBLE	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	76,55	MEDIO
ZINC	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	2,1	NORMAL

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

ENSAYO # 3 (HOJAS Y GRANOS)

DETERMINACIÓN ANALÍTICA (HOJAS)	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
NITROGENO TOTAL	(%)	Kjeldahl y titulación potenciométrica o Combustión (oxidación completa) en Analizador Elemental	0,35	MEDIO
FOSFORO DISPONIBLE	(mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	16	MEDIO
HIERRO DISPONIBLE	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	157,5	OPTIMO
ZINC	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	2,16	NORMAL

DETERMINACIÓN ANALÍTICA (GRANO)	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
NITROGENO TOTAL	(%)	Kjeldahl y titulación potenciométrica o Combustión (oxidación completa) en Analizador Elemental	0,47	OPTIMO
FOSFORO DISPONIBLE	(mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	5	OPTIMO
HIERRO DISPONIBLE	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	75,23	MEDIO
ZINC	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	1,3	NORMAL

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

ENSAYO # 4 (HOJAS Y GRANOS)				
DETERMINACIÓN ANALÍTICA (HOJAS)	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
NITROGENO TOTAL	(%)	Kjeldahl y titulación potenciométrica o Combustión (oxidación completa) en Analizador Elemental	0,10	BAJO
FOSFORO DISPONIBLE	(mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	9,60	BAJO
HIERRO DISPONIBLE	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	155,70	BAJO
ZINC	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	2,12	BAJO

DETERMINACIÓN ANALÍTICA (GRANO)	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
NITROGENO TOTAL	(%)	Kjeldahl y titulación potenciométrica o Combustión (oxidación completa) en Analizador Elemental	0,11	BAJO
FOSFORO DISPONIBLE	(mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	3	BAJO
HIERRO DISPONIBLE	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	21,55	BAJO
ZINC	(Mg/kg)	Digestión vía húmeda cerrada en horno microondas o espectrofotométrica en el rango visible	0,07	BAJO

Fuente. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) (2021)

ANEXO 23. Morfología de las plantas



Fuente. Autores (2021)



Fuente. Autores (2021)



Fuente. Autores (2021)

ANEXO 24. Producción de granos por ensayo



Fuente. Autores (2021)

ANEXO 25. Encuesta agricultores



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Parcela y Área: 37 Hectáreas Telf. 3114172133

Propietario: Finca Don Felipe

Varietal utilizada: Fede Arroz 2000

Producción: 6 Toneladas por hectáreas

Procedencia del agua: Canal de Viego (Agua residual Tratada)

% de vertido según procedencia del agua: 100%

Tipo de abonado: sulfato de amonio y Borax

Cantidad de abonado: 140 Kg/Hec

Productos fitosanitarios aplicados: Ninguno

Desarrollo y fortaleza del tallo (tendido): Excelente - Algo excesivo

Coloración y aspecto de las hojas: Normal

Desarrollo de la panícula: Normal

Desarrollo del grano: Normal de Buena Calidad

Enfermedades de la planta: Ninguna

Problemática en alguna fase del desarrollo de la planta: Ninguna

Observaciones con respecto a años anteriores: Ninguna

Fuente. Autores (2021)

Universidad Popular del Cesar
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Parcela y Área: 12 Hectáreas Telf. 3225642504
Propietario: Parvicio Nelson
Variedad utilizada: Fide Aroz 67
Producción: 6,2 TON/Hec

Procedencia del agua: Canal de viago (Agua residual tratada)
% de vertido según procedencia del agua: 100

Tipo de abonado: Triple 75 - Borax - sulfato de amonio
Cantidad de abonado: 140 Kg/Hec
Productos fitosanitarios aplicados: Ninguno
Desarrollo y fortaleza del tallo (tendido): Excelente - Excesivo
Coloración y aspecto de las hojas: Verde Oscuro - Normal
Desarrollo de la panícula: Excelente
Desarrollo del grano: Excelente
Enfermedades de la planta: Ninguna
Problemática en alguna fase del desarrollo de la planta: Ninguna
Observaciones con respecto a años anteriores: Ninguna

Otras observaciones: Ninguna

Universidad Popular del Cesar
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Parcela y Área: 7 Hectáreas Telf. 3195247872
Propietario: Finca Cuervo de Vaca
Variedad utilizada: Maja seis
Producción: 5,8 TON/Hec

Procedencia del agua: Canal de Riogo Agua Residual Tratada
% de vertido según procedencia del agua: 100

Tipo de abonado: Urea - Cloruro de Potasio
Cantidad de abonado: 120 Kg/Hec
Productos fitosanitarios aplicados: Ninguno
Desarrollo y fortaleza del tallo (tendido): Excelente
Coloración y aspecto de las hojas: Excelente
Desarrollo de la panícula: Excelente
Desarrollo del grano: Excelente
Enfermedades de la planta: Ninguna
Problemática en alguna fase del desarrollo de la planta: Ninguna
Observaciones con respecto a años anteriores: Ninguna

Otras observaciones: Texturas con malvas.

