

**Evaluación del rendimiento sostenible de producción de arroz bajo dos métodos
(orgánica y limpia) en el municipio de San Miguel, Putumayo**

Jhon Jairo Angulo Sanchez

Asesor

Jaime Alfonso Ortiz Londoño

Ing. Agrónomo

Universidad Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA)

Programa de Agronomía

2023

El autor, de este trabajo de investigación, como opción de grado para obtener el título PROFESIONAL EN AGRONOMÍA; autoriza a la Universidad Abierta y a Distancia (UNAD), la publicación de este documento, en su totalidad o de forma parcial, pero sin que la debida cita de reconocimiento de autoridad se tenga en cuenta, en la cual siempre deben de ir el autor, director, y el semillero de investigadores.

JAIME ALFONSO ORTIZ LONDOÑO

Director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

2023

Especial Dedicatoria

La honra y la gloria sea para el Señor Jesucristo, DIOS todo poderoso; a quién solo oro por dos cosas importantes en la vida, salud y sabiduría, durante el trajinar de la vida.

A mis madres, por los valores, sobre todo el respeto que inculcaron en mí, pero más aún, por enseñarme a luchar en la adversidad y vivir haciendo lo justo, y lo debidamente correcto. ULFA MARINA MINA y YOLENI SANCHEZ ESTUPIÑAN.

AMILDO ANGULO MINA, mi padre.

A mis tíos, con quienes me crié y sin ser hijo, me ayudaron durante gran parte de mi vida.

Muchas gracias.

MAYENI MOSQUERA SANCHEZ, mi hermana mayor, y el resto de mis hermanos.

A los buenos amigos, que siempre me alentaron para continuar y sobre todo me ayudaron en los momentos difíciles: Jhon Jairo Segura Cortez, Robín Cuero Montaña, Edwin Segura

y Heli Vargas (Guajiro).

Agradecimientos

A los buenos amigos, que siempre me alentaron para continuar y sobre todo me ayudaron en los momentos difíciles: Jhon Jairo Segura Cortez, Robín Cuero Montaña, Edwin Segura y Heli Vargas (Guajiro).

JOSÉ NEL MONTAÑO, quien me presto el predio y adicionalmente me ayudo con la mano de obra, eternamente agradecido.

Y desde luego a la UNAD, por ser muy exigente en el autoaprendizaje del saber, para formar profesionales.

Pero, sobre todo, a mí persona; porque a pesar de las múltiples dificultades que sobrellevé en silencio, pude reponerme y el querer ser, me ha traído hasta la meta contra viento y marea.

Resumen

A través de este trabajo de investigación, se busca evaluar los rendimientos en producción de arroz tradicional bajo dos métodos (producción limpia y orgánica), en el municipio de San Miguel - Putumayo, teniendo en cuenta que, la producción nacional a pesar de ser 1.7 millones de T/año, no abastece la demanda interna y adicionalmente, que, el departamento del Putumayo, cuenta con todas las condiciones agroclimatológicas para su cultivo. Para realizar dicha investigación, se optó por la variedad de arroz rojo, puesto que, ha hecho parte de la idiosincrasia de los pueblos indígenas y afros de la región, como parte de su seguridad alimentaria, aunque en otras zonas del país se considere como una maleza, en medio de los cultivos comerciales. Para la investigación se hizo selección del terreno y su preparación, posteriormente el trazado del lote y siembra bajo un sistema de siembra a chuzo (manual), para arroz seco, estableciendo dos parcelas (T1 y T2) de 11 mts de largo x 7 de ancho, para un área de 77 mts² por parcela; donde, el T1 obtuvo mejores características agronómicas en correlación a las variables No. de plantas/lanzamiento, No. de granos/espiga, No. de granos llenos/espiga y No. rendimiento/tratamiento, frente al T2.

Palabras Claves: Agronómicas, Variables, Tratamiento, Productividad, Semilla.

Abstrac

Through this research work, we seek to evaluate the yields in traditional rice production under two methods (clean and organic production), in the municipality of San Miguel - Putumayo, taking into account that national production despite being 1.7 million T/year, does not supply internal demand and additionally, the department of Putumayo has all the agro-climatological conditions for its cultivation. To carry out this research, the red rice variety was chosen, since it has been part of the idiosyncrasy of the indigenous and Afro people of the region, as part of their food security, although in other areas of the country it is considered a weeds, in the middle of commercial crops. For the investigation, the land was selected and prepared, then the plot was laid out and planted under a drill sowing system (manual), for dry rice, establishing two plots (T1 and T2) of 11 meters long x 7 meters wide. Width, for an area of 77 m² per plot; where, T1 obtained better agronomic characteristics in correlation with the empty No. of plants/release, No. of grains/spike, No. of filled grains/spike and No. yield/treatment, compared to T2.

Keywords: Agronomic, Variables, Treatment, Productivity, Seed.

Tabla de Contenido

Resumen	5
Abstrac.....	6
Introducción.....	14
Justificación.....	15
Objetivos.....	18
Marco Conceptual y Teórico	19
Concepto de Sostenibilidad	42
Generalidades del Arroz y su Importancia	51
Diferencias Entre los Sistemas de Producción Limpia y Orgánico.....	59
Buenas Prácticas Agrícolas	66
Metodología.....	68
Diseño Experimental	84
Evaluación de Rendimiento Sostenible de Producción de Arroz Bajo dos Métodos (Orgánica y Limpia) en el Municipio de San Miguel.....	97
Conclusiones.....	122
Recomendaciones	125
Referencias Bibliográficas.....	126

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Algunas variedades del arroz en Colombia</i>	22
Tabla 2 <i>Factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes</i>	37
Tabla 3 <i>Disponibilidad de los elementos de acuerdo al pH</i>	55
Tabla 4 <i>Tabla de resumen de primeras actividades ejecutadas</i>	73
Tabla 5 <i>Manejo de parcela No. 1 – Producción Limpia</i>	78
Tabla 6 <i>Manejo de parcela No. 2 – Producción Orgánica</i>	79
Tabla 7 <i>Productos utilizados en manejo de parcelas</i>	79
Tabla 8 <i>No. de plantas/lanzamiento/parcela</i>	80
Tabla 9 <i>Resultados lanzamiento 1 de la parcela No. 1</i>	80
Tabla 10 <i>Resultados lanzamiento 2 de la parcela No. 1</i>	81
Tabla 11 <i>Resultados lanzamiento 3 de la parcela No. 1</i>	81
Tabla 12 <i>Resultados lanzamiento 1 de la parcela No. 2</i>	82
Tabla 13 <i>Resultados lanzamiento 2 de la parcela No. 2</i>	82
Tabla 14 <i>Resultados lanzamiento 3 de la parcela No. 2</i>	83
Tabla 15 <i>No. de macollas/lanzamiento/parcela</i>	89
Tabla 16 <i>No. de espigas/lanzamiento/parcela</i>	90
Tabla 17 <i>Promedio de espigas/plantas/parcela</i>	91
Tabla 18 <i>Promedio de granos/espigas</i>	92
Tabla 19 <i>Promedio de granos llenos/espiga</i>	93
Tabla 20 <i>Promedio de granos vanos/espiga</i>	94
Tabla 21 <i>Resultados de variables por tratamiento</i>	95
Tabla 22 <i>Sumas de réplicas/tratamiento</i>	96

Tabla 23 <i>Análisis de Varianza de No. de Plantas/Lanzamiento</i>	98
Tabla 24 <i>No. de Plantas/Lanzamiento</i>	99
Tabla 25 <i>Análisis de Varianza de No. de Macollas/Planta/Tratamiento</i>	100
Tabla 26 <i>No. de Macollas/Plantas</i>	101
Tabla 27 <i>Análisis de Varianza de No. de Espigas/Planta/Tratamiento</i>	102
Tabla 28103 <i>No. de Espigas/Plantas</i>	103
Tabla 29 <i>Análisis de Varianza de No. de Granos/Espiga/Planta</i>	104
Tabla 30 <i>No. de Granos/Espiga</i>	105
Tabla 31 <i>Análisis de Varianza de No. de Granos/Llenos/Espiga/Tratamiento</i>	106
Tabla 32 <i>Granos Llenos/Espiga/Planta</i>	107
Tabla 33 <i>Análisis de Varianza de No. de Granos/Vanos/Espiga/Tratamiento</i>	108
Tabla 34 <i>No. de Granos Vanos/Espiga</i>	109
Tabla 35 <i>Análisis de Varianza de Resultados de Rendimiento</i>	110
Tabla 36 <i>Resultado de Rendimiento</i>	111
Tabla 29 <i>No. de plantas/lanzamiento/parcela</i>	113
Tabla 30 <i>No. de Macollas por planta</i>	113
Tabla 31 <i>Análisis de Varianza de No. de Macollas/Planta/Tratamiento</i>	114
Tabla 32 <i>No. de espigas por planta</i>	114
Tabla 33 <i>Análisis de Varianza de No. de Espigas/Planta</i>	115
Tabla 34 <i>No. de granos por espiga</i>	115
Tabla 35 <i>Análisis de Varianza de No. de Granos/Espiga/Tratamiento</i>	116
Tabla 36 <i>No. de granos llenos por espiga</i>	116
Tabla 37 <i>Análisis de Varianza de No. de Granos Llenos/Espiga/Tratamiento</i>	117

Tabla 38 <i>No. de granos vacíos por espigas</i>	117
Tabla 39 <i>Análisis de Varianza de No. de Granos Vanos/Espiga/Tratamiento</i>	118
Tabla 40 <i>Rendimiento por parcela (gr)</i>	118
Tabla 41 <i>Análisis de Varianza de Resultados (Rendimiento de Producción)</i>	119

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010.....</i>	24
Figura 2 <i>Ejemplo de rendimiento histórico promedio mensual del arroz, Saldaña (T), 2012-2016.....</i>	28
Figura 3 <i>Fases fenológicas del cultivo de arroz.....</i>	33
Figura 4 <i>No. de has establecidas/línea productiva en el municipio de San Miguel, Putumayo.....</i>	70
Figura 5 <i>No. de Plantas/Lanzamiento</i>	85
Figura 6 <i>No. de Plantas/Lanzamiento</i>	86
Figura 7 <i>No. de Plantas/Lanzamiento/Parcela</i>	87
Figura 8 <i>No. de Macollas/Lanzamiento/Parcela.....</i>	88
Figura 9 <i>No. de Espigas/Lanzamiento/Parcela</i>	89
Figura 10 <i>Promedio de Espigas/Plantas y Pro./Parcelas</i>	91
Figura 11 <i>Resultados de Producción (Peso/Lanzamiento/Parcela).....</i>	95
Figura 12 <i>No. de Plantas/Lanzamiento</i>	98
Figura 13 <i>No. de Plantas/Lanzamiento – Diagrama de dispersión</i>	99
Figura 14 <i>No. de Macollas/Planta/Tratamiento.....</i>	100
Figura 15 <i>No. de Macollas/Plantas – Diagrama de dispersión</i>	101
Figura 16 <i>No. de Espigas/Planta.....</i>	102
Figura 17 <i>No. de Espigas/Plantas – Diagrama de dispersión</i>	103
Figura 18 <i>No. de Granos/Espigas</i>	104
Figura 19 <i>No. de Granos/Espiga – Diagrama de dispersión</i>	105
Figura 20 <i>No. de Granos Llenos/Espiga</i>	106

Figura 21 <i>Granos Llenos/Espiga/Planta – Diagrama de dispersión</i>	107
Figura 22 <i>No. de Granos Vanos/Espiga</i>	108
Figura 23 <i>No. de Granos Vanos/Espiga – Diagrama de dispersión</i>	109
Figura 24 <i>Rendimiento/Tratamiento</i>	110
Figura 25 <i>Análisis de Resultados de Rendimiento – Diagrama de dispersión.....</i>	111

Apéndice

Apéndice A <i>Preparación del terreno y siembra</i>	131
Apéndice B <i>Registro de germinación de semillas</i>	132
Apéndice C <i>Análisis visual del estado fitosanitario de las parcelas</i>	133
Apéndice D <i>Control de arvenses</i>	134
Apéndice E <i>Análisis visual fitosanitario</i>	135
Apéndice F <i>Registro de brote de espigas</i>	136
Apéndice G <i>Análisis visual de las parcelas</i>	138
Apéndice H <i>Lanzamientos</i>	140
Apéndice I <i>Medición de plantas y espigas</i>	141
Apéndice J <i>Conteo de granos y registro de resultados</i>	142

Introducción

Según la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (*...actualmente se prevé que la producción mundial de arroz en 2022/23 ascenderá a 512,6 millones de toneladas (arroz elaborado), o sea, un 2,4 % por debajo del máximo histórico de 2021, aunque en líneas generales seguirá siendo una cosecha promedio...*), esto nos indica que, la oferta no satisface la demanda.

Ahora bien, en el departamento del Putumayo la producción de arroz corresponden a 1.148 has establecidas, con un aproximado de 1.092 has cosechadas al año, y un rendimiento en la producción que promedia las 2,1 T/ha, según evaluaciones agropecuarias municipales (EVA's) de 2020, reporte de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), entidad adscrita al MINAGRICULTURA, las cuales son producidas en su gran mayoría en sistemas rudimentarios (arroz secano, sembrado a chuzo), en pocas condiciones de manejo técnico y planes de fertilización (cero producción convencional).

En contexto, entendiendo que el arroz es un producto alimenticio de primera necesidad en la canasta familiar (básico), y que, a su vez, aporta a la seguridad alimentaria de muchos hogares en el mundo; se decidió hacer un trabajo de investigación en el cual se pueda evaluar rendimientos en dos métodos de producción (limpia y orgánica), puesto que, el departamento del Putumayo, en la zona del Bajo Putumayo, cuenta con las condiciones agroclimatológicas óptimas para la producción de arroz secano.

Este trabajo fue ejecutado en la vereda Santa Marta del municipio de San Miguel, Putumayo; donde se establecieron dos parcelas demostrativas y se recolectaron las muestras, a través de aforos (al azar) de 1 m², incumbiendo tres muestreos por parcela.

Justificación

Dado que, según datos del censo nacional agropecuario del año 2014, la pobreza extrema pasó del 32,6% al 18% en el periodo de 2010 al 2014 en términos generales; considerando que la pobreza multidimensional en las zonas rurales corresponde a un 31,1% comparado con el 11,5% de las zonas urbanas, para el 2021, la brecha entre la zona rural – urbano del país, mantiene un 19,6% de diferencia, lo cual indica que el sector rural se encuentra más afectado directamente en la generación de ingresos y por ende en su calidad de vida (*Comunicado de prensa del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 28 de abril de 2022*).

La pobreza extrema hace referencia a la población que no cuenta o no dispone de los recursos mínimos, para adquirir la canasta mínima de alimentos de supervivencia; Según el *CONPES Social 150 de 2012*, su identificación se encuentra basada en: el ingreso per cápita de la unidad de gasto, el cual corresponde a los salarios, ganancias u honorarios, ingresos en especie y otra fuente de ingresos.

Ahora, si, bien se sabe que, uno de los productos cuasi que fijos en la canasta familiar del hogar, es el arroz, el cual suple una dieta nutricional básica, basada en fibras, carbohidratos del 70 al 80%, proteínas, sodio, potasio, fosforo, aceites vegetales, calcio, hierro, provitamina A, Niacina, Vitamina B1 o tiamina, Vitamina B12 o ribloflamina, con un valor energético de 350 calorías por 100 gr, y con un valor bajísimo en grasa del 0,2% del contenido de sus nutrientes, sumándole que por ser un alimento de origen vegetal, no contiene colesterol; no todos los hogares pueden garantizar su consumo en la dieta nutricional diaria, correspondiente a que, no todos los hogares cuentan con recursos

económicos para poder acceder a este alimento; pero, adicionalmente, encontramos que, aun siendo Colombia un país con todas las condiciones para la producción de este alimento en la mayor parte del territorio nacional, sean bien en predios de agricultura de minifundios o latifundios, la actividad del cultivo del arroz se centra básicamente en unas regiones como lo son los llanos orientales, Tolima y el Huila, quienes concentran más del 80% de la producción del país, añadiendo que, la oferta no es mayor a la demanda, por lo tanto, se importa este cereal de otras partes del mundo como lo es USA, Ecuador y el Perú.

Para finalizar, según la RedAgrícola, (07 de enero de 2021); la producción de arroz en Colombia, se desarrolla convencionalmente, solamente existe una variedad que se ha venido trabajando de manera orgánica (proceso de descontaminación para consumo humano).

A pesar que el arroz fue incluido en los productos agrícolas que hacen parte de la firma del TLC, este constituye ser el tercer cultivo en importancia del país; siendo los Llanos Orientales y la zona centro sur (Tolima y Huila), las regiones por excelencia, más arroceras de Colombia y los departamentos con mayor área sembrada los encabeza Casanare con 177.798 has, seguido por el Tolima con 102.905 has, y Meta con 87.405 has de arroz; destacando, que, Colombia produce una media de 1,7 millones de T/año de arroz paddy y para el año 2017 el consumo aparente fue de 2.7 T y el consumo per cápita fue de 41,34 Kg por persona, mientras que el registro a nivel mundial fue del 53,9 Kg, según (DANE, 2017). En contraste, tenemos que los departamentos o regiones que representan los mayores índices de consumo de arroz, no lo producen, como lo es el caso de Atlántico y el Pacífico, y en otros departamentos como el Putumayo, se cultiva a baja escala, pero de igual manera, debe de importar de otras regiones del país o en gran parte del Ecuador, para

abastecer la demanda, aun teniendo todas las condiciones favorables que se requieren en gran parte de su territorio para el cultivo de arroz, como lo son el medio y bajo Putumayo.

Por lo anterior expuesto, consideramos pertinente que, en zonas como el Bajo Putumayo, si bien es cierto, no se cuenta con la vocación de productores de arroz, pero sí con todas las condiciones agroclimatológicas para su cultivo en secano o pantanos poco profundos, incorporando que es uno de los departamentos de mayor importación y menor producción, se hace imperioso realizar un trabajo investigativo, en el cual, se pueda determinar variabilidad de rendimiento tanto en producción limpia como orgánica del cultivo del arroz con semillas tradicionales de la región del piedemonte amazónico, para la autosostenibilidad alimentaria de los hogares que practican una agricultura de minifundios.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el rendimiento del cultivo de arroz seco, a través de la implementación de dos métodos de producción (limpia y orgánica).

Objetivos Específicos

Determinar el número de panículas y espigas por unidad de área (producción limpia y orgánica), número de espigas por panículas y de granos por espigas y número de granos vanos y llenos por espigas; con la finalidad de analizar la variabilidad en el rendimiento.

Evaluar y determinar el rendimiento bajo condiciones de manejo del cultivo, y adaptabilidad al medio.

Marco Conceptual y Teórico

Iniciaremos mencionando, que, de todos los géneros de ORYZA (Arroz), *Oryza sativa* es la de mayor importancia económica, esto debido a que tiene la particularidad de ser cultivada en todo el mundo, adaptándose a diversas condiciones agroclimáticas (*latitud de 35° sur en la Argentina a 50° norte en la China*), a diferencia de *O. glaberrima* que solo se cultiva en África. Ahora, es acotar que para *O. sativa* se encuentran hasta tres sub-especies, como lo son Indica, Japónica y Javánicas, por ello esta especie es considerada la de mayor variabilidad genética (*Orrigen, evolución y diversidad del arroz – Marco A. Acevedo, Willian A. Castrillo, y Uira C. Belmonte, et al., 2006*).

El cultivo del arroz se ha considerado una de las actividades más antiguas en la producción agrícola, por tal razón, se ha dificultado dar con exactitud cuál fue su lugar de origen; pero, existen índices que señalan que su actividad productiva inició hace aproximadamente 10.000 años, en muchas regiones de bosque tropical húmedo en Asia, en especial en la India, donde abundaban los arroces silvestres.

Otra teoría hace hincapié en la misma aseveración, donde se pone en manifiesto que, según los estudios recientes sobre el origen del arroz y su domesticación fue en la región del Himalaya y suroeste de la China; este se entiende, como el centro de diversificación genética y domesticación de la especie *O. sativa* (*Orrigen, evolución y diversidad del arroz – Marco A. Acevedo, Willian A. Castrillo, y Uira C. Belmonte, et al., 2006*).

De igual forma, en la misma publicación, inmediatamente anterior, OKA (1988) y OECD (1999), puntualizan que, como producto de la domesticación, *O. sativa* ha

desarrollado muchos tipos de variedades, lo cual permite que esta especie tenga un mayor rango de adaptabilidad a los diferentes medios de producción, con relación al clima y suelo, tanto así que se considera que en por lo menos 110 países se cultiva arroz, en condiciones que van desde 0 hasta 3.000 msnm.

Generalidades

Producción y Rendimiento/ha

Los tres cereales que representan la mayor producción a nivel mundial son el maíz, el trigo y el arroz, ya que, el consumo de estos es bastante significativo en Asia y Latinoamérica (Laval, 2020); el arroz como tal, proporciona cerca del 27% de la energía alimentaria y el 20% de las proteínas (FAO, 2018; Juliano, 1991; Lasse, 1991).

En el 2005, la superficie mundial cultivada de “arroz” fue de 156 millones de hectáreas, con una producción de 628 millones de toneladas. Para el mismo año, China fue el responsable de 28,9% de la producción lo cual lo ubica en el primer lugar, seguido por India e Indonesia con 20,8% y 8,6% respectivamente (FAO, 1997). En América Latina y el Caribe, se cultivaron en el mismo año 6,7 millones de hectáreas, con una producción total de 26,4 millones de toneladas, siendo los principales países productores: Brasil con 49,7% de la producción, seguido por Colombia (9,8%), Perú (9,3%), Argentina (3,9%) y Venezuela (3,6%) (FAO et al., 2018).

Es importante recalcar, lo que mencionábamos anteriormente, donde se ponía en contexto con el aparte que, el arroz constituye ser el tercer cultivo en importancia del país, y, los Llanos Orientales y la zona centro sur (Tolima y Huila), son las regiones por excelencia, más arroceras de Colombia y los departamentos con mayor área sembrada los encabeza Casanare con 177.798 has, seguido por el Tolima con 102.905 has, y Meta con 87.405 has de arroz; destacando, que, Colombia produce una media de 1,7 millones de

T/año de arroz paddy y para el año 2017 el consumo aparente fue de 2.7 T y el consumo per cápita fue de 41,34 Kg por persona, mientras que el registro a nivel mundial fue del 53,9 Kg, según (DANE, 2017).

Ahora bien, continuando y trayendo a colación, y de acorde a según evaluaciones agropecuarias municipales (EVA's) de 2020, reporte de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), entidad adscrita al MINAGRICULTURA, en el departamento del Putumayo la producción de arroz corresponden a 1.148 has establecidas, con un aproximado de 1.092 has cosechadas al año, y un rendimiento en la producción que promedia las 2,1 T/ha, , las cuales son producidas en su gran mayoría en sistemas rudimentarios (arroz seco, sembrado a chuzo), en pocas condiciones de manejo técnico y planes de fertilización (cero producción convencional). La misma UPRA, expone que para el periodo 2022A el área sembrada en cereales en el país, corresponde a 781.902 has, de las cuales, 454.620 has, pertenecen al cultivo de arroz (55%), frente a 460.406 has establecidas durante el periodo de 2021A, es decir, tuvo un margen de caída del -1,3%, esto debido a climáticos que provocaron inundaciones en La Mojana y los altos costos de producción que también han influido en un menor crecimiento en área sembrada (Análisis resultados EVA, 2022).

Para finalizar, es importante mencionar que, Colombia cuenta exactamente con dos sistemas de producción marcados; los cuales podemos discriminar de la siguiente manera: sistema tradicional y mecanizado, el sistema mecanizado a su vez se subdivide en dos (riego y seco), el tradicional como ya todos conocen y es el que se implementó en este trabajo de investigación, se ejecuta manualmente o como conocemos o definimos vulgarmente a chuzo.

Variedades de Arroz y su Calidad – Variedad Utilizada.

Teniendo en cuenta que la especie *O. sativa*, variabilidad genética presenta, a diferencia de *O. glaberrima*, y que esta a su vez cuenta con muchas variedades, daremos a conocer las más importantes económicamente por su cultivo en Colombia, las cuales son las siguientes:

Tabla 1

Algunas variedades del arroz en Colombia

Especie	Variedad
O. sativa – Parentales	Fedearroz 2000
	Fedearroz CF IBIS
	CT21375
	Fedearroz 70
	Fedearroz 67
	FL Fedearroz 68
	Fedearroz 2020
	Fedearroz 174
	Fedearroz 473
	Kinandang Patong (KP)

Nota. En la anterior tabla se pudo observar algunas variedades del cultivo de arroz de importancia económica en Colombia.

En cuanto a la calidad del arroz es importante tener en cuenta que el cambio climático juega un papel fundamental en el desarrollo fisiológico de este, puesto que todas las condiciones agroclimatológicas deben de ser óptimas para obtener resultados fetén; de esta manera, podemos decir que, existen diferentes factores climáticos que interfieren en el desarrollo de la planta, bien sea de forma favorable o perjudicial. Por ello es de aclarar que, en estos aspectos agroclimatológicos, factores como humedad relativa, temperatura, vientos

y luminosidad, tienen una incidencia notable en el cultivo del arroz.

Por último, la variedad de arroz que se utilizó para el desarrollo de este trabajo de investigación es arroz rojo, el cual en muchas partes del interior del país como el Tolima, es considerado como maleza en medio de los cultivo comerciales, pero, este a su vez a lo largo del tiempo ha significado un gran aporte no solo a la seguridad alimentaria, sino a la economía de familias rurales del departamento del Putumayo, en especial de las que se ubican en el medio y bajo Putumayo, ya que ha hecho parte histórica de su idiosincrasia, tanto de comunidades étnicas como pueblos indígenas (AWA, COFÁN y EMBERA) y comunidades afros, al igual que, comunidades no étnicas.

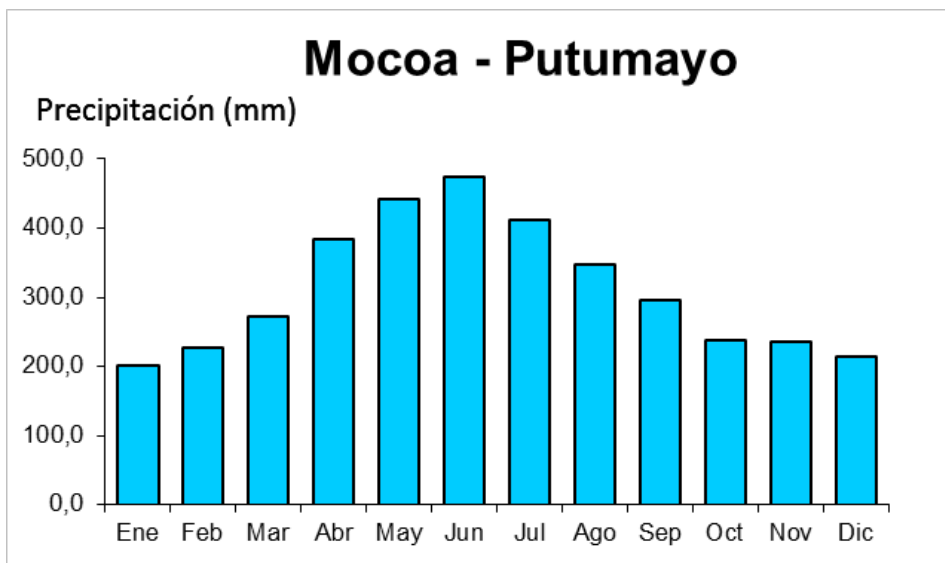
Requerimientos Agroclimatológicos (Precipitación, Luminosidad, Temperatura y Humedad Relativa)

Teniendo en cuenta que, lo mencionado anteriormente y de acorde a FEDEARROZ – AMTEC (2018), en cuanto a los dos sistemas de producción, la precipitación viene siendo el factor agroclimático en el más relevante, puesto que el arroz es un cultivo que requiere en gran parte de su ciclo, grandes cantidades de agua, entonces, la precipitación para sistemas de arroz seco, sea convencional o tradicional, es invaluable, sin ser de menor importancia para aquellas zonas donde se implementa sistemas convencionales bajo riego, puesto que, la precipitación de lluvias permite que las fuentes hídricas no sufran sequías; ahora, se dice que un cultivo de arroz requiere de 700 mm de agua (bien distribuidos), durante todo su ciclo, pero, al calcularse un 30% de pérdidas de este recurso, es importante contar con unos 1000 mm, que, en lo posible estén bien distribuidos durante el periodo de establecimiento del cultivo.

En el caso de donde se realizó el trabajo de investigación, no se tendría ningún problema con el requerimiento del recurso hídrico, ya que el departamento del Putumayo, pertenece al piedemonte amazónico, y su condición es de bosque tropical húmedo, por lo que, las lluvias se presentan a lo largo de todo el año, esto garantiza una debida humedad relativa no solo del suelo sino del ambiente en general.

Figura 1

Precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010



Fuente. IDEAM 2014

En cuanto a luminosidad del cultivo, para que las plantas puedan cumplir con su respectiva función, que ya todos conocemos, que el proceso de fotosíntesis, deben de contar un buen número de horas de luminosidad solar, ya que las plantas por medio del proceso fotosintético, elaboran carbohidratos, y estos a su vez favorecen la producción de macollas, y llenado de panículas (a mayor luminosidad, mayor proceso fotosintético, y a mayor proceso fotosintético, mayor producción de macollas y llenado de panículas). Pero, se requiere que el periodo de mayor luminosidad sea al final del microciclo de producción del

cultivo, con la finalidad de favorecer el llenado de granos.

Continuando, gran parte del crecimiento y desarrollo productivo de la planta, se debe a la temperatura; esta complemento del factor climático, está ligado a la duración del ciclo del cultivo, puesto que, a mayor temperatura, menor ciclo de vida del cultivo, en temperaturas más frescas, los ciclos de vida de los cultivos tienden a ser más largos, se entiende este comportamiento porque los procesos internos en las plantas son más lentos, ejemplo de ello: el parental Fedearroz 67 en zona cálida como Saldaña (T), el ciclo de vida del cultivo puede comprenderse entre 120 y 122 días; en una zona fresca como lo es Ibagué (T), puede comprenderse entre 130 a 132 días (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

En nuestro caso, nos encontramos en zona cálida, ubicada en la llanura amazónica, conformada por lomeríos y terrazas.

Esto con cuerda a la luminosidad y por ende complementa el proceso fotosintético que debe de desarrollar la planta.

Es de aclarar que, temperaturas superiores a 35 °C, pueden afectar el proceso fotosintético de la planta, desencadenando la baja producción de carbohidratos, frenando el debido desarrollo productivo de la planta. Ahora, para concluir la importancia de la temperatura en el proceso fisiológico de la planta, es menester, poner en conocimiento que, uno de los momentos más susceptibles del cultivo del arroz es la fase de floración, la temperatura debe ser estrictamente la adecuada (complemento del factor climático que no podemos controlar), esto, porque al presentarse altas temperaturas pueden presentarse un alto índice de vaneamiento en granos, específicamente porque las plantas abren sus florecillas de 9:00 a.m. a 12:00 p.m. para poder liberar polen y se pueda llevar a cabo el proceso de fecundación, pero si se presentas temperaturas superiores a los 34 °C, el polen

no puede ser liberado y no habrá proceso de fecundación, conllevamos a lo que denominado anteriormente vaneamiento.

Finalizamos, en base a lo mencionado por FEDEARROZ – AMTEC (2018), con el correspondiente proceso que deben de llevar todas las plantas del proceso de fotosíntesis oscura, el cual ocurre durante la noche, y consiste en tomar oxígeno, liberar dióxido de carbono y consumir parte de los carbohidratos producidos durante el día, este proceso puede favorecer o perjudicar los procesos productivos del cultivo de arroz; es decir, dónde se presenten temperaturas mínimas superiores a 23 °C durante la noche, los rendimientos serán perjudiciales, porque eso implica una mayor tasa de respiración lo cual produce compuestos oxidantes, y estos a su vez dañan las células de las plantas, afectando el ciclo productivo; por ello, se entiende que en zonas donde la temperaturas mínimas sean de 21 °C durante la noche, alcanzaran un mayor rendimiento productivo la planta, entonces en este caso la temperatura ideal para el cultivo del arroz, viene siendo de 32-35 °C (máxima durante el día) y entre 22-20 °C (mínima durante la noche).

Hablemos de humedad relativa, este proceso es un poco más complejo de lo que se cree, pero trataremos de dar a entender la temática lo más sencillo posible; cuando hablamos de humedad relativa, nos referimos a la saturación de vapor de agua acumulada en la atmósfera, pero ¿Qué significa esto? Es decir; existe afectación de absorción de nutrientes y suministro de agua que se requiere en la planta, cuando, la humedad relativa es superior al 90%, esto debido a lo siguiente: cuando hablamos de alta humedad relativa, manifestamos que la atmósfera tiene mucha agua, lógicamente en forma de vapor, en este caso el movimiento de agua en relación suelo-planta-atmósfera, se verá afectado, puesto a que existe una afectación o sobrecarga de agua en la atmósfera por la alta humedad relativa,

ya que el agua de la planta se mueve desde el punto de mayor potencial hídrico hasta el de menor potencial, entonces, al existir una alta concentración en la atmósfera, el agua que es absorbida por las plantas y transporta nutrientes, se va a ver afectada, ya que existe un potencial mayor hídrico en la atmósfera, caso contrario cuando la humedad relativa es baja, aumenta la absorción de agua del suelo y por ende nutrientes transportados por la planta hacia la parte aérea de las misma, pero va verse afectada por transpiración cuando las temperaturas son muy altas y las condiciones de humedad relativa bajas, por ello se considera que la humedad relativa debe oscilar entre 70 y 80% para que la planta pueda cumplir con su debido desarrollo fisiológico sin mayores alteraciones, porque adicionalmente valore superiores a 80% de humedad relativa, también favorecen la aparición de agentes patógenos en las plantas como lo son los hongos y las bacterias (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

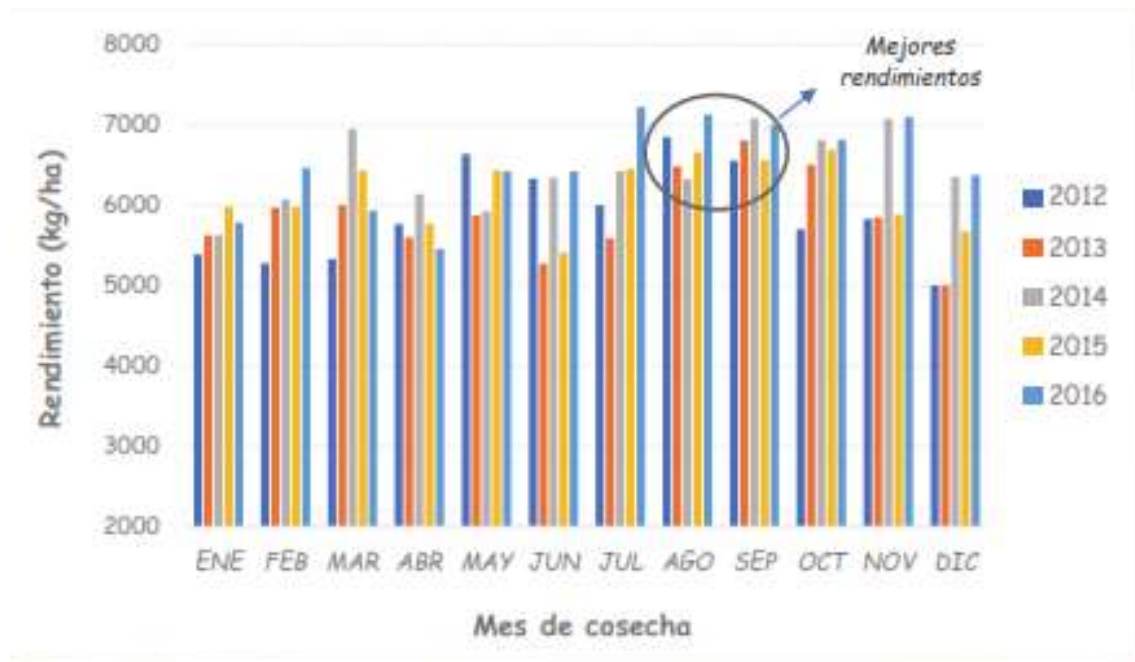
Ciclo

En base a lo anterior, podemos manifestar que, lo más importante antes de implementar un sistema productivo de arroz (aplica general para todas las especies vegetales), debemos de tener en cuenta las condiciones agroclimáticas de la zona o región donde se piense establecer dicho cultivo. Sin embargo, como se pudo observar anteriormente, el ciclo del arroz está tasado según variedad y se regula según comportamiento del factor climático, pero en términos generales su ciclo es entre cuatro y cinco meses.

Para terminar, siempre será recomendable definir épocas de siembra, de acorde a rendimientos históricos y desde luego, al histograma climático de la zona.

Figura 2

Ejemplo de rendimiento histórico promedio mensual del arroz, Saldaña (T), 2012-2016



Fuente. FEDEARROZ

Etapas fenológicas del cultivo (Morfología)

Es significativo denotar que, la morfología del arroz se basa prácticamente en dos etapas, la primera de ellas, basada en el correspondiente estudio de los estadios de germinación, plántula, inicio y macollamiento; la segunda, en todo lo referente a la fase reproductiva, inicio de la floración (primordio floral), emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a maduras.

Etapa 0. Iniciaremos con la etapa de germinación o etapa 0; hay que tener en cuenta, que siempre se recomienda contar con semilla seleccionada, lo cual, da una mayor garantía de éxito en la plantación.

En esta primera etapa, que es la germinación de la semilla, se inicia con la siembra de la misma, bien sea en bandejas o camas germinadoras, hasta la aparición de la primera hoja que se denomina coleoptilo y posteriormente se trasladan al situ final donde se van a disponer para completar su desarrollo fenológico. De igual manera, la siembra se puede hacer de manera directa, una vez se halla contemplado el debido proceso de pregerminación, lo que consiste en sumergir la semilla en agua “moje” durante un periodo de 24 a 36 horas, en dicho periodo las semillas se hinchan por la absorción de agua e inician su metabolismo de sus reservas de almidón y de proteína, dando comienzo al crecimiento del embrión.