Fuente. Autores (2021)

Universidad Popular del Cesar
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Parcela y Área: 12 Telf. 786 Cuervo
Propietario: Finca Humana Potosa
Variedad utilizada: Fide Aroz 2000
Producción: 5,9 TON/Hec

Procedencia del agua: Canal de Riog - Q san Pedro
% de vertido según procedencia del agua: 30-70

Tipo de abonado: Urea - Sulfato de amonio
Cantidad de abonado: 130 Kg/Hec
Productos fitosanitarios aplicados: Ninguno
Desarrollo y fortaleza del tallo (tendido): Normal
Coloración y aspecto de las hojas: Normal - Verde
Desarrollo de la panícula: Normal
Desarrollo del grano: Normal
Enfermedades de la planta: Pericarpia
Problemática en alguna fase del desarrollo de la planta: Ninguna
Observaciones con respecto a años anteriores: Textura con mucha malvas

Otras observaciones: Ninguna.

Universidad Popular del Cesar
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Parcela y Área: 5 Hectáreas Telf. 313974223
Propietario: Hacienda Los Guadalupe
Variedad utilizada: Fide Aroz 67
Producción: 5,8 TON/Hec

Procedencia del agua: Canal de viago (Agua residual tratada)
% de vertido según procedencia del agua: 100

Tipo de abonado: Cloruro de Potasio - Urea.
Cantidad de abonado: 740 Kg/Hec
Productos fitosanitarios aplicados: Ninguno
Desarrollo y fortaleza del tallo (tendido): Excelente
Coloración y aspecto de las hojas: Normal - Verde
Desarrollo de la panícula: Excelente
Desarrollo del grano: Excelente
Enfermedades de la planta: Ninguna
Problemática en alguna fase del desarrollo de la planta: Ninguna
Observaciones con respecto a años anteriores: Ninguna

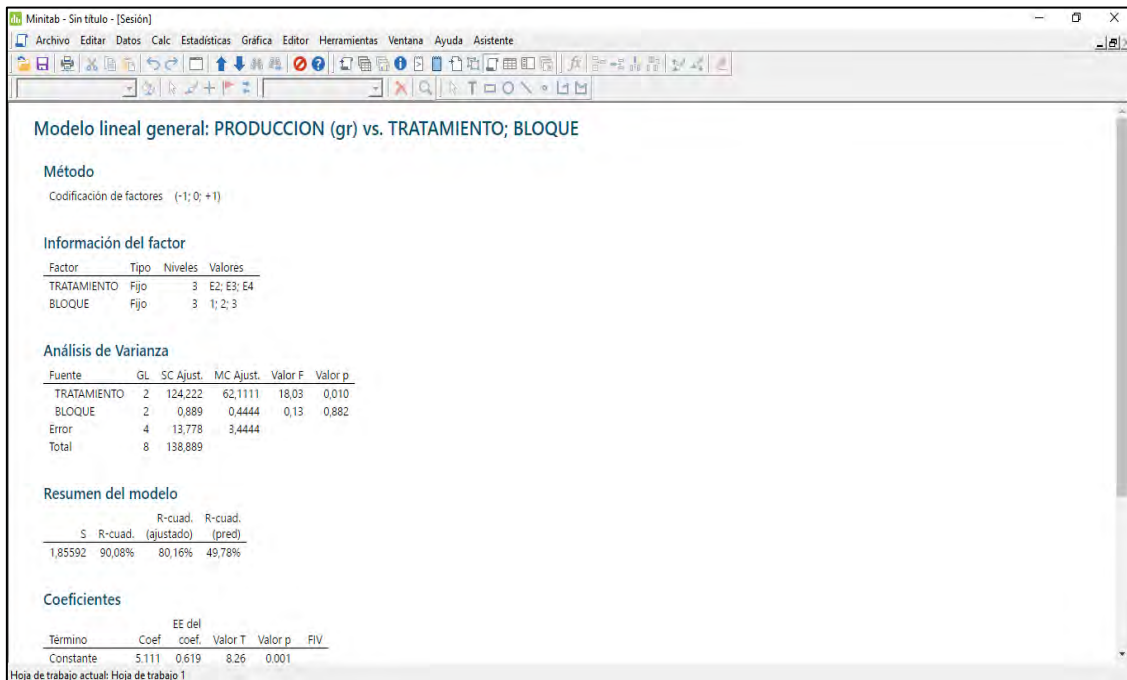
Otras observaciones: Ninguna

Fuente. Autores (2021)