Es detener en cuenta que, el debido crecimiento de la semilla, una vez haya sido trasplantada en su sitio final y que dura entre 2 a 3 días, depende en gran parte de la humedad relativa del suelo; por lo general las temperaturas óptimas en lo que concierne a la siembra de semilla pregerminada, es de 26 °C, ahora, cuando se hace el trasplante de la semilla una vez haya cumplido su ciclo de pregerminación y este destapada o desprotegida, es muy probable que esta sufra pérdidas de su viabilidad, por los fuertes vientos que causan deshidratación ambiental al afrontar altas temperaturas del medio (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

Es congruente mencionar de igual manera, algunas de las labores culturales que se deben de realizar en el manejo del cultivo del arroz, ejemplo de ello: el debido diagnóstico del tipo de suelo, preparación del mismo, modelación del tipo del suelo para el sistema

adecuado de riego a utilizar, según variedad de arroz y densidad de siembra y sistema de siembra a usar; todo lo anterior debe de definirse en base a un criterio técnico profesional en la materia.

Es importante que se implementen unas correctas labores culturales, puesto que, prácticas como el exceso de semilla a utilizar por espacio, pueden generar una exorbitado macollamiento por área (m²), lo que genera una alta competitividad por nutrientes y una baja productividad por lo anterior, lo cual indica que la plantación no sería competitiva en lo referente a lo rentable y generación de ingresos, por lo tanto siempre se recomiendan los sistemas de siembra con maquinaria agrícola, y de trasplante, esto, porque resultan más rentable que las siembras al voleo, donde no hay una debida distribución de espacio.

Etapa 1: Estado de la Plántula. Dicha etapa, en la cual emerge la plántula, hasta antes que aparezca la primera macolla, es decir, se desarrollan entre 4 y 5 hojas, dependiendo única y exclusivamente de los minerales, proteínas y energía que le aporta la semilla; luego una vez la planta llega a los 7 días de emergida, inicia el proceso de fotosíntesis, que consiste en captar la mayor cantidad de luminosidad solar y la absorción de nutrientes, con el fin de generar su propio alimento. Posteriormente, se calcula que cada 5 días, se desarrolla o emerge una nueva hoja y cuando se da inicio al primordio floral, el desarrollo de hojas es en promedio de cada 7 a 8 días (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

Etapa 2: Macollamiento. En esta etapa es donde básicamente conocemos un índice de productividad que puede llegar a tener nuestro cultivo de arroz, esto obedece a que, en este componente determina el número máximo de panículas o espigas que voy a tener por

planta y/o por m²; el resultado de poder contar con un buen número de macollas, está ligado al tipo de variedad con el cual se cuenta y desde luego, a las condiciones del medio, sin dejar de por lado el manejo agronómico que se le esté dando al cultivo; ahora, no hay que dejar de por lado que dicha etapa inicia cuando se emerge la primera macolla y culmina cuando se obtiene el máximo desarrollo de las misma. (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

Como se mencionó anteriormente, existen algunos factores que generan o promueven y/o condicionan el macollamiento de la planta, en este caso se recalca que el genotipo que se esté manejando juega un papel fundamental, al igual que la lámina de agua cuando se manejan arrozces en parcelas inundadas, pero en espacios como lo son los implementados bajo un sistema de arroz secano, el factor climático cumple con una representación primordial; de igual manera, el suelo, fertilización bajo un plan del mismo, lógicamente basados mediante resultados de laboratorio de análisis de suelos, densidad de siembra, sin duda alguna la temperatura juega es trascendente, puesto que, en condiciones de 15-19 °C y superiores a 34 °C, el macollamiento puede llegar a paralizarse, por ello se considera que lo ideal son temperaturas entre 32-34 °C. (Ing. Agrónomo Sofía Olmos – Catedra de cultivos II, 2006).

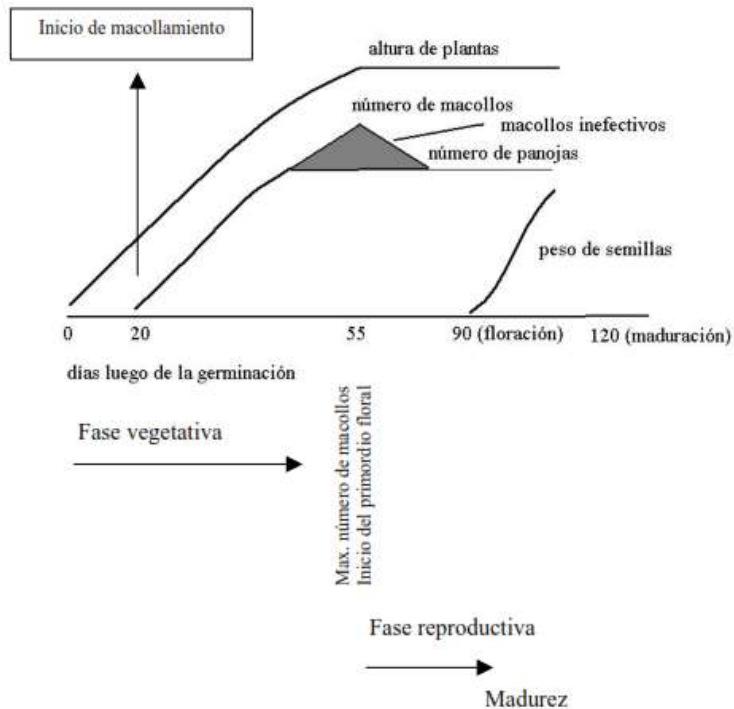
No menos importante, dentro de las labores culturales que se deben de realizar durante dicha etapa, el manejo del riego, el cual se recomienda que en lo posible se haga de forma discontinuo, esto con la finalidad de lograr evitar periodos marcados de sequías e inundaciones prolongadas; así mismo, se deben de realizar monitoreos constantes (2 a 3 días por semana), para poder evaluar si existe presencia de posibles plagas o enfermedades, y determinar acciones a tomar, según grado de afectación; durante el periodo de macollamiento, siempre hay que realizar una fertilización, esto de acorde al plan de

fertilización que se tenga. Por último, es de tener en cuenta que dicho periodo, puede durar entre 30 y 45 días, e inicia a los 20 días después de la germinación (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

Etapa 3: Elongación del Tallo. En este proceso condiciones de altas temperaturas, o según dado el caso, baja radiación solar, afectan severamente el desarrollo de esta etapa vegetativa, al igual que algunas de las prácticas en el cultivo de arroz, como lo puede ser el uso indebido de herbicidas; así mismo la extracción de nutrientes por parte de la planta, en dicho periodo, se hace en mayores cantidades. Esta etapa marca el final de toda la parte vegetativa del cultivo, e inicia la etapa productiva del mismo (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

Figura 3

Fases fenológicas del cultivo de arroz



Fuente. Ing. Agrónomo Sofía Olmos – Catedra de cultivos II (2006).

Posteriormente, viene la fase reproductiva, la cual está motivada por un declinamiento del número de macollas, proseguida por el correspondiente del engrose de la hoja bandera y del tallo, dado por el crecimiento interno de la panoja, la cual emerge luego de 20 a 25 días de haber iniciado el primordio floral.

Suelo

Entender el suelo, no es complejo si se analiza desde el concepto técnico que lo compone, pero su dinámica lo hace un poco más indescifrable; este a su vez, se considera una masa dinámica con comportamientos cambiantes en sus propiedades, debido a factores como clima, temperatura, lluvia, luminosidad y organismos que lo componen;

ahora, este es el ancla y el que nutre los vegetales, por ello, la insistencia en su conservación y protección.

Se conforma por tres fases como lo son: solida, liquida y gaseosa. Posteriormente, es de poner en conocimiento, que las propiedades físicas del suelo, terminan siendo el resultado que se origina a partir de las interacciones entre las distintas fases del mismo (suelo, agua y aire), y desde luego la proporción en la que se encuentra cada uno de ellos; ahora, la capacidad de sostenimiento, circulación del aire, capacidad de almacenamiento de agua, drenaje, retención y disponibilidad de nutrientes, facilidad para la penetración de raíces, ect., está estrictamente ligada a la condición física del suelo (FEDEARROZ, 2018).

Es importante, saber que, antes de realizar cualquier tipo de actividad que corresponda a planes de fertilización en especial en su fase de inicio, se debe de realizar un excelente manejo y/o acondicionamiento físico del suelo; hay que destacar que existen muchas estrategias de poder identificar las propiedades físicas del suelo, entre ellas está realizar calicatas, de pendiendo de la topografía del suelo, y según su conformación, pero es recomendable que para determinar la condición física de un suelo, es indispensable realizar un laboratorio de suelos.

En fin, a lo que nos compete, para el cultivo de arroz se requieren suelos arcillosos, los cuales, por tener una mayor cantidad de poros, ser compactos, y al ser menos permeables, logran retener una gran cantidad de agua y nutrientes que se pueden perder por lixiviación del suelo; esto hace que, este tipo de suelos en su dinámica sean o contengan una mayor fertilidad. Si bien es cierto, lo anterior nos indica qué tipo de suelo se requieren para el cultivo de arroz, no es menos importante comprender que, todos los suelos requieren el oxígeno y una profundidad efectiva congruentemente a 20 cm (FEDEARROZ, 2018).

Para tener en cuenta, suelos que se encuentren por encima de los 2.9 Kgf/cm² o 0,3 MPa, corresponden a aquellos niveles de compactación no aptos para el desarrollo del cultivo de arroz; ya que, según la FAO, 2016; indica que, la compactación del suelo puede reducir el rendimiento del cultivo hasta un 60%.

Y, cuando existe compactación en el suelo el número de macollas por planta puede reducir hasta un 50% en comparación con un suelo descompactado (Castilla, 2011).

Comprendido lo inmediatamente anterior, se hace alusión o se puede llegar a entender que, para los sistemas de siembra de arroz inundados, es imprescindible contar con suelos con cierto grado de compactación, pero, para el caso de arroz que se cultivan bajo sistemas de secano, se requieren suelos sueltos, profundos, con buena dinámica de elementos como el agua, nutrientes y oxígeno; sin que esto se interprete como suelos de fácil lixiviación.

Ahora, según Blanco, 2003; suelos de textura franco-arcillo-arenosa que contengan valores mayores a 1,6 g/cc en la densidad aparente del suelo, afecta el rendimiento en la planta de arroz y la respuesta a la fertilización nitrogenada y potásica; por ende, lo ideal oscilaría entre 1,4 a 1,5 g/cc. Estos resultados se obtienen mediante un análisis químico del suelo, el cual, se debe de tener al momento de establecer un plan de fertilización del cultivo.

Por otra parte, un tema muy importante y a su vez relevante, es la interacción de microorganismos en el suelo, para su fertilidad y sanidad del mismo. Los microorganismos cumplen con rol muy exclusivo, el cual es el poder constituir la parte viva del suelo, a través su dinámica en relación a la transformación y desarrollo de este, cumpliendo funciones determinantes en los diferentes procesos evolutivos de los componentes

orgánicos e inorgánicos que se le incorporan. Este hecho, va ligado en la comprensión de la nutrición de las plantas y disponibilidad de nutrientes para hacer asimilados por las raíces de las plantas (Delgado, 2014).

La microflora del suelo está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios (FEDEARROZ 2018).

Fertilización y Control de MIPE

Cuan relevante es poder suplir nutricionalmente de forma adecuada el cultivo, para poder atender sus requerimientos de nutrientes de forma oportuna y en especial en arroz, entendiéndolo que es un cultivo de ciclo corto, y los tiempos de intervención para su debida fertilización, deben de ser precisos, pero más que eso, asertivos. Es de denotar que, un análisis de suelos, me permite saber qué tengo, qué necesito y qué debo de aplicar, de acorde a los resultados arrojados; de esta manera, se puede establecer un plan de fertilización que se ejecutará durante el ciclo del cultivo, con el único objetivo de obtener los mejores resultados en cuanto a rendimiento y producción.

Para conocimiento general, la disponibilidad de nutrientes que requieren las plantas, suele ser afectada por diversos factores que se encuentran ligados al suelo como lo es el pH del mismo, el contenido de materia orgánica y arcilla, la actividad de microorganismos que es sumamente importante, el contenido del agua y su dinámica que comprende dentro del suelo, y la fuente de fertilizantes aplicados, en especial por su solubilidad (Donald, 2007). Dado lo anterior se hace necesario partir de una debida caracterización del suelo, para establecer un plan de fertilización, de acorde a las propiedades físico-químicas, biológicas y prácticas culturales que se hayan implementado, teniendo en cuenta que la asimilación de

nutrientes por parte de las plantas depende prácticamente de estos factores, incluyendo la forma química en la que se pueden encontrar los nutrientes en el suelo, la función del clima, la genética de la planta y su estado de desarrollo.

Tabla 2

Factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes

Nutrientes	Materia Orgánica	Humedad	Temperatura	Radiación	pH	Textura
Nitrógeno	X	X	X	X	X	
Fósforo	X	X	X	X	X	
Potasio			X		X	
Calcio		X			X	
Magnesio					X	
Azufre	X					X
Silicio	X	X			X	X
Hierro		X			X	
Manganeso		X			X	
Zinc					X	
Boro					X	X
Cobre					X	
Molibdeno					X	
Cloro	X	X				X

Fuente. Castilla, 2011

Nota. En la anterior tabla se observa algunos factores que afectan la disponibilidad de nutrientes en suelo, los cuales no pueden ser asimilados por las plantas.

Ahora, se hace imperioso de manera breve una síntesis de la nutrición del cultivo de arroz, que resulta de un proceso mediante el cual la planta cumple con la función de absorción de nutrientes necesarios.

Una analogía nos indica que una planta mal nutrida, será un ser que no tendrá buenos índices de productividad, y su desarrollo fisiológico sería bastante irregular. Por ello, es importante conocer previamente, cuáles son los requerimientos nutricionales no solo del cultivo del arroz, sino de cada variedad, de igual manera, adicional al análisis de suelos,

es importante que se tenga conocimiento en lo referente a la dinámica del mismo, ejemplo, no es lo mismo el comportamiento de un suelo en bosque tropical seco, a un suelo que se ubique en la zona de bosque tropical húmedo, así mismo, la altitud en el cual se encuentra también influye, tanto en ámbito nutricional de la planta, como en el desarrollo de la misma.

Continuando FEDEARROZ, hace mención a que, expuesto lo anteriormente, se ha logrado identificar que elementos como el nitrógeno (N) y el potasio (K), deben de aplicarse durante todo el ciclo del cultivo de forma fraccionada, a diferencia del fósforo (P), el cual se recomienda aplicar en mayores cantidades en el inicio del cultivo, e incluso, si es posible incorporarlo al suelo en pre-siembra; de igual manera, nutrientes como lo son el calcio (Ca), azufre (S) y Magnesio (Mg), se deben de aplicar en las fertilizaciones iniciales hasta las intermedias, y los nutrientes complementarios o menores, pero no menos importantes, se recomiendan que se apliquen en época de pre-siembra y/o en fases iniciales de acorde al plan de fertilización. Otra de las prácticas relevantes, aunque no se considera propia del plan de fertilización, es la debida incorporación de cales de uso agrícolas al suelo, teniendo en cuenta que estas me ayudan a corregir la pH del mismo, según sea la condición; así mismo, es importante, poder interpretar de manera asertiva el análisis de suelos, ya que, mediante esta herramienta, nos daremos cuenta si la acides de un suelo es natural o por la alta presencia de aluminio (Al) en el mismo, partiendo de esta premisa, el análisis me llevará a tomar una decisión referente a qué tipo de cal puede aplicar, debido a que, no todas las cales actúan de igual forma en el suelo, es decir; algunas actúan después de un mes y otras tardan en iniciar su acción hasta después de tres meses, teniendo en cuenta que algunas actúan por 6 meses y otras hasta 1 año.

Ahora, el plan de fertilización debe contener el número de fraccionamientos en lo referente a las fertilizaciones que se programan hacer, y este fraccionamiento va ligado al tipo de suelo, variedad a implementar, disponibilidad de agua para el cultivo y el ciclo del mismo. Para tener en cuenta, suelos que suelen ser arenosos, requieren un número mayor de fraccionamientos, caso contrario de los arcillosos; en cuanto al ciclo, es menester, aclarar que aquellas variedades que terminen su ciclo fisiológico más rápidamente, se debe de tener un número menor de fraccionamientos de fertilizaciones, y en las variedades de ciclo largo, por recomendación, se deben de acrecentar los fraccionamientos; por último, la humedad relativa del suelo, también juega un papel importante en los fraccionamientos dentro del plan de fertilización, puesto que, si existe buena humedad, se puede programar un menor número de fraccionamientos.

Según estudios realizados por la Federación Nacional de Arroceros, sugieren que, en condiciones de baja luminosidad, las aplicaciones de N disminuyan, pero las de P deben de incrementarse para que el cultivo obtenga una mejor respuesta; en el caso de las temperaturas altas, similar, las aplicaciones de N pueden reducir, pero las de P y K deben de acrecentar, para favorecer el metabolismo de la planta, logrando reducir la transpiración.

Uno de los inconvenientes que se tienen en el cultivo de arroz es, la baja eficiencia que puede llegar a tener las fertilizaciones nitrogenadas y fosfóricas, en donde se considera que la aplicación de N alcanza su eficiencia a los 50 y el 70% y en consecuencia para el fósforo entre el 10 y 30%. Pero, se han logrado establecer una serie de actividades, las cuales, cumplen con la función de aumentar la eficiencia de la fertilización., estas son:

- ✓ Dosis adecuada
- ✓ Selección de las fuentes y/o formas de aplicación

- ✓ Fraccionamiento
- ✓ Épocas de aplicación
- ✓ Manejo del agua de riego
- ✓ Retención de humedad

Ahora, dándole continuidad a un tema trascendental, es importante que, no se deje por obviedad la cantidad o dosis a aplicar de fertilizantes según el plan de fertilización, basado en la siguiente fórmula:

$$\text{Kg nutriente/ha} = \text{requerimiento planta (Kg/ha)} - \text{nutrientes disponibles en el suelo (Kg/ha)}$$

De esta manera, se deduce que, la cantidad de nutrientes a aplicar por ha, depende de la cantidad de nutrientes que requiera cada planta, sumado a la disponibilidad de cada nutriente en suelo y contemplando la densidad de siembra/ha; todo lo anterior, condicionado al potencial de producción, el cual está sujeto a las condiciones de clima, suelo, manejo y variedad establecida FEDEARROZ – AMTEC 2018. De esta forma, se hace necesario tener en cuenta dentro del plan de fertilización, lo siguiente:

- ✓ Material genético establecido y/o a establecer.
- ✓ Dinámica de los nutrientes en el suelo.
- ✓ Fuente de los nutrientes o elementos a aplicar.
- ✓ Clima.

Material Genético

En biotecnología de arroz se han logrado avances en transformación genética con importantes resultados en el mejoramiento genético de variedades elite de las subespecies *japónica* e *índica* (Cristina Díaz Granados D., Alejandro Chaparro Giraldo, 2012). Tanto

así que, el mejoramiento genético de plantas a través de la ingeniería genética llevó en el 2011 a la siembra de 160 millones de has de variedades vegetales genéticamente modificadas, con características de resistencia a herbicidas e insectos principalmente, sembradas en 29 países por 16.7 millones de agricultores (James, 2011).

Por consiguiente, a través del proyecto de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura en 2014; tuvo como objetivo aumentar la variabilidad genética del arroz y desarrollar en Colombia cultivares de arroz que mostraran resistencia y tolerancia a distintas condiciones de estrés biótico y abiótico; en ese orden de idea, para tener una mayor claridad, cuando se habla de factores bióticos, se hace referencia a las diferentes condiciones que pueden afectar la planta de arroz, ejemplo de ello: enfermedades, causadas por hongos, bacterias, virus, nematodos y/o insectos; y cuando se hace mención a factores abióticos, refiere a la salinidad, sequías, temperaturas altas y bajas, inmersión, etc.

En ese orden de ideas, se logró desarrollar 42 cepas mutantes avanzadas con características avanzadas, con características agronómicas avanzadas como tolerancia a la sequía y altas temperaturas, consiguiendo establecer recursos genéticos para para preselección y para el desarrollo de nuevas variedades. De este modo, los cultivadores de FEDEARROZ, han iniciado la evaluación de 170 cepas mutantes, en busca específicamente de la esterilidad masculina, conveniente para la producción de arroz híbrido.

Es de notar que, en Colombia, desde que se consiguió producir la primera planta transgénica de arroz a finales de los 80, varios protocolos para la transferencia de genes se han empleado con éxito logrando la modificación genética de más de 60 cultivares de arroz (Cristina Díaz Granados D. & Alejandro Chaparro Giraldo, 2012).

Concepto de Sostenibilidad

Se puede entender sostenibilidad como el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras (Sandra Madroñero Palacio & Tomas Guzmán Hernández, 2018).

Abordando esta temática desde este supuesto, podemos entender el concepto de sostenibilidad de muchas formas, siendo este un tema de gran amplitud, *ya que de la forma como es considerado se establece que está dirigido a responder a una gran diversidad de componentes que interactúan entre sí que según la teoría de los sistemas complejos analizado por, dichos sistemas consideran muchos componentes y a su vez muchas relaciones, de allí, que su estudio y su éxito no sea una tarea fácil* (M. Tarride, 1995).

Antes de ahondar en el tema, debemos de resaltar que, existen diferentes tipos de sostenibilidad, los cuales se describen enseguida: muy fuerte, fuerte y débil.

De hecho, relativamente esta temática está relacionada con ser muy actual, y es la respuesta que hasta el momento de se la ha brindado a una problemática socio-ambiental, que ha ido incrementándose como resultado de la actividad antrópica, la cual ha sido generada con mayor ahínco desde que inició la llamada revolución industrial (L. García, 2003).

Así mismo, tomando el aparte de la Agenda 21 Rio de Janeiro “*no es el estado final a alcanzar sino la trayectoria que debe seguir una sociedad para reconocer los síntomas, y las señales de no sostenibilidad para aprender a adaptarse a ellos*” se puede considerar que, como sociedad siempre podemos hacer un alto, antes de, es decir, toda actividad que

se planea realizar, puede involucrar y/o incluir un capítulo de sostenibilidad, pero hasta que no llegamos al resultado final, no lo consideramos; ahora, el concepto de sostenibilidad o desarrollo sostenible, surge en primera instancia o data de su primer descripción hacia los años 40, cuando M. Tarride, 1995, establece que inicialmente se obtuvo las primeras definiciones del concepto como producción sostenible y su aplicabilidad estaba basada única y exclusivamente a los recursos naturales; seguidamente, en los años 50, hay un paréntesis, donde más que definición, aparece es una separación de comportamientos según estatus socio-político y económico, puesto que separa al norte del sur, y funge la noción del tercer mundo, y este es visualizado estratégicamente como un área de extracción de materias primas, al igual que, la generación de la guerra fría donde se establece un nuevo orden mundial... (G. Rojas, 2015 & A. Escobar, 1996). Tras la destrucción galopante de la naturaleza, para los años 70 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) pone en consideración los problemas ambientales en los contextos políticos, mediante diferentes conferencias; para los años 80, la comisión europea hace una publicación del mentado “Libro Verde” *el cual realiza un análisis sobre como la política agraria se debería involucrar más activamente en la política medio ambiental, haciendo hincapié en la necesidad de mantener y promover el desarrollo de prácticas de prevención y reduciendo las actividades generadoras de impacto* (A. Paniagua & E. Moyano, 1998).

Para el año 1992, la ONU establece ciertos acuerdos, pero se hace énfasis en los países en desarrollo, en lo referente a sus actividades que venían desarrollando de manera insostenible, los cuales tenían las responsabilidades de reducir y eliminar las diferentes modalidades de extracción desmesurada de recursos naturales, producción, al igual que el consumo insostenible; conllevando a tomar acuerdos de cooperación entre estados (G.

Rojas, 2015). Entrando así en vigor el Convenio de Diversidad Biológica y por medio de este, se logra establecer el valor intrínseco y utilitarista de la naturaleza, con el fin que se tenga en cuenta el papel preponderante que desempeñan los ecosistemas y la biodiversidad en el desarrollo de los países.

Se habla de “sostén” como alusión a soporte, apoyo o amparo, de ahí acuñe la terminología de sostenibilidad, pero, más que su terminología, se puede evidenciar el divagar sobre la vírgula del concepto mismo, donde durante mucho tiempo se ha querido unificarlo, más no se tiene claro cuál es su verdadera finalidad y su límite en el procurar contribuir en algo que se sopesa lo requiera. Por ello, se ha visto que, en otras ocasiones, se ha convertido en un término de moda, que regularmente es utilizado como eslogan político o de algunas empresas quienes también se atribuyen el estar bajo lineamiento, sin tener en cuenta que inconscientemente se está perdiendo su significado (C. López, E. López, I. Ancona, et al., 2005). Sumándole a lo anterior que, el mismo tiene una connotación política, social, económica y desde luego ecológica; todo lo anterior, tratando se basarse siempre de manera equilibrada; concluyendo que de esta forma y/o entendiéndose que, según F, Arribas, 2007., enmarca el desarrollo sostenible en una visión “prometeica” que, desafortunadamente ha desdibujado los verdaderos alcances normativos en los que se enmarca el concepto y a su vez, ha sido uno de los tantos factores que ha influenciado que se conlleve a una baja credibilidad del mismo en la comunidad científica.

Por otro lado, es de mencionar y poner en conocimiento que, en muchas ocasiones la terminología de sostenibilidad, se ha confundido con sustentabilidad, a tal punto que no se tiene aún claro una definición concreta para ambas terminologías; aunque según G. Leal, 2016, atañe lo siguiente: que este tipo de discusiones ha sido enriquecido con los aportes de

las diferentes disciplinas, siendo este un tema aún no concluido; sin embargo, C. López, E. López, I. Ancona, et al., 2005, afirman que la distinción entre los términos, como cualquier otra definición, es arbitraria según quién la utilice y establecen que ambos conceptos son sinónimos en cuanto al campo de aplicación, haciendo referencia claramente al medio ambiente, solo diferenciándose geográficamente, puesto que para los europeos incumbe sostenible y para los americanos compete sustentable, quizás de forma equivocada.

No obstante, J. Naredo, (1996), "...considera que la ambigüedad del concepto es la que ha dado pie a la generación de diferentes interpretaciones y "retoques terminológicos" de allí, que el termino sustentabilidad es el resultado de su traducción del inglés "sustainability" que significa "sostenibilidad, durabilidad o sustentabilidad" es por esto que se podría considerar que no existen diferencias relevantes en cuanto a su denominación y que sus metas resultan ser las mismas..."

En conclusión, más que buscar una definición a sostenibilidad, se debe de propender por la acción, que conlleve a la protección y conservación de nuestro entorno, entendido como medio ambiente, obteniendo como resultado, el menor impacto negativo posible (baja alteración), en todas las actividades que se consideren o planean ejecutar, en especial en las que tienen correlación con el agro, generando estabilidad satisfactoria a la actual generación y garantizando el mismo resultado de las próximas, pero sin dejar de por lado, que debe ser sustentable si se quiere redondear; es decir, que garantice, la generación de ingresos económicos para las familias y por ende, mejore su calidad de vida, durante la línea de tiempo, sin dejar de ser sostenibles.

Pero para esto es importante que cada país desarrolle políticas públicas, las cuales deben de involucrarse en manera directa o indirecta, en la educación formal, no formal e

informal, convirtiendo la terminología en acción. Para ello, es indispensable mencionar que el gobierno nacional ha venido promoviendo políticas públicas en pro del medio ambiente, tal es el caso, se trae un compilado:

La Constitución Política de Colombia establece en su **Art. 1** que, Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales...

Art. 8 Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

Art. 79 hace referencia a: “Todas las personas tienen derecho de gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” siendo Deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Art. 80 El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental...

Art. 95 La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional... El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades. Punto 8 Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

Es menester recalcar la demás normatividad vigente, con la cual el Estado colombiano ha regulado el manejo, protección y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, de la siguiente manera:

Ley 2 de 1959; Sobre Economía Forestal de la Nación y Conservación de Recursos Naturales Renovables.

Las siete (7) áreas de reserva forestal constituidas mediante la expedición de la **Ley 2ª de 1959**, están orientadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre. No son áreas protegidas, sin embargo, en su interior se encuentran áreas del **Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP y territorios colectivos**.

Decreto 2811 de 1974 libro II parte VIII; “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.” *Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables y de protección al medio ambiente. El ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Regula el manejo de los RNR, la defensa del ambiente y sus elementos.*

De los bosques, de las áreas de reserva forestal, de los aprovechamientos forestales, de la reforestación. **Art. 194** Ámbito de aplicación; *Las normas de esta parte se aplican a cualquier individuo de la flora que se encuentre en territorio nacional.*

Art. 195-199 Definiciones de la conservación y defensa de la flora; que se entiende como el *conjunto de especies e individuos vegetales, silvestres o cultivados, existentes en el territorio nacional.*

Decreto 877 de 1976; *Por el cual se señalan prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal, a su aprovechamiento y al otorgamiento de permisos y concesiones y se dictan otras disposiciones.*

Usos del recurso forestal, áreas de reservas forestales; **Art. 7** Se consideran como áreas forestales protectoras:

f) Las áreas de suelos desnudados y degradados por intervención del hombre o de los animales, con el fin de obtener su recuperación.

g) Toda área en la cual sea necesario adelantar actividades forestales especiales con el fin de controlar dunas, deslizamientos, erosión eólica, cauces torrenciales y pantanos insalubres.

Ley 29 de 1986; Regula Áreas de Reserva Forestal Protectora.

Ley 99 de 1993; *Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Reforma el sector Público encargado de la gestión ambiental. Organiza el sistema Nacional Ambiental y exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos. Los principios que se destacan y que están relacionados con las actividades portuarias son: La definición de los fundamentos de la política ambiental, la estructura del SINA en cabeza del Ministerio del Medio Ambiente, los procedimientos de licenciamiento ambiental como requisito para la ejecución de proyectos o actividades que puedan causar daño al ambiente y los mecanismos de participación ciudadana en todas las etapas de desarrollo de este tipo de proyectos.*

Ley 39 de 1994; Crea el Certificado De Incentivo Forestal CIF; en cumplimiento de los artículos 79 y 80 de la Constitución Política de Colombia de 1991. Reconocimiento del Estado a las externalidades positivas de la reforestación en tanto los beneficios ambientales y sociales generados son apropiables por el conjunto de la población.

Ley 299 de 1995; *“Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones”.*

Art. 1 La conservación, la protección... y el uso sostenible de los recursos de la flora colombiana son estratégicos para el país y constituyen prioridad dentro de la política ambiental. Son de interés público y beneficio social y tendrá prelación en la asignación de recursos en los planes y programas de desarrollo y en el Presupuesto General de la Nación y en los presupuestos de las entidades territoriales y de las corporaciones autónomas regionales.

Es de rescatar lo establecido en el Documento **CONPES 2834 de 1996**; Política de Bosques; el cual se complementa con la Política de Conservación de Áreas Protegidas y de la de Conocimiento, Uso Sostenible y Conservación de la Biodiversidad.

Así mismo, la **Sentencia 4360 de 2018**; “Sentencia de la Corte Suprema de Colombia protege a generaciones futuras y la selva amazónica en caso sobre cambio climático”

Y la **Ordenanza 0790 del 28 de febrero del 2020** – Asamblea Departamental del Putumayo; “Por medio de la cual se crea la Ordenanza del árbol en el departamento del Putumayo”

Art. 1 Objeto: Crear una estrategia para la siembra masiva de árboles en todo el departamento del Putumayo, en coordinación con la Secretaria de Educación Departamental y la Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente.

De igual manera, dentro del plan nacional de desarrollo “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad 2018-2022”, se estableció en su capítulo IV. Pacto por la Sostenibilidad: producir conservando y conservar producción; haciendo alusión a las responsabilidades que, como ciudadanos se debe de asumir en el desarrollo de actividades agropecuarias, agroindustriales e industriales, lo cual buscaba generar un equilibrio entre la conservación y

la producción, todo en el relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Así mismo, es de mencionar que Colombia se acogió a los 27 principios que se contemplaron en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992, sobre medio ambiente y desarrollo.

Generalidades del Arroz y su Importancia

El arroz (*Oriza Sativa*), es el cereal de segundo renglón en producción anual en el mundo, con 741,5 millones de T, detrás del maíz que redondea los 1.000 millones de T/año; sin embargo, a pesar de esta situación el cultivo del arroz se considera el más importante a nivel global, por ello la dieta nutricional de casi el 50% de la población mundial depende del arroz (el per cápita mundial para el 2011 estuvo en 65 kg/persona al año) (Mohanty, 2013). En cuanto al panorama nacional, este constituye ser el tercer cultivo en importancia del país; siendo Tolima, Huila y los Llanos Orientales, las regiones por excelencia, más arroceras de Colombia. Como se mencionaba anteriormente, los departamentos con mayor área sembrada los encabeza Casanare con 177.798 has, seguido por el Tolima con 102.905 has, y Meta con 87.405 has de arroz. DANE y FEDEARROZ (2021).

Aunque, a pesar de ser un país productor, y tener todas las condiciones para abastecer la demanda al interior del país y poder a futuro exportar este importante cereal en la dieta nutricional de más del 50% de la población mundial, pasa todo lo contrario, puesto que, la oferta no supera la demanda, lo que implica tener que importar arroz de otros países para suplir dicha necesidad; esto se debe a muchos factores que más adelante explicaremos.

En cuanto a las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo de arroz, debemos de iniciar mencionando que se puede cultivar en el trópico o subtropico, destacando que la mayor producción se concentra en el trópico, su cultivo puede realizarse desde los 0 hasta los 2.500 msnm, con temperaturas que pueden promediar entre 10 a 13 °C y un máximo de 30 a 35 °C, el cual se considera su ideal; adicionalmente, es importante que se tenga en conocimiento, que para el desarrollo radicular de la planta, se tiene un mínimo que oscila

entre 7 °C hasta los 23 °C, considerándose este último su óptimo; de esta manera podemos concluir que, aunque puede alcanzar su desarrollo en diferentes escenarios, en el que alcanza mejores rendimientos es aquel escenario de altas temperaturas y mayor radiación solar (horas/día), pero, es necesario que se tenga en cuenta que las temperaturas críticas para el cultivo de arroz están por debajo de los 20 °C y por encima de los 32 °C, sino se obtiene un debido manejo (Degiovanni et al., 2010). En cuanto a los requerimientos hídricos para el cultivo, se considera que 1,200 Lts, bien distribuidos durante la etapa del cultivo, es más que suficiente.

Ahora bien, en lo referente a las exigencias edáficas para el cultivo de arroz, se requieren suelos arcillosos, puesto que estos tienen la capacidad de retener el agua, con leves filtraciones, ya que la alta humedad relativa del mismo es necesario porque conlleva a un debido desarrollo de la planta en su inicio; sin embargo, en terrenos donde se cultiva arroz seco, se recomiendan suelos francos compuestos por arcillas principalmente, limo y arena, proporcionando suelos de textura fina y media, aclarando que, los suelos de textura fina tienen la capacidad de ser más fértiles por el alto contenido de arcilla y suministrar mayor contenido de nutrientes a través de la CIC, jugando un papel importantísimo en el desarrollo del cultivo. En cuanto al pH, el óptimo es de 6.6, ya que a este nivel la liberación de nutrientes como N y P de la materia orgánica, pueden ser altos y minerales como el aluminio, manganeso, hierro, entre otros, suelen estar por debajo del nivel tóxico, por (Mariasg, 2013).

Esta gramínea, de alta variabilidad genética, que tiene su representación en miles de especies, y por miles de años, las cuales han recibido en su mayoría su clasificación morfológica y taxonómica, hoy en día existen tan solo dos especies cultivadas a nivel

mundial, que son las del género *Oryza sativa* L. de origen asiático y se cultiva en todo el mundo y *Oryza glaberrima* Steud, de origen africano y que solo se cultiva en el oeste del África (Angladette, 1969).

Su taxonomía:

- ✓ Pertenece a las Fanerógamas o espermatofitas.
- ✓ Subtipo – Angiosperma
- ✓ Clase – Monocotiledóneas
- ✓ Orden – Glumifloras
- ✓ Familia Gramíneas
- ✓ Subfamilia – Panicoideas
- ✓ Tribu – Oryzae
- ✓ Subtribu – Oryzineas
- ✓ Género – Oryza

Otras Generalidades del Cultivo de Arroz

La preparación del terreno es una de las tareas más importantes que pueden haber, este depende de la textura del suelo en cuanto a utilizar maquinaria agrícola. La siembra, hay diferentes métodos, a grandes rasgos, la técnica de trasplante desde una parcela de germinación al sitio donde se va a desarrollar; otra de las técnicas es al voleo, así mismo la mecanizada y la práctica de siembra a chuzo en secano. Las distancias de siembras que se manejan dependen del método a utilizar, ejemplo: en términos generales; se puede sembrar en cuadrícula de 30 cm x 30 cm², 25 x 25 cm² y dependiendo de las condiciones del medio.

De igual manera, el manejo de arvenses se hace por medio de la inundación de

terrenos; se utiliza este método para la siembra de arroz, puesto que hace que muchas hierbas no emerjan, pero en arroz seco se hace mediante control químico con productos que se denominan pre-emergentes o post-emergentes, en pocas ocasiones algunos que se incorporan con la siembra; y, por lo general para el MIPE, se hacen monitoreos constantes (de 2 a 3 por semanas), para evaluar la aparición de algún patógeno y de acuerdo a su género, realizar el control pertinente que se requieren, por lo general se hacen controles con productos con agroquímicos, en algunas ocasiones no de manera constante se utilizan productos no químicos como los biopreparados.