Fuente. Autores (2021)

ANEXO 26. Uso del programa estadístico minitab 18.1



Modelo lineal general: PRODUCCION (gr) vs. TRATAMIENTO; BLOQUE

Método
Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	3	E2; E3; E4
BLOQUE	Fijo	3	1; 2; 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	124,222	62,1111	18,09	0,010
BLOQUE	2	0,889	0,4444	0,13	0,882
Error	4	13,778	3,4444		
Total	8	138,889			

Resumen del modelo

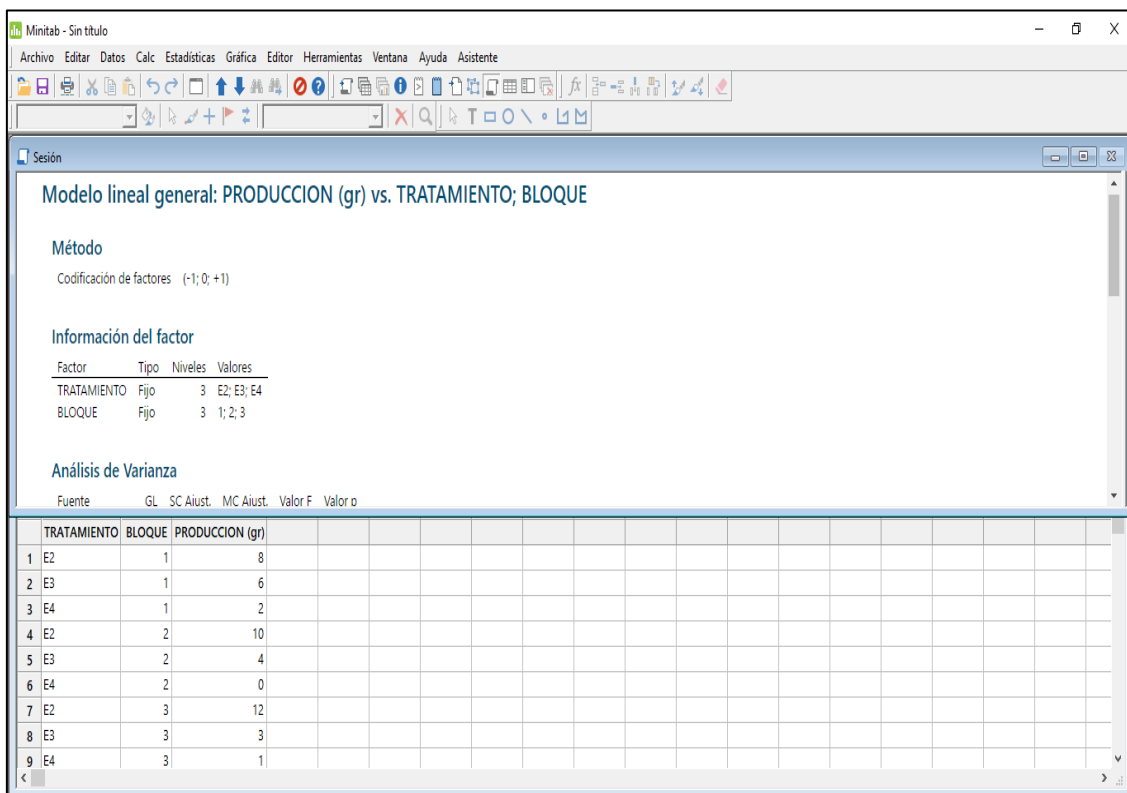
S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,85592	90,08%	49,78%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	5,111	0,619	8,26	0,001	

Hoja de trabajo actual: Hoja de trabajo 1

Fuente. Minitab 18.1 (2021)



Modelo lineal general: PRODUCCION (gr) vs. TRATAMIENTO; BLOQUE

Método
Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	3	E2; E3; E4
BLOQUE	Fijo	3	1; 2; 3