Se sabe que toda planta necesita de una adecuada nutrición para su debido desarrollo y producción, por ello cuando el suelo no cuenta con la disponibilidad de estos principios nutritivos, se deben de realizar aportes de fertilizantes por lo general basados en un análisis de suelos; pero, en cuanto a los requerimientos nutricionales para el cultivo del arroz, se entiende que por cada T de arroz paddy, se requiere de 20 a 25 Kg/T de N; 1,5 a 8,5 Kg/T de P; 25 a 25 Kg/T de K; 5,3 a 8,7 Kg/T de Ca; 2,2 a 6,4 Kg/T de Mg; 2,6 a 6,8 Kg/T de S; pero es de rescatar y dejar en claro que, cada variedad de arroz tiene sus propias exigencias nutricionales en cantidades diferentes, de igual manera, cada suelo posee una composición nutricional diferente; adicionalmente, es de entender que, entre mejor sean las condiciones ambientales, mayor es la oferta de nutrientes en el suelo (FEDEARROZ – AMTEC, 2018).

Los nutrientes se consideran como el “alimento de las plantas” entendiendo que, cada elemento cumple papeles específicos dentro de la planta; algunos, conforma parte de los tejidos, otros tienen participación en las reacciones y procesos dentro de la misma, actuando como iones activadores y transportadores en la fotosíntesis, la elaboración de la

savia, los ciclos de producción en la planta, etc.

Los nutrientes son divididos en macro y micronutrientes, para el caso del arroz, según sus requerimientos, tenemos los siguientes:

Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S y Si.

Micronutrientes: B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn.

Estos se consideran esenciales para el cultivo de arroz, excepto el Si, el cual se considera como benéfico; dado esto, los anteriores elementos, no pueden ser remplazados, ya que la planta no podría completar su ciclo productivo, es de recalcar, que existen nutrientes no esenciales, pero si benéficos como Na, pero de igual manera, todas las plantas presentan grandes cantidades de O, H y C, como H₂O; que aunque no son considerados nutrientes, hacen parte de una condición primaria para la existencia de la planta (FAO, 1998).

Tabla 3

Disponibilidad de los elementos de acuerdo al pH

Elemento	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
Nitrógeno													
Fósforo													
Potasio													
Azufre													
Calcio													
Magnesio													
Hierro													
Manganeso													
Boro													
Cobre y Zinc													
Molibdeno													

Nota. Es importante conocer que elementos están disponibles en el suelo, de acorde al nivel del pH en el suelo.

Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Arroz

Plagas

Es importante iniciar mencionando que, una plaga se considera como aquel organismo (insectos, ácaros, babosas, nematodos, roedores, pájaros, y en consecuencia de algunas definiciones se incluyen a los arvenses, y de igual manera, las enfermedades); que por lo general compiten con el hombre por los alimentos que este produce (Saunders et al., 1998).

Por lo general se tiene un concepto, que es el siguiente: ninguna planta es atacada por una plaga, si la planta se encuentra en buenas condiciones nutricionalmente y adicionalmente, el medio (clima, suelo...) le brindan las condiciones favorables para su desarrollo equilibrado.

Pero, el manejo del cultivo y su sistema de implementación, también hacen que la aparición de plagas y/o enfermedades sea más acentuado, es decir; tomando el cultivo de arroz, al establecer un sistema de arroz de riego, genera un ambiente más que propicio para la aparición de diversas plagas. Entre los grupos de plagas más abundante se encuentran los órdenes de Hemíptera, Coleóptera, Lepidóptera, Ortóptera y Díptera. Gómez y Junior, (2004), clasifican las plagas del arroz según su importancia en primarias y secundarias.

Dado el caso anterior, se considera a la oruga militar (*Spodoptera frugiperda*), el gorgojo acuático (*Oryzophagus oryzae*), la chinche del tallo (*Tibraca limbativentris*) y la chinche del grano (*Oebalus peocilus*), como plagas primarias. Y, a la oruga de la panoja (*Pseudaletia sequax* e *P. adultera*), el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), y el gorgojo del tallo (*Ochetina uniformis*) como plagas secundarias; sin dejar de por lado la existencia de otras.

Este tipo de plagas pueden generar pérdidas hasta de un 40%, infestando todo el cultivo durante todo su ciclo (Costa et al., 2006; Costa & Link, 1999).

En cuanto al control, es importante conocer previamente cuáles son las etapas fenológicas del cultivo, de esta forma, mediante análisis visual fitosanitarios constantes que deben de implementarse entre 2 a 3 veces por semana, permiten identificar en qué etapa se da la aparición de la plaga y qué medidas corresponden tomar adecuadamente, según se requiera el caso, siempre se debe hacer bajo la asesoría de un profesional en agronomía o técnico de campo en ciencias agronómicas.

Enfermedades

Según, Agrios *“El hombre ha sabido de las enfermedades de las plantas desde los primeros días de la antigüedad. Esto se comprueba en el Antiguo Testamento, donde los mildius y tyzones se mencionan junto con la guerra y las enfermedades humanas, como los grandes azotes de los pueblos...”*

Ahora, el cultivo de arroz, como muchos, padece o sufre de la aparición de varias afecciones, lo cual limita su rendimiento productivo, y con lo que el hombre debe lidiar; por ello, es importante que se tengan en cuenta las enfermedades de mayor relevancia en el arroz, tales como: virus de la hoja blanca del arroz (VHB), Pyricularia grisea o La Quemazón, Pudrición de la vaina o Sarocladium, Manchado de grano, Pudrición negra o *Gaeumannomyces graminis*, Tizón de la vaina o Rhizoctonia. Tomado de *Principales Enfermedades que Afectan el Cultivo del Arroz (Oryza Sativa L.), en la Zona Arenillas, Provincia de el Oro, 2016.*

Para concluir, recalcar, la implementación de un plan de Manejo Integrado de

Plagas y Enfermedades (MIPE), lo que, permitirá tomar medidas antes y post-aparición de afecciones en los cultivos, y luego establecer un debido control, bien sea cultural, químico o biológico; todo de acorde al tipo de plaga o enfermedad, grado de afectación y época fenológica del cultivo.

Diferencias Entre los Sistemas de Producción Limpia y Orgánico

Sistema de Producción Limpia

Este concepto, surge en la década de los 80' en los países desarrollados, como una respuesta a lo que en su momento fue el crecimiento de los costos de tratamientos de residuos que tienen las tecnologías de abatimiento o control; de este modo florece un nuevo paradigma, en lo referente al desarrollo de actividades de la agricultura, en un contexto de sustentabilidad, económica y ambiental; todo se resume en la eficiencia del uso de los nutrientes siendo un factor importante a nivel productivo, económico y ambiental (Patricia Larraín S. & Abelardo Villavicencio P. Ing. Agrónomos).

La producción limpia se constituye como un concepto amplio, el cual comprende una terminología asociada a la prevención de la contaminación, minimización de residuos o ecoeficiencia, sin dejar de por lado que, a pesar de algunas limitantes económicas y tecnológicas, algunos bienes y servicios se pueden producir causando el menor impacto ambiental posible.

En la variabilidad de conceptos, se podría decir lo siguiente: la producción limpia agrícola, es una práctica que esta encamina en la mayor minimización de ocurrencia posible de agroquímicos en la producción de alimentos, apostándole así a promover y conservar la alta biodiversidad biológica, sin dejar de por lado la protección de los trabajadores, al igual que la protección del agua, el suelo y el aire; de ahí a que sea una estrategia de gestión ambiental y preventiva que se aplica a algunos procesos, desde luego, tomando ciertas medidas como: protección, componente de MIPE, criterio de producción limpia, entre otras.

Por lo anteriormente citado, se ha considerado que la producción limpia viene

siendo esa alternativa, la cual orienta al sector agroproductivo, hacia un debido uso racional de agroquímicos, presentando un enfoque ambiental, basado en un marco de sostenibilidad y sustentabilidad. De igual manera, es de entender que, el uso indebido y/o indiscriminado de agroquímicos en las explotaciones agroproductivas, van a generar daños ambientales irreversibles, que en su momento se podrían evitar; es de acotar que, en 1997, el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia adoptó la Política Nacional de Producción más Limpia como una estrategia complementaria a la normatividad ambiental, para impulsar la nueva institucionalidad ambiental en el país, permitiendo que diferentes estrategias sean ejecutadas por distintas empresas, universidades y autoridades ambientales (Carlos Manuel Herrera, 2007).

Como política pública, se incluyó por primera vez en un plan nacional de desarrollo para el periodo comprendido entre 1994 y 1998. *Publicación oficial del Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá D.C., Colombia, 1997*. Esto obedece a que el patrón de desarrollo que traen la mayor parte de las naciones a nivel mundial, ha conllevado a que el sector agropecuario pierda su participación en el PIB; pero, como la agricultura está ligada a los impactos causados sobre el medio ambiente, ha hecho que retome su importancia en los últimos años, y hoy se considere un tema fundamental para cualquier tipo de toma de decisiones, entendiendo que, está nuevamente en la agenda pública mundial, y teniendo un repunte en el PIB (Juan J. Perfetti, Álvaro Balcázar, Antonio Hernandez & José Leibovich, et al., 2013).

Para finalizar, es importante que siempre se tenga en cuenta lo siguiente: toda actividad de explotación agropecuaria, mantiene una íntima relación con los recursos naturales, fundamentándose en el agotamiento de estos y no se concibe sin estos; puesto

que, sostiene tres principios los cuales son: a. fuentes de insumos (recursos naturales); b. producto obtenido y puesto en el mercado, y c. mercado y consumo final.

De esta manera se concluye, si es posible dejar sentada una serie de principios aplicables a una producción agropecuaria, pesquera, forestal y agroindustrial limpia o de mínimo impacto y eficiente; para ello los sistemas productivos deben:

1. Estar adaptados a su medio ambiente y ser económica, social y culturalmente aceptables.
2. Cerrar el ciclo, evitando la pérdida de materiales y energía y procurando su reciclaje.
3. Preservar la biodiversidad.
4. No intervenir los sistemas más allá de su capacidad de recuperación.
5. Sustituir los recursos no renovables por renovables y maximizar la eficiencia en su uso.
6. Incrementar calidades y cualidades de producto, en vez de cantidades.
7. Desarrollar el uso de subproductos.
8. Evaluar impactos y procurar disminuir los negativos.

Por lo tanto, se recomiendan considerar la posibilidad de establecer otras alternativas de producción.

Ventajas y Desventajas

Ventajas. Producción de productos más sanos (aptos para el consumo), comparado con el sistema de producción convencional.

- ✓ Se protege el medio ambiente a través de la minimización del uso de agroquímicos;

conservando los recursos vitales como el agua.

- ✓ Bajo costos de producción por el uso de agroquímicos.
- ✓ Se protege el bienestar, no solo del trabajador u operario de campo, sino que de igual forma del consumidor final.
- ✓ Logra bajar la residualidad de agroquímicos en el suelo, mejorando su condición físico-química, fortaleciendo la estructura y fertilidad del mismo.
- ✓ Fomento de la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

Desventajas. Disminución de los índices de productiva esperados.

- ✓ Desconocimiento por parte de los agricultores para la implementación del sistema.

Sistema de Producción Orgánica

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) por sus siglas en inglés, la agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. Pero se debe tener en cuenta que, la agricultura orgánica va mucho más allá que el solo hecho de no usar agroquímicos en los diferentes procesos de producción de alimentos.

Continuando, a ciencia cierta se puede decir que existen muchas afirmaciones en lo referente a la definición de lo que es la agricultura orgánica; pero todas por lo general tienen una coincidencia y es que, concluyen en qué es un sistema el cual busca la promoción y protección de los ecosistemas para conservar su equilibrio, evitando el uso

indiscriminado de agroquímicos; de igual manera, se considera que es un sistema holístico de gestión de la producción, la cual siempre tiene como finalidad el fomento y mejora de los agroecosistemas, tomando en cuenta las repercusiones ambientales y sociales, eliminando toda práctica de utilización de agroquímicos (fertilizantes, fungicidas e insecticidas sintéticos), semillas y especies modificadas genéticamente, medicamentos veterinarios, etc. FAO.

Ahora, de acorde a lo expresado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el Servicio de Agricultura Extranjera (FAS, 1996), donde; hacen referencia que, la agricultura orgánica es solo una pequeña rama de la economía, pero ha venido ganando relevancia e importancia en el sector agrícola de algunos países, independientemente de su estatus de nivel de desarrollo; esto quiere decir, que las prácticas de agricultura orgánica se pueden implementar en cualquier ámbito, indistintamente del nivel de económico, académico o de conocimiento en base al tema concerniente. Es menester, poner en conocimiento, que, aunque en la actualidad la agricultura orgánica no es precisamente una actividad “orgánica” en los productores agropecuarios, esta representa unas nuevas alternativas de mercados, ya que, la demanda por el consumo de alimentos orgánicos es creciente y la oferta es inmensamente inferior para lograr satisfacer dicha necesidad. Si bien es cierto, no está la agricultura orgánica aún catapultada como esa marca comercial, el solo hecho que, una etiqueta de un producto tenga dicha distinción, significa que hubo un debido proceso para producir un alimento lo más inocuo posible, esto significa, apto para el consumo.

Es de aclarar, el hecho que se produzca orgánicamente, no da garantía que las primeras cosechas, estén libres de químicos, este suceso atiende a que, los residuos de los

agroquímicos que se utilizaron anteriormente en zonas de la frontera agrícola, se irán disminuyendo paulatinamente.

Prolongadamente, se dice que la agricultura orgánica, es uno de los tantos enfoques que se le dan a la agricultura sostenible, incluyendo muchas de las prácticas que profiere esta, ejemplo de ello: la rotación de cultivos, el debido aprovechamiento de espacio, agua y luz, intercalación de cultivos, sistemas agrosilvopastoriles, etc. En conclusión, más allá de la multiplicidad de escuelas que han venido nutriendo el marco conceptual sobre agricultura orgánica, se puede deslumbrar que existen dos enfoques; el primero, es aquel que surge en el occidente, motivado por la convicción de la mejora de la salud y el medio ambiente, donde nace la terminología de la misma o agricultura biológica; y el otro enfoque mana con la necesidad de poder atajar problemáticas socio-económicas inherentes a las regiones rurales en desarrollo, se puede decir que, responde a la terminología de agroecología. (Guzmán Casado et al., 2000, pag. 63).

En fin, bajo concepto propio, se considera que agricultura orgánica, es aquella práctica sostenible que se emplea a la hora de producir alimentos; donde se anulan una serie de actividades empleadas en la agricultura limpia o convencional, generando unos resultados basados en ventajas y desventajas a la vez.

Ventajas y Desventajas

Ventajas. Producción de productos inocuos o más sanos (aptos para el consumo).

- ✓ Se protege el medio ambiente a través de las prácticas empleadas.
- ✓ Reactiva la actividad microbiana del suelo, mejorando su estructura.
- ✓ Bajos costos de producción.

- ✓ Nula residualidad por el uso de agroquímicos en el suelo.
- ✓ Recuperación gradual físico-química del suelo, evitando la erosión y el arrastre de sedimentos.
- ✓ Permite obtener certificación del predio en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), dándole un mejor estatus.

Desventajas. Menor rendimiento de producción.

- ✓ Mayor dificultad para el MIPE.
- ✓ Poco conocimiento de la metodología empleada.

Buenas Prácticas Agrícolas

La globalización del mundo actual, conlleva a una mayor exigencia de todos los mercados, niveles de exigencia los cuales en muchas ocasiones pueden estar relacionado con lo socio-económico, lo tecnológico, pero sobre todo con la salud del ser humano. Por ello, en las últimas décadas, se ha vuelto intrascendente no hablar de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), al igual que inocuidad; a tal punto que, en algunos escenarios se exige que los sistemas productivos sean incluyentes e involucren una serie de actividades en pro de la sanidad vegetal.

Esta realidad obedece a que los consumidores están cada vez más preocupados por obtener alimentos sanos, los cuales, durante el ciclo productivo, se espera a que hayan sido sometidos a condiciones que promuevan el buen uso de los recursos naturales y sobre todo que se haya garantizado la salud de los trabajadores de la unidad productiva; sin dejar de por lado que, los alimentos han sido cultivados generalmente para satisfacer las necesidades biológicas del hombre (FAO, 2012).

En este contexto, se debe de mencionar que existe un sistema de aseguramiento de la calidad e inocuidad, dentro del cual se ubican, las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (HAAP por sus siglas en inglés). Pero, centrándonos en lo que corresponde a BPA, se tiene que estas son las prácticas en las unidades productivas desde la planeación del cultivo hasta la cosecha, el empaque y transporte del alimento -frutas, hortalizas y otros- con el fin de asegurar su inocuidad, la conservación del medio ambiente y la seguridad y el bienestar de los trabajadores. *Guía para Agroempresarios – Mis Buenas Prácticas Agrícolas* (ICA, 2009).

Para tener como referencia, cuando se habla de inocuidad, se hace alusión a la buena y óptima condición sanitaria de los alimentos para su consumo.

Otro concepto que encontramos sobre las BPA, es el siguiente: son un conjunto de principios, normas o recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientados a cuidar la salud humana, proteger el medio ambiente y mejorar las condiciones de los trabajadores y su familia (FAO, 2012).

De igual manera, *la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha señalado que la adopción de BPA “consiste en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables, a la vez que se procuran la viabilidad económica y la estabilidad social”* (Dra. Claudia Silva Jaque, Ingeniera Agrónoma, 2007).

En síntesis, se puede decir que las BPA son un conjunto de actividades que se desarrollan de principio a fin, de forma planificada, dentro de una unidad productiva con la única finalidad de producir alimentos inocuos (aptos para el consumo humano); sin dejar de por lado, que dichas prácticas guardan una gran correlación con el medio ambiente y la protección del trabajador.

A su vez, estas tienen unos beneficios que se obtienen cuando se aplican, como: las ventajas que tiene los agricultores en la apertura de mercados, por ofertar alimentos de acorde a los nuevos estándares del consumidor final; mejora de precios de comercialización por su valor agregado; garantía para el consumidor final; por ser amigables con las políticas de protección y conservación del medio ambiente, se considera que benefician generalmente a todo el conglomerado.

Metodología

Localización y/o Zona de Intervención

El proyecto de investigación se ejecutó entre los meses de mayo y octubre del 2022; en la vereda Santa Marta; la cual pertenece a la jurisdicción del municipio de San Miguel. Este a su vez, está ubicado en el Sur-Occidente del departamento del Putumayo, dentro de un cuadrángulo geográfico acotado por los meridianos 077°03'W y 076°38'W, y por los paralelos 0°14'N y 00°34'N, donde se caracteriza por tener un clima tropical húmedo (Zona de Bosque Tropical Húmedo); cuenta con una extensión de 570,8 Km² aproximadamente, de los cuales 403,74 Km² pertenecen al área rural; sus condiciones de temperatura promedian entre los 25 a 28°C, con precipitaciones efectiva media anual que corresponden a los 3.526 mm y una humedad relativa promedio del 80%, con un régimen de lluvias tipo bimodal que abarca dos periodos, una entre los meses de marzo a mayo y otra entre octubre a enero, sin que se evidencie temporadas de sequías a lo largo del año; en cuanto a el brillo solar registra valores de 800 y 1000 horas al año. Tomado del *Plan de Desarrollo Municipal ¡Ahora Sí! Unidos por San Miguel – Territorio de Frontera 2020 – 2023*.

El municipio se encuentra dentro de la unidad general de paisaje del piedemonte amazónico; al occidente del municipio predomina un paisaje de lomeríos, con relieve ondulado de pendientes moderadas, con mesetas y colinas de poca altura. La zona de llanura presenta paisajes de terrazas, llanuras aluviales y valles, esta zona es la de mayor extensión y está localizada al oriente y sur del municipio, siguiendo el recorrido de ríos y quebradas que atraviesan el territorio.

Sus límites están determinados de la siguiente manera: al norte y occidente, con el municipio del Valle del Guamuez, al oriente con el municipio de Puerto Asís y al sur con la República del Ecuador.

De lo anterior se puede establecer que la actividad principal se determina en torno al sector agropecuario, basado en la producción de alimentos y el aprovechamiento de recursos forestales, sus suelos se caracterizan por ser ácidos, de vocación forestal, con bajos contenidos de materia orgánica y con baja capacidad de intercambio catiónico. Tomado del *Plan de Desarrollo Municipal ¡Ahora Sí! Unidos por San Miguel – Territorio de Frontera 2020 – 2023*.

El sector agropecuario del municipio de San Miguel está representado por las líneas productivas de cacao, ganadería y piscicultura; siendo el cacao la línea productiva principal o más representativa para los campesinos; puesto que, según EVA del MINAGRICULTURA del 2020, en el municipio se encuentran establecidas 2.280 has de cacao, siendo así el municipio con mayor número de has establecidas en el departamento del Putumayo, y con una producción media de 400 y 500 Kg/ha para un total de 1.100 T/año; en Ganadería, existen 9.288 bovinos, y 13.281 has en pastos como Dallis, Grama Natural y King Grass o peruano; y Piscicultura, se cuenta con un espejo de agua de aproximadamente 450 mil mts², donde se cultivan 336.450 especies, en su mayoría de cachama y tilapia roja. Pero, así mismo debemos de manifestar y poner en conocimiento que también existen otro tipo de actividades en diversas líneas productivas como lo son el cultivo de limón tahití, plátano, yuca, maíz, entro otras; y de igual manera en lo concerniente a especies menores como lo es la porcicultura, avicultura, ovinocultura; etc.

Figura 4

No. de has establecidas/línea productiva en el municipio de San Miguel, Putumayo.



Fuente. EVA's 2020

Dado lo anterior, claramente se puede observar que la producción de arroz en el municipio es incipiente, aun siendo un producto básico de la canasta familiar; por ello, la necesidad de realizar este trabajo de investigación, en el cual se pueda evaluar los rendimientos de producción de arroz tradicional por ha, bajo dos métodos (producción limpia y orgánica).

Para realizar el trabajo de investigación, se optó por la variedad de arroz rojo, el cual en muchas partes del interior del país como el Tolima, o en los llanos orientales, se considera una maleza en medio de los cultivos de variedades comerciales; pero, este a su vez a lo largo del tiempo ha significado un gran aporte no solo a la seguridad alimentaria, sino a la economía de familias rurales del departamento del Putumayo, en especial de las que se ubican en el medio y bajo Putumayo, ya que ha hecho parte histórica de su idiosincrasia, tanto de comunidades étnicas, como los pueblos indígenas (AWA, COFÁN y

EMBERA, entre otros) y comunidades afros, al igual que, comunidades no étnicas.

Es de destacar que, este tipo de semilla no es certificada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); este tipo de semilla, se ha conservado por mucho tiempo en esta zona del país, siendo cultivada en minifundios, pasando de generación en generación, pero en la actualidad, el incremento de cultivos de uso ilícito, el abandono del campo de las nuevas generaciones y, sobre todo, la pérdida de la vocación productiva, han hecho que esas prácticas socio-culturales no se conserven.

El primer paso que se dio, fue la de selección del terreno; para ello, se tuvo en cuenta la vocación del mismo, aunque como se mencionaba anteriormente, los suelos del piedemonte amazónico son de vocación forestal, esto no significa, que no se puedan desarrollar algunas actividades agropecuarias, de hecho, el predio que está ubicado en la vereda Santa Marta de municipio de San Miguel, se escogió, teniendo en cuenta que históricamente se destinada para este tipo de práctica, en especial la del cultivo de arroz, un terreno húmedo, pero de buen drenaje, de textura franco arcillosa, con una topografía relativamente plana. Posteriormente, al contar ya con el predio en el cual se iba a desarrollar el proyecto, se procedió a la consecución de la semilla, la cual fue donada por Yoleni Sanchez Estupiñan (mi madre), quien reside en la vereda El Triunfo, perteneciente al municipio de Orito (Putumayo), y a su vez ha conserva esta sana costumbre del cultivo de arroz tradicional (rojo).

Una vez, contando ya con estos dos insumos elementales, se procede; la actividad subsiguiente, fue:

1. Descapote (limpia y preparación del terreno), el cual se encontraba en rastrojo o barbecho, esto garantizaba de cierta manera, que el terreno estaba en periodo de

descanso y/o restauración del suelo; es de aclarar, que la limpia se hizo a machete, puesto que, en la zona la utilización de maquinaria y labranza mínima es prácticamente nula.

2. Siembra; es de aclarar que, 12 horas antes de realizar la siembra, la semilla fue sometida a un proceso de imbibición, con la finalidad de lograr que, un mayor número de semillas puedan alcanzar rápidamente el mismo nivel de humedad y a su vez, se active el aparato metabólico de las mismas, relacionado con la pre-germinación, logrando un alto porcentaje de homogeneidad en la germinación. Luego se hizo el trazado del lote, este obedeció en primera instancia a la ubicación del lote, y la dirección en la cual se debían de ubicar los surcos, los cuales, iban de oriente a occidente, con la finalidad de poder obtener la mayor luminosidad posible en las plantas, para que, con la captación de energía lumínica, realizaran su adecuado proceso de fotosíntesis.

El sistema de siembra empleado fue a chuzo (manual), para arroz seco tradicional, donde se empleó una distancia de siembra de 30cm entre calles y 25cm entre plantas y en cada hoyo se depositaron de 2 a 5 granos de semilla; se establecieron dos parcelas con unas dimensiones de 11 mts de largo x 7 de ancho, lo cual da un total de 77 mts² x parcela.

Tabla 4*Tabla de resumen de primeras actividades ejecutadas*

Sitio:	Vereda Santa Marta, municipio de San Miguel – Putumayo	Variedad usada:	Arroz Rojo
Fecha de inicio de siembra:	7/06/2022	Ciclo de la variedad:	4 Meses
Agricultor:	José Nel Quiñonez	Responsable:	Jhon Jairo Angulo Sanchez
Fecha de inicio de Preparación del terreno	28/05/2022		
Método empleado	Siembra a chuzo, tipo arroz seco		
Condición del terreno	Húmedo, no inundable		
Marco de siembra utilizado	Por parcelas		

Nota. En la anterior tabla se da a conocer las primeras actividades que se ejecutaron para el desarrollo de la investigación; tales como: lugar, fechas, metodologías, etc.

3. Análisis visual del estado fitosanitario de las parcelas: una vez se realizó la siembra bajo los sistemas establecidos para llevar a cabo el trabajo de investigación, se realizaron algunos análisis fitosanitarios de forma visual y continuos, este tipo de estrategia permitió poder evaluar en tiempo real, el desarrollo fenológico del cultivo, la aparición de plagas y enfermedades, y/o el grado de afectación por arvenses. Entendiendo que la observación es una herramienta clave que permite determinar cuándo se debe realizar un análisis visual fitosanitario del cultivo para percatarse del estado fitosanitario del mismo, estos fueron realizados entre 1 a 3 veces por semana, de acorde a los síntomas y/o daños evidenciados en las plantas;

es relevante poner en conocimiento situaciones como lo son los ciclos biológicos de la plaga, asociada a su capacidad reproductiva y el tiempo que requieren para alcanzar daños económicos.

4. Control de arvenses: esta actividad se hizo de manera manual para ambas parcelas, con la premisa de querer utilizar la menor cantidad de agroquímicos posible, puesto que, por lo general, es atender a una realidad tradicional, es decir; habitualmente, las familias cuando cultivan arroz en la zona del Bajo Putumayo, por lo general no realizan aplicación de herbicidas, ni pre, ni post-emergentes, clásicamente el control siempre se ha basado en hacerlo de forma manual.

Nota: en las observaciones (análisis fitosanitario) realizadas, se evidenciaban mayoritariamente arvenses tipo ciperáceas (*Cyperaceae*), presuntamente por sus tallos triangulados y corresponden a zonas húmedas como medio comúnmente de adaptación; es decir, representaron un 80% de todas las arvenses presentes en las parcelas. De igual manera, probablemente se pudo evidenciar la presencia de una plaga del género *Spodoptera*, correspondiente a la especie *fugiperda*; sin embargo, el comportamiento de acción de esta plaga, se concentraba principalmente en los arvenses.

En lo referente a las enfermedades, por lo general en la región por ser una zona de alta humedad relativa, es habitual que las enfermedades de tipo fúngico se presenten, ejemplo: se ha evidenciado en cultivos de arroz secano en el Bajo Putumayo, la supuesta aparición de la enfermedad *Pyricularia oryzae*, causada por un hongo.

5. Fertilización: para la parcela número 1, se realizó una sola aplicación de fertilizante

edáfico (líquido) de síntesis química; para este caso se utilizó Agroxal (fertilizante completo), entendiendo que, es un complemento nutricional, puesto que aporta elementos como NPK, y de igual manera, elementos secundarios y menores, que se acompañan de agentes quelatantes, lo cual permite el desarrollo integral de la planta. La fertilización se hizo a los 77 días después de la siembra, entendiendo que la emergencia de las semillas duró entre 3 a 5 días, se puede decir que, esta práctica se realizó a los 73 días de edad del cultivo (2,5 meses). La dosis empleada correspondió a 75 cc/20 litros de agua, y fue el total empleado en la parcela.

2. COMPOSICIÓN GARANTIZADA:	
Nitrógeno total (N).....	160,00 g/l
Nitrógeno amoniacal (N).....	12,30 g/l
Nitrógeno nítrico.....	3,70 g/l
Nitrógeno ureico (N).....	144,00 g/l
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅).....	150,00 g/l
Potasio soluble en agua (K ₂ O).....	120,00 g/l
Calcio (CaO).....	2,00 g/l
Magnesio (MgO).....	0,40 g/l
Azufre total (S).....	5,50 g/l
Boro (B).....	10,00 g/l
Cobalto (Co)*.....	0,005 g/l
Cobre (Cu)*.....	0,30 g/l
Hierro (Fe)*.....	0,10 g/l
Manganeso (Mn)*.....	0,08 g/l
Molibdeno (Mo).....	0,07 g/l
Zinc (Zn)*.....	11,00 g/l
*Quelataados con E.D.T.A. y ácido cítrico	



Presentación:
11 - 4 l - 20 l - 200 l

Ficha técnica No. 1

Para el caso específico de la parcela No. 2, se realizó la fertilización con un producto de nombre comercial Cogollando, el cual le brinda a la planta un debido desarrollo y adicionalmente, fortalece su producción, puesto que, aporta todos los elementos nutricionales que requiere la planta, presentando sobre todo un debido balance entre NPK y cuenta con aminoácidos, coadyuvando a la planta a solventar periodos de estrés por sequías o inundaciones prolongadas; esta actividad se realizó a los 66 días de edad del cultivo (2 meses) y la dosis empleada fue de 200 cc/20

Composición Garantizada

Nitrógeno Total (N)	120,0 g/L
Nitrógeno Orgánico (N)	22,0 g/L
Nitrógeno Ureico (N)	98,0 g/L
Fósforo Asimilable (P ₂ O ₅)	90,0 g/L
Potasio soluble en agua (K ₂ O)	45,0 g/L
Magnesio Total (MgO)*	5,0 g/L
Azufre Total (S)	12,0 g/L
Boro Total (B)	1,0 g/L
Hierro Total (Fe)*	2,0 g/L
Manganeso Total (Mn)*	3,0 g/L
Cobre Total (Cu)*	1,0 g/L
Zinc Total (Zn)*	10,0 g/L
Molibdeno Total (Mo)	1,0 g/L
Carbono Orgánico Oxidable Total	32,0 g/L
*Quelatación con EDTA	
Contenido de patógenos: Salmonella sp: Ausente/25 ml Enterobacterias Totales Menos de 10 UFC/ml Metales pesados por debajo de lo permitido en la NTC 5167	
pH en solución al 10%	2.81
Conductividad eléctrica 1:200	3.39 dS/m
Densidad a 20°C	1.26 g/cm ³

REGISTRO VENTA ICA No. 10618



Cogollando aporta prácticamente todos los elementos nutricionales que requieren las plantas para su crecimiento, desarrollo y productividad. Presenta un balance ideal entre NPK y todos los microelementos, estimulando así todos los procesos metabólicos. Puede usarse por ello, en cualquier estado fenológico del cultivo. Los micronutrientes están en forma quelatada, lo que favorece su rápida absorción y la disminución de los riesgos de pérdida de los mismos.

Presentación

1 Litro, 4 Litros



Ficha técnica No. 2

6. Cosecha: en el momento que se interviene en las parcelas para el último paso, previamente se hace lo que comprende el 90% de la investigación, lo cual correspondía a los aforos por parcelas; para este caso se hicieron tres por parcelas (3 lanzamientos/parcela), cada aforo abarcaba un área de 1m², esto se logró con un

cuadrado de 1m² elaborado en tubo PVC de ½”. Posteriormente, se procedió al conteo de número de plantas por 1m², o por cada lanzamiento si se quiere comprender de esa manera; subsiguientemente, se realizó el conteo de macollas por planta; luego, el conteo de espigas por plantas.

Una vez, se obtuvo el número de espigas por plantas, se procedió a realizar el conteo de granos por espigas; sucesivamente, se da continuidad al conteo de granos llenos y vanos por espigas. Por último, se tomaron solo los granos llenos por cada parcela, y se pesaron, para poder evaluar el rendimiento en producción/ha bajo los dos métodos ya mencionados; a continuación, se deja los resultados obtenidos de cada una de las parcelas.

Tabla 5

Manejo de parcela No. 1 – Producción Limpia

Ítem	Actividad	# de Días	Método
1	Preparación del terreno	4	Tradicional (descapote)
2	Siembra	3	Siembra a chuzo
3	Identificación de malezas que hacen presencia	32	Análisis visual fitosanitario
4	Control de arvenses	4	Manual y mecánico
5	Fertilización	1	Mecánico
6	Cosecha	4	Manual

Nota. Se puede evidenciar en la tabla anterior, cada una de las actividades desarrolladas durante el proceso de investigación para el sistema de siembra producción limpia y de igual manera, las fechas en qué estas fueron ejecutadas; así mismo el método empleado para cada una.

Tabla 6*Manejo de parcela No. 2 – Producción Orgánica*

Ítem	Actividad	# de Días	Método
1	Preparación del terreno	4	Tradicional (descapote)
2	Siembra	3	Siembra a chuzo
3	Identificación de arvenses presentes en la parcela	32	Análisis visual fitosanitario
4	Control de arvenses	4	Manual y mecánico
5	Fertilización	1	Mecánico
6	Cosecha	4	Manual

Nota. Se puede evidenciar en la tabla anterior, cada una de las actividades desarrolladas durante el proceso de investigación para el sistema de siembra producción orgánica y de igual manera, las fechas en qué estas fueron ejecutadas; así mismo el método empleado para cada una.

Tabla 7*Productos utilizados en manejo de parcelas*

Ítem	Actividad	Producto Utilizado en T1	Producto Utilizado en T2
		Método de Producción Limpia – Parcela 1	Método de Producción Orgánica – Parcela
1	Fertilización	Agroxal	Cogollando
2	Control de Malezas	Manual	Manual

Nota. Se hace una breve descripción de qué tipo de productos se utilizaron para el manejo de cada una de las parcelas, de acorde a la actividad ejecutada.

Tabla 8*No. de plantas/lanzamiento/parcela*

Parcela No. 1		Parcela No. 2	
Lanzamiento	No. de Plantas	Lanzamiento	No. de Plantas
1	12	1	13
2	16	2	14
3	31	3	12
Total	59		39
Promedio	19,66666667		13

Nota. En esta tabla se presentan los resultados obtenidos en cuanto al No. de plantas x lanzamiento x parcela, y al final se promedia del No. de plantas x parcela; así se puede aludir al comportamiento según sistema de siembra.

Tabla 9*Resultados lanzamiento 1 de la parcela No. 1*

Planta	No. de Macollas	No. de Espigas	No. de Granos por Espiga		No. Granos Llenos	No. Granos Vacíos
			Espiga	Total Granos		
TOTAL	132	82		12.201	10.971	1.230
PROMEDIO	11	6,833333333		148,7926829	133,7926829	15

Nota. Estos son los resultados arrojados en el lanzamiento 1 en la parcela correspondiente al sistema de siembra de producción limpia; donde se tuvo en cuenta, el No. de plantas, No. de macollas, No. de espigas, No. de granos por espigas y No. de granos llenos y vacío.

Tabla 10*Resultados lanzamiento 2 de la parcela No. 1*

Planta	No. de Macollas	No. de Espigas	No. de Granos por Espiga		No. Granos Llenos	No. Granos Vacíos
			Espiga	Total Granos		
TOTAL	110	69		7.710	7.150	500
PROMEDIO	6,875	4,3125		111,7391304	103,6231884	7,246376812

Nota. Resultados arrojados en el lanzamiento 2 en la parcela correspondiente al sistema de siembra de producción limpia; donde se tuvo en cuenta, el No. de plantas, No. de macollas, No. de espigas, No. de granos por espigas y No. de granos llenos y vacío.

Tabla 11*Resultados lanzamiento 3 de la parcela No. 1*

Planta	No. de Macollas	No. de Espigas	No. de Granos por Espiga		No. Granos Llenos	No. Granos Vacíos
			Espiga	Total Granos		
TOTAL	177	127		10.744	9.328	723
PROMEDIO	5,709677419	4,096774194		84,5984252	73,4488189	5,692913386

Nota. Resultados obtenidos en el lanzamiento 3 en la parcela correspondiente al sistema de siembra de producción limpia; donde se tuvo en cuenta, el No. de plantas, No. de macollas, No. de espigas, No. de granos por espigas y No. de granos llenos y vacío.

Tabla 12*Resultados lanzamiento 1 de la parcela No. 2*

Planta	No. de Macollas	No. de Espigas	No. de Granos por Espiga		No. Granos Llenos	No. Granos Vacíos
			Espiga	Total Granos		
TOTAL	129	86		5.714	4.504	1.203
PROMEDIO	9,923076923	6,615384615		66,44186047	52,37209302	13,98837209

Nota. Resultados obtenidos en el lanzamiento 1 en la parcela No. 2, correspondiente al sistema de siembra de producción orgánica; las variables que se tuvieron en cuenta, fueron las mismas que las de la parcela No. 1.