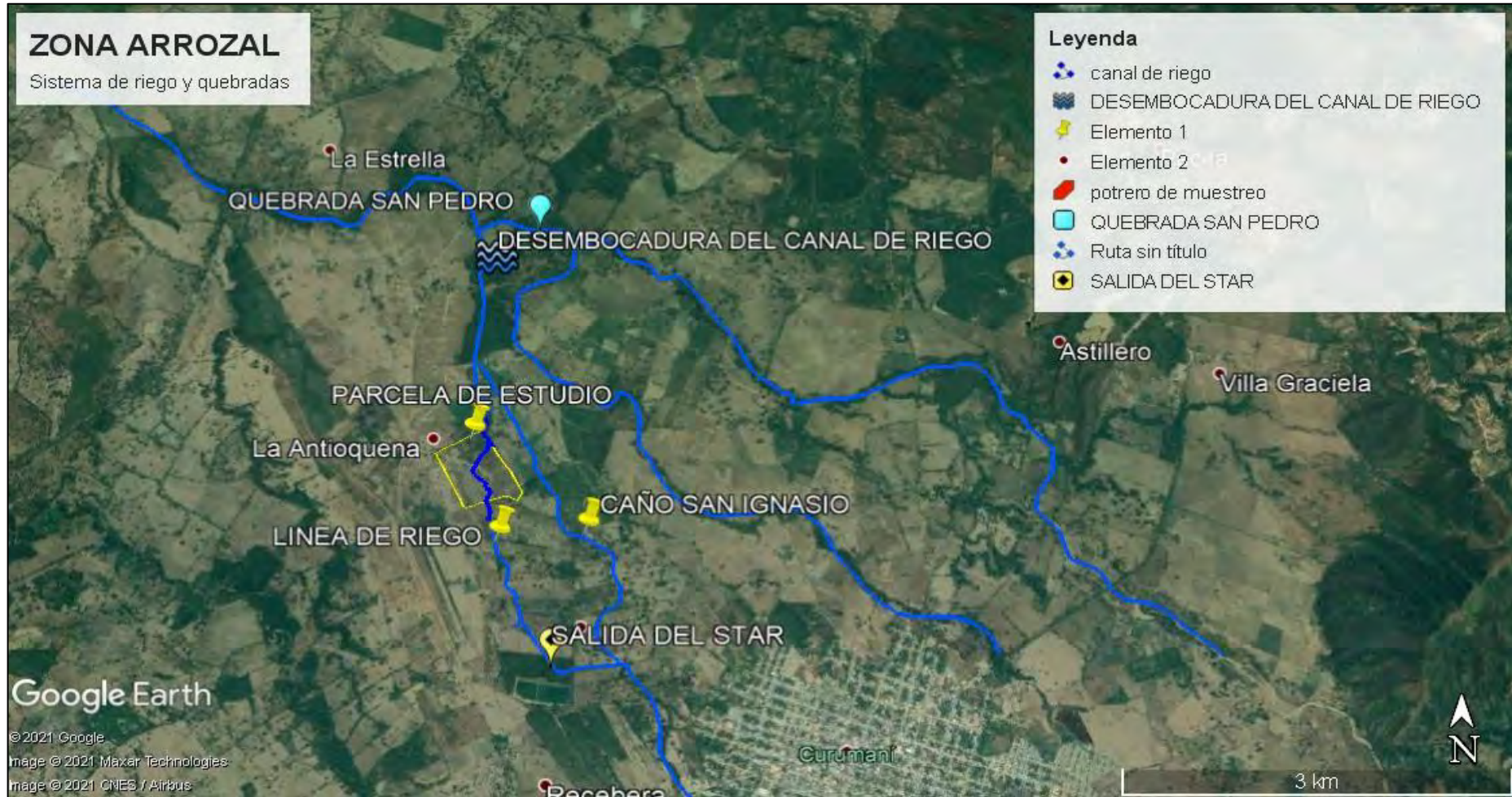
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	124,222	62,1111	18,09	0,010
BLOQUE	2	0,889	0,4444	0,13	0,882
Error	4	13,778	3,4444		
Total	8	138,889			

	TRATAMIENTO	BLOQUE	PRODUCCION (gr)
1	E2	1	8
2	E3	1	6
3	E4	1	2
4	E2	2	10
5	E3	2	4
6	E4	2	0
7	E2	3	12
8	E3	3	3
9	E4	3	1

Fuente. Minitab 18.1 (2021)

ANEXO 27. Desembocadura del canal de riego en la quebrada SAN PEDRO



Fuente. Google Earth (2021)