Tabla 13*Resultados lanzamiento 2 de la parcela No. 2*

Planta	No. de Macollas	No. de Espigas	No. de Granos por Espiga		No. Granos Llenos	No. Granos Vacíos
			Espiga	Total Granos		
TOTAL	113	71		6.123	4.693	1.391
PROMEDIO	8,071428571	5,071428571		86,23943662	66,09859155	19,5915493

Nota. Resultados obtenidos en el lanzamiento 2 en la parcela No. 2, correspondiente al sistema de siembra de producción orgánica.

Tabla 14*Resultados lanzamiento 3 de la parcela No. 2*

Planta	No. de Macollas	No. de Espigas	No. de Granos por Espiga		No. Granos Llenos	No. Granos Vacíos
			Espiga	Total Granos		
TOTAL	86	65		4.548	3.918	630
PROMEDIO	7,166666667	5,416666667		69,96923077	60,27692308	9,692307692

Nota. Resultados obtenidos en el lanzamiento 3 en la parcela No. 2, correspondiente al sistema de siembra de producción orgánica.

En las tablas anteriormente expuestas, se evidencian los resultados obtenidos.

Diseño Experimental

El diseño experimental que se empleó en este proyecto de investigación fue diseño de Bloques Al Azar; donde se evaluaron los rendimiento en producción de arroz de variables como el número de plantas por lanzamiento, número de espigas por planta, número de granos por espiga, número de granos llenos por espiga, número de granos vanos por espiga, número de macollas por planta, producción (Kg/ha); esto a través del sistema de siembra secano tradicional bajo dos métodos, los cuales fueron: producción orgánica y limpia (tratamientos).

Selección de Bloques

Se trabajó en campo abierto, con un número de parcelas correspondiente a 2, de 11 mts de largo x 7 de ancho, lo cual da un total de 77 mts² x parcela.

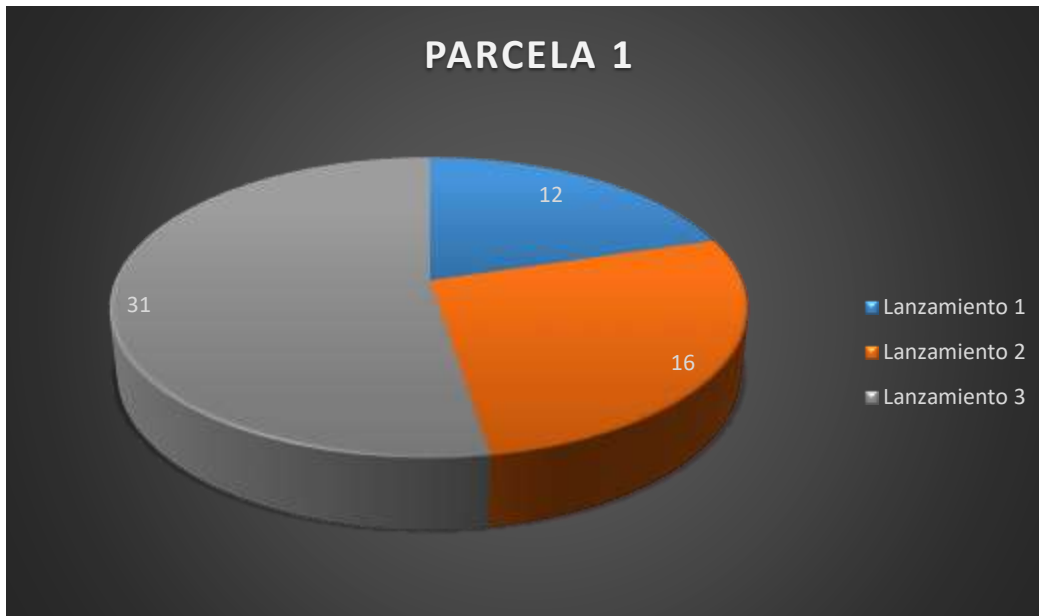
Número Total de Unidades Experimentales

Dos Unidades Experimentales, con 2 tratamientos, y 3 réplicas por unidad.

Resultados

Figura 5

No. de Plantas/Lanzamiento



Fuente. Autoría Propia

Para este primer ejercicio que se realizó en el trabajo de investigación, correspondiente a la toma de muestra mediante tres lanzamientos, se puede evidenciar el número de plantas por cada lanzamiento, donde claramente se observa que en el lanzamiento No. 3 fue en el que mayor número de plantas se obtuvo con 31 y el lanzamiento 1, fue en el que menos con 12; es de recalcar que los lanzamientos se hicieron de forma aleatoria al azar, para así lograr tener una mezcla homogénea de cada lote.

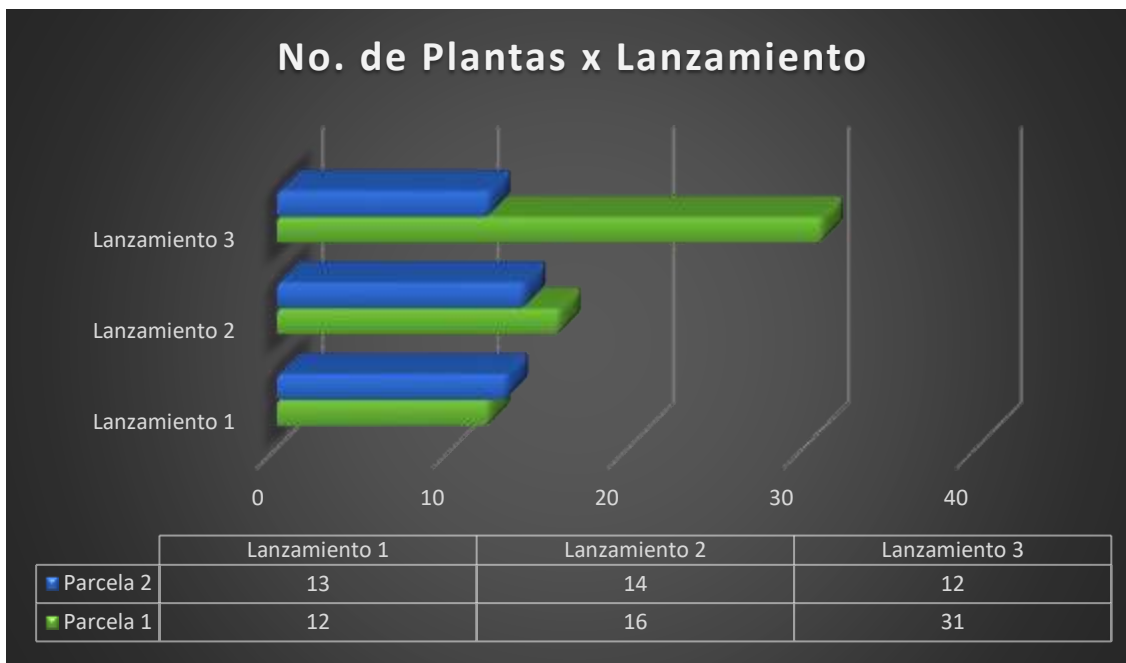
De esta manera, se obtiene un resultado de 19,66 plantas promedio, en una parcela de 77 mts², esto quiere decir; que, en una hectárea establecida de arroz bajo un sistema de producción limpia, se estarían manejando un promedio 2.553,24 plantas (que alcanzan el desarrollo), a una distancia de 30 cm entre calles y 25 cm entre plantas.

Figura 6*No. de Plantas/Lanzamiento**Fuente. Autoría Propia*

En cuanto a la parcela No. 2, se contempla claramente una mayor paridad entre el número de plantas por lanzamiento, puesto que, a pesar que el número de plantas varía, la diferencia no es muy significativa; en este caso el lanzamiento en el que se obtuvo mayor No. de plantas fue el 2, con 14 y el lanzamiento 3 fue el de menor constante con 12; relegando a la parcela bajo sistema de producción orgánica, un promedio de 13 plantas en un área de 77 mts², lo cual indica que, en una hectárea establecida se alcanzan a obtener un No. promedio de plantas correspondiente a 1.688,311 (1.689); teniendo en cuenta que las distancias de siembras que se emplearon fueron exactamente las mismas para las dos parcelas; esto señala que, un sistema de los dos empleados da mayor garantía de desarrollo completo del ciclo fenológico de las plantas.

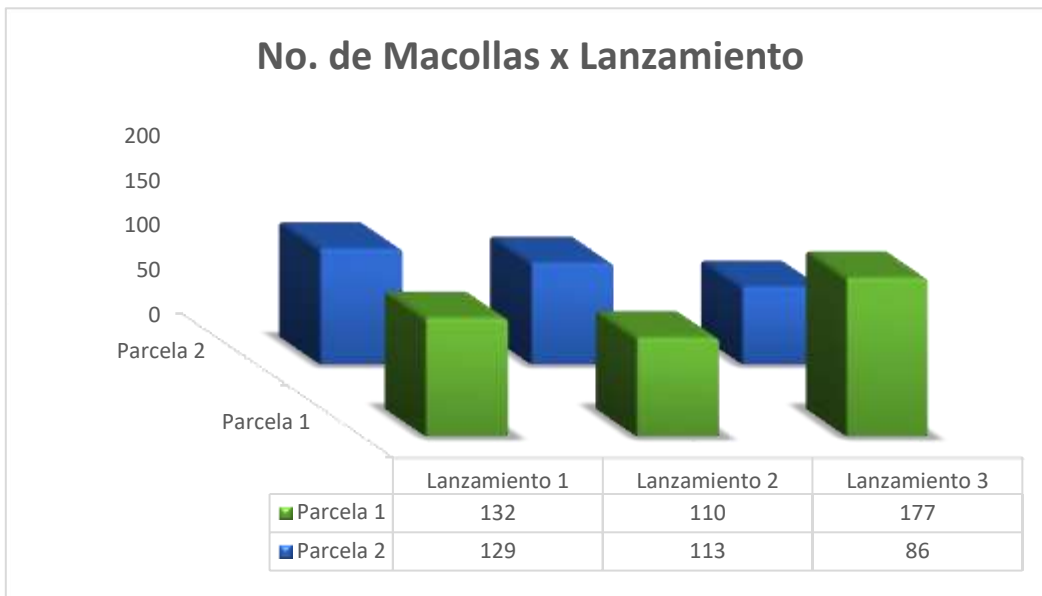
Figura 7

No. de Plantas/Lanzamiento/Parcela



Fuente. Autoría Propia

En contraste de las dos parcelas, es palmario que la alteración de resultados del No. de plantas x lanzamiento, no es muy amplio, excepto en un lanzamiento (No. 3) donde la diferencia es bastante marcada, y se presume, que esta es la respuesta a la disparidad entre parcelas en su promedio, y por ende, en su resultado final de cálculo de No. de plantas x ha.

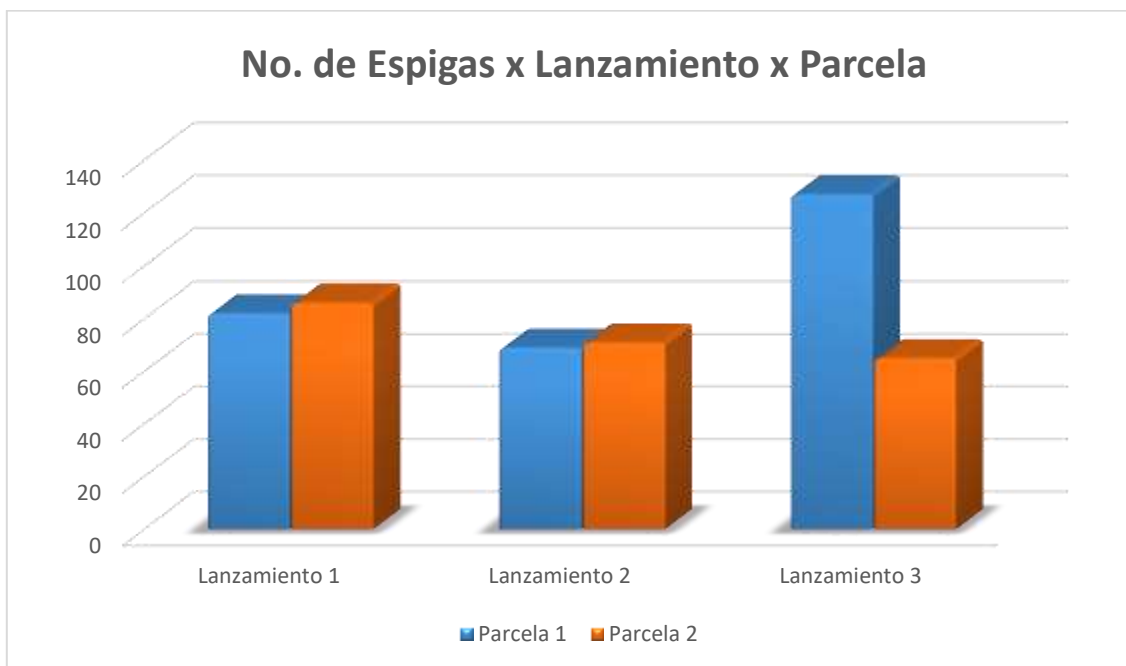
Figura 8*No. de Macollas/Lanzamiento/Parcela**Fuente. Autoría Propia*

La anterior gráfica refleja el comportamiento del macollamiento por parcela x lanzamiento; en este sentido, hay que mencionar que los promedios están puntualizados en las tablas anteriores, donde se expone cada uno de los datos arrojados por cada lanzamiento x parcela, los mismos que en síntesis traemos a colación.

Tabla 15*No. de macollas/lanzamiento/parcela*

Parcela No. 1		Parcela No. 2	
Lanzamiento	No. de Macollas	Lanzamiento	No. de Macollas
1	132	1	129
2	110	2	113
3	177	3	86
Total	419		328
Promedio	139,6666667		109,3333333

Nota. En la anterior tabla se puede analizar el comportamiento del macollamiento x cada lanzamiento, y por sistema de producción; al final se observa y se hace la comparación de promedios.

Figura 9*No. de Espigas/Lanzamiento/Parcela*

Fuente. Autoría Propia

Tabla 16*No. de espigas/lanzamiento/parcela*

Parcela No. 1		Parcela No. 2	
Lanzamiento	No. de Espigas	Lanzamiento	No. de Espigas
1	82	1	86
2	69	2	71
3	127	3	65
Total	278		222
Promedio	92,66666667		74

Nota. Análisis del comportamiento del No. de espigas x cada uno de los lanzamientos, y el respectivo comparativo entre los sistemas de producción.

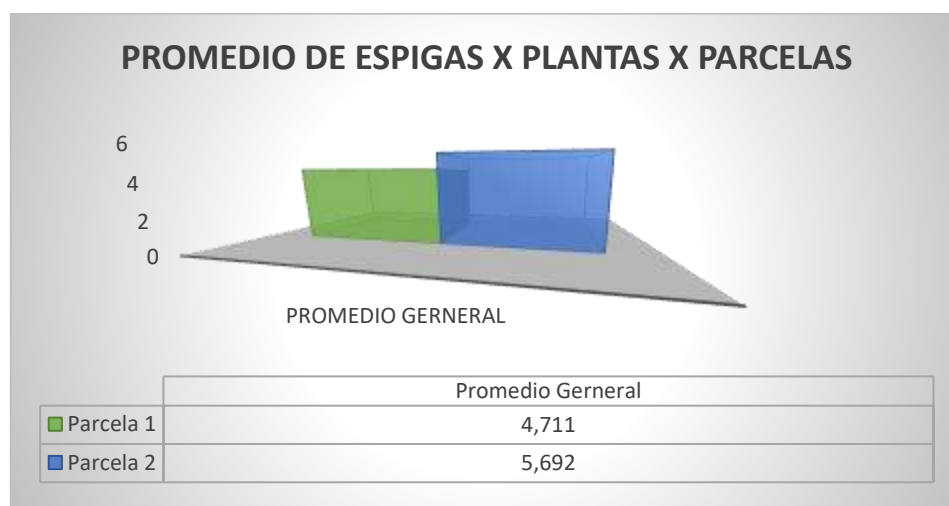
De acorde a lo observado anteriormente, se puede constatar de la proximidad en cuanto a resultados, excepto el dato relacionado desde un inicio que altera un poco la diferencia, lo cual puede marcar una clara disparidad en los promedios de rendimientos de producción por sistema.

En cuanto a los promedios de espigas por plantas, se trae a colación:

Tabla 17*Promedio de espigas/plantas/parcela*

Parcela No. 1		
Lanzamiento	No. de Plantas	No. de Espigas
1	12	82
2	16	69
3	31	127
Total	59	278
Promedio	19,66666667	92,66666667
Promedio General		4,711864407
Parcela No. 2		
1	13	86
2	14	71
3	12	65
Total	39	222
Promedio	13	74
Promedio General		5,692307692

Nota. Resumen del No. de espigas x plantas x parcela, en el cual se observan los promedios generales.

Figura 10*Promedio de Espigas/Plantas y Pro./Parcelas*

Fuente. Autoría Propia

En relación al gráfico inmediatamente anterior y la tabla sucesora, donde se expone los promedios del No. de espigas x plantas x parcela, se trasluce que, a pesar que en la parcela No. 1 la cantidad de plantas, macollas y espigas de acorde a los datos que se vienen relacionando, es mayor y por ende, se espera que el promedio corresponda a esta tendencia, pero, caso contrario a lo que se vislumbra en el último gráfico, donde se contempla un mayor promedio de espigas x plantas para la parcela No. 2.

Tabla 18

Promedio de granos/espigas

Parcela No. 1		
Lanzamiento	No. de Espigas	No. De Granos
1	82	12.201
2	69	7.710
3	127	10.744
Total	278	30.655
Promedio	92,66666667	10.218
Promedio General		110,2697842
Parcela No. 2		
1	86	5.714
2	71	6.123
3	65	4.548
Total	222	16.385
Promedio	74	5.462
Promedio General		73,80630631

Nota. Resumen del No. de granos x espiga x parcela, en el cual se observan los promedios generales.

En la anterior tabla, se puede analizar palmariamente los promedios del No. de granos por parcelas, donde, redondeando los promedios se podría deducir que, para la parcela No. 1 la media estuvo en 110 granos x espigas, y para la parcela No. 2 atañe a 74 granos x espiga.

Tabla 19*Promedio de granos llenos/espiga*

Parcela No. 1		
Lanzamiento	No. de Espigas	No. de Granos Llenos
1	82	10.971
2	69	7.150
3	127	9.328
Total	278	27.449
Promedio	92,66666667	9.150
Promedio General		98,73741007
Parcela No. 2		
Lanzamiento	No. de Espigas	No. de Granos Llenos
1	86	4.504
2	71	4.693
3	65	3.918
Total	222	13.115
Promedio	74	4.372
Promedio General		59,07657658

Nota. Resumen del No. de granos llenos x espiga x parcela, en el cual se observan los promedios generales.

En cuanto al promedio de granos llenos x espiga, se evidencia una clara diferencia entre en los resultados de los granos llenos x parcela y de igual manera, en lo referente granos llenos, donde se puede observar que la diferencia entre los mismos es más del 50%, así mismo; contrastando entre el No. de granos x espigas, obteniendo como resultado 99 granos x espiga par la parcela No. 1 y 50 para la No. 2.

Tabla 20*Promedio de granos vanos/espiga*

Parcela No. 1		
Lanzamiento	No. de Espigas	No. de Granos Vacíos
1	82	1.230
2	69	500
3	127	723
Total	278	2.453
Promedio	92,66666667	818
Promedio General		8,823741007
Parcela No. 2		
1	86	1.203
2	71	1.391
3	65	630
Total	222	3.224
Promedio	74	1.075
Promedio General		14,52252252

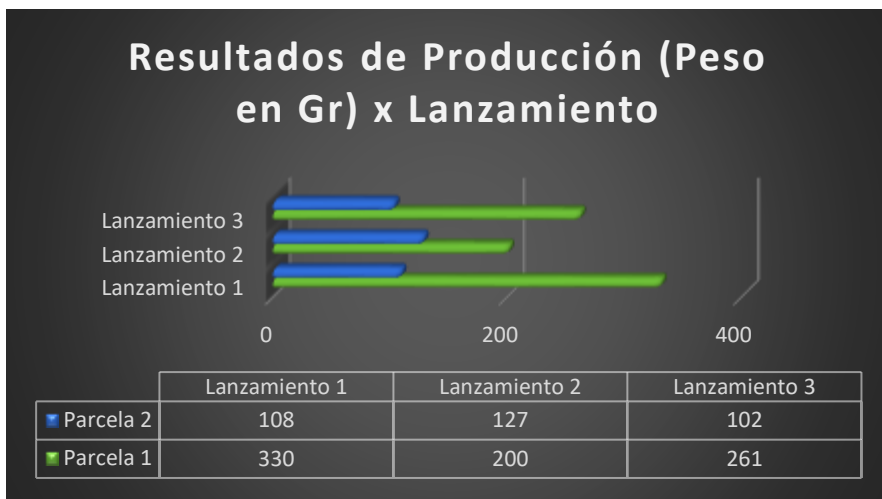
Nota. Resumen del No. de granos vacíos x espiga x parcela, en el cual se observan los promedios generales.

Contemplando la información que se tiene, vemos una tendencia en cuanto a las diferencias entre parcelas, en este caso corresponde a los granos vanos x espiga, lo cual repercute significativamente en los resultados finales de rendimiento; para este caso, la parcela No. 1 con un promedio de 9 granos vanos x espiga y la parcela No. 2, con 15.

Ahora, teniendo todos los datos anteriormente y debidamente recolectados, se obtienen los siguientes resultados de rendimientos de producción por parcela, según sistema implementado:

Figura 11

Resultados de Producción (Peso/Lanzamiento/Parcela)



Fuente. Autoría Propia

Discusión

Dando cumplimiento a uno de los puntos fundamentales en la experimentación agrícola, asiduamente en lo relativo al análisis de varianza, que refiere:

- Que, las distintas muestras sean tomadas de poblaciones cuyas distribuciones son normales.
- Que, las poblaciones de dichas muestras cuenten con varianzas iguales.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 21

Resultados de variables por tratamiento

Tratamientos	Macolla/Pl	Esp/Pl	Granos/Esp	G-Llen/Esp	G-Van/Esp	Rend.(kg/ha)
Limpio (T1)	140	5	110	99	9	2.636,66
Orgánico (T2)	109	6	74	59	15	1.123,33

Nota. Resultados de cada uno de las variables y el respectivo comparativo entre sistemas de producción.

Tabla 22*Sumas de réplicas/tratamiento*

Tratamientos	Réplicas			Σ
	I	II	II	
Limpio (T1)	3,3	2	2,61	7,91
Orgánico (T2)	1,08	1,27	1,02	3,37
Σ	4,38	3,27	3,63	11,28

Nota. En la anterior tabla se puede analizar los resultados de las sumas entre réplicas por cada tratamiento.

**Evaluación de Rendimiento Sostenible de Producción de Arroz Bajo dos Métodos
(Orgánica y Limpia) en el Municipio de San Miguel**

DISEÑO EXPERIMENTAL BLOQUES AL AZAR haciendo un análisis de
varianza con pruebas de comparación TUCKEY ($p=0,05$) programa estadístico infoStat.

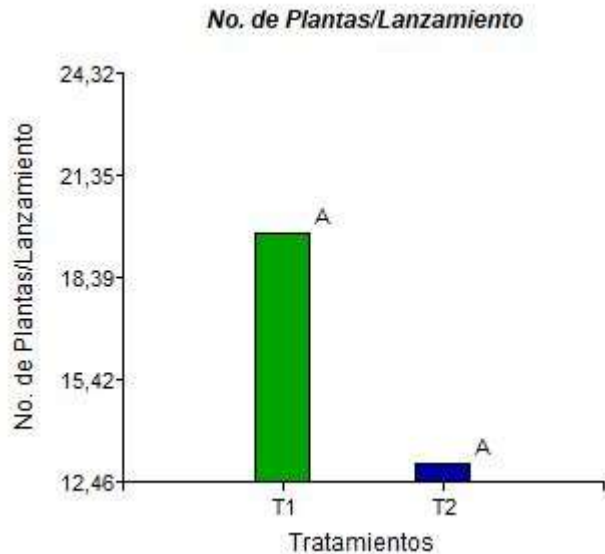
2 Tratamientos con 3 Lanzamientos cada uno

- **T1:** Producción Limpia
- **T2:** Producción Orgánica

Variables:

- **Número de plantas por lanzamiento**
- **Número de Macollas por planta**
- **Número de espigas por planta**
- **Número de granos por espiga**
- **Número de granos llenos por espiga**
- **Número de granos vacíos por espiga**
- **Rendimiento por lanzamiento (gr/parcela)**

Al realizar la investigación y ejecutar la recolección de los datos se obtuvo los
siguientes resultados con cada uno de los componentes de rendimiento:

Figura 12*No. de Plantas/Lanzamiento*

Fuente. Programa InfoStat

Tabla 23*Análisis de Varianza de No. de Plantas/Lanzamiento***Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. de Plantas/Lanzamiento..	6	0,25	0,06	43,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66,67	1	66,67	1,32	0,3153
Tratamientos	66,67	1	66,67	1,32	0,3153
Error	202,67	4	50,67		
Total	269,33	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,13639

Error: 50,6667 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T1 19,67 3 4,11 A

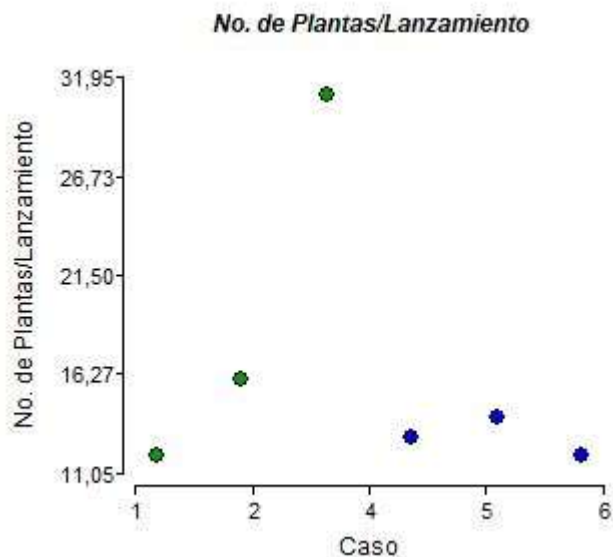
T2 13,00 3 4,11 A

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

Nota. Claramente se puede observar que el T1 tiene mejor comportamiento que el T2, respecto al No. de plantas/tratamiento; es decir, mientras el T2 alcanzó un promedio de 13,00; el T1 19,67. Asimismo, las medias con letras iguales (A) indican que no son significativamente diferentes.

Figura 13

No. de Plantas/Lanzamiento – Diagrama de dispersión



Fuente. Programa InfoStat

Tabla 24

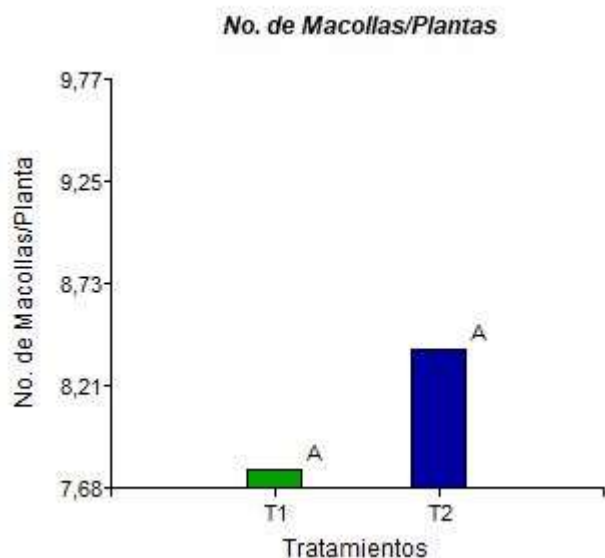
No. de Plantas/Lanzamiento

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	No. de Plantas/Lanzamiento..
No. de Plantas/Lanzamiento..	1,00

Nota. De acuerdo a la tabla anterior se puede deducir que existe correlación fuerte positiva entre variables; aunque en el diagrama de dispersión se podría interpretar que existe baja correlación positiva, esto debido a que el valor de X aumenta ligeramente, a medida que aumenta el valor de Y, sin embargo, uno de sus datos no guarda la misma sinergia.

Figura 14*No. de Macollas/Planta/Tratamiento*

Fuente. Programa InfoStat

Tabla 25*Análisis de Varianza de No. de Macollas/Planta/Tratamiento***Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº de Macollas/planta	6	0,03	0,00	27,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,55	1	0,55	0,11	0,7558
Tratamientos	0,55	1	0,55	0,11	0,7558
Error	19,91	4	4,98		
Total	20,46	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,05735

Error: 4,9769 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T1 7,78 3 1,29 A

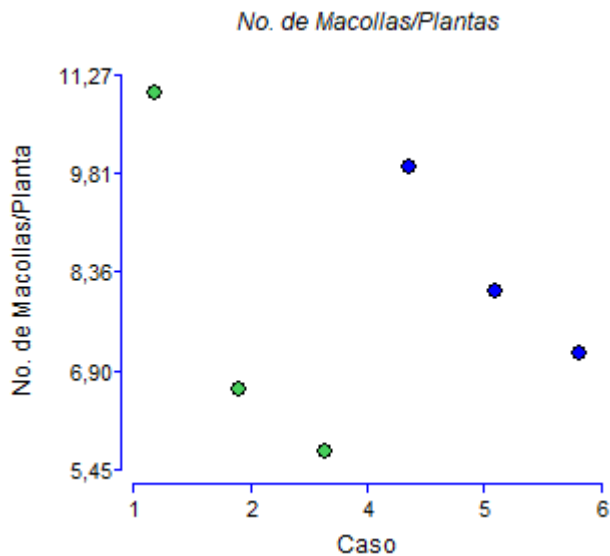
T2 8,39 3 1,29 A

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

Nota. En la figura anterior, se permite observar que el T2, producción orgánica, es la que mayor número promedio de macollas por planta obtiene teniendo 8,39, y las medias con letras iguales (A) claramente indican que no son significativamente diferentes.

Figura 15

No. de Macollas/Plantas – Diagrama de dispersión



Fuente. Programa InfoStat

Tabla 26

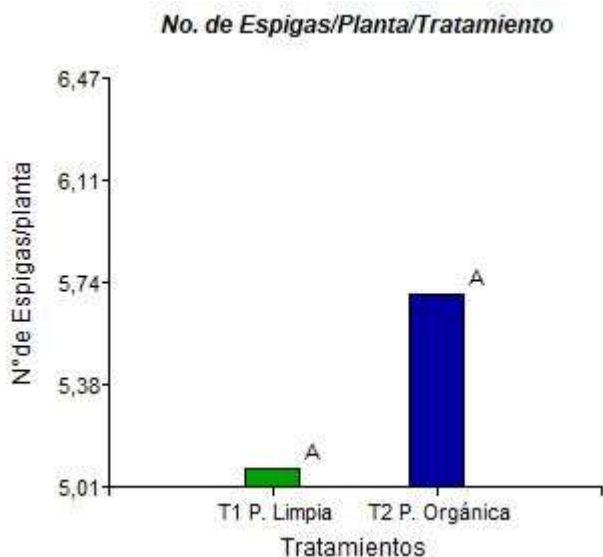
No. de Macollas/Plantas

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	No. de Macollas/Planta
No. de Macollas/Planta	1,00

Nota. Existe correlación fuerte positiva, pero debido a que el valor de X disminuye ligeramente a medida que aumenta el valor de Y, puede considerarse como débil correlación negativa, teniendo en cuenta el diagrama de dispersión.

Figura 16*No. de Espigas/Planta*

Fuente. Programa InfoStat

Tabla 27*Análisis de Varianza de No. de Espigas/Planta/Tratamiento***Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° de Espigas/planta	6	0,09	0,00	22,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,58	1	0,58	0,39	0,5649
Tratamientos	0,58	1	0,58	0,39	0,5649
Error	5,94	4	1,48		
Total	6,52	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,76195

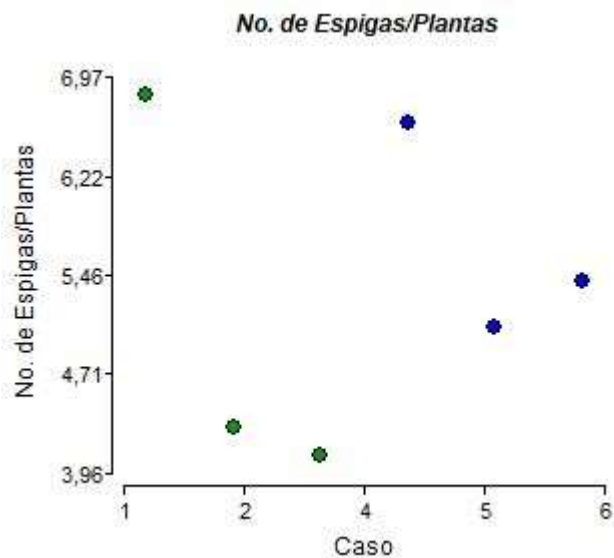
Error: 1,4844 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T1	5,08	3	0,70	A
T2	5,70	3	0,70	A

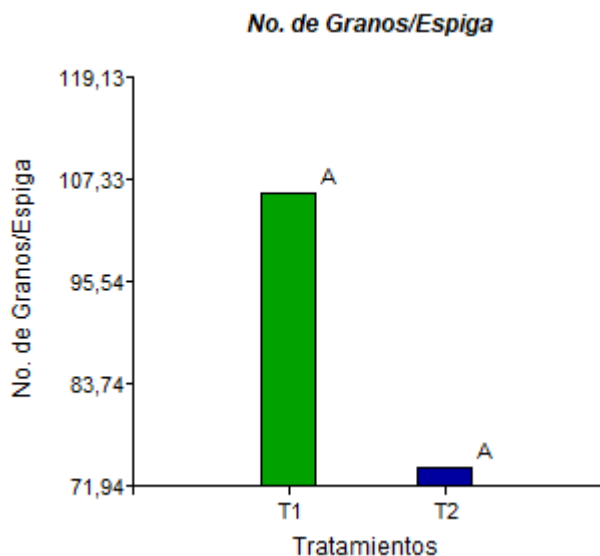
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Nota. En el gráfico 13 y en la tabla 24, se observa que el T2 obtuvo una media con 5,70 espigas por planta mayor al T1 5,08 y no es significativamente diferentes.

Figura 17*No. de Espigas/Plantas – Diagrama de dispersión**Fuente.* Programa InfoStat**Tabla 28***No. de Espigas/Plantas***Coeficientes de correlación***Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	No. de Espigas/Plantas
No. de Espigas/Plantas	1,00

Nota. Con base a la anterior tabla, se considera que existe una correlación fuerte positiva, pero con tendencias de baja correlación negativa de acorde al diagrama de dispersión.

Figura 18*No. de Granos/Espigas*

Fuente. Programa InfoStat

Tabla 29*Análisis de Varianza de No. de Granos/Espiga/Planta***Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N °de Granos/espiga	6	0,49	0,37	21,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1498,47	1	1498,47	3,92	0,1189
Tratamientos	1498,47	1	1498,47	3,92	0,1189
Error	1530,48	4	382,62		
Total	3028,96	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=44,34346

Error: 382,6207 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

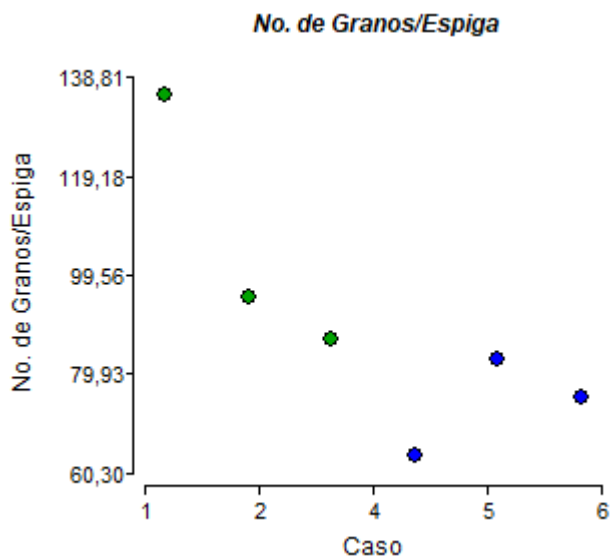
T1	105,69	3	11,29	A
T2	74,09	3	11,29	A

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

Nota. En los resultados obtenidos para el análisis de varianza de No. de granos x espiga x planta, se observa que el T1 obtuvo una media de 105,69 y el T2 74,09 con una diferencia de 31,6 granos por espiga siendo una diferencia relevante, sin embargo, no llega a ser significativamente diferente.

Figura 19

No. de Granos/Espiga – Diagrama de dispersión



Fuente. Programa InfoStat

Tabla 30

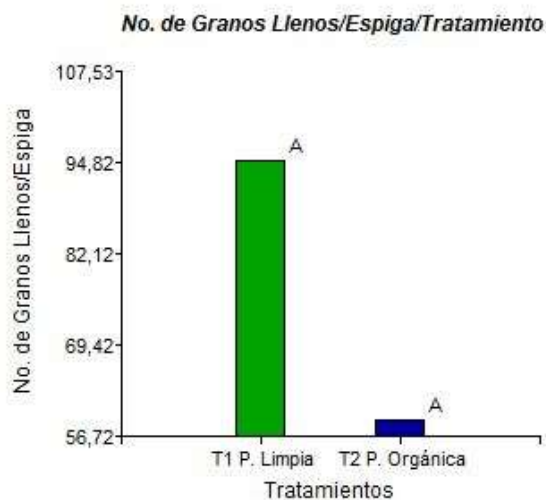
No. de Granos/Espiga

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	No. de Granos/Espiga
No. de Granos/Espiga	1,00

Nota. Correlación fuerte positiva, y débil correlación negativa, tomando los resultados del diagrama de dispersión inmediatamente anterior.

Figura 20*No. de Granos Llenos/Espiga*

Fuente. Programa InfoStat

Tabla 31*Análisis de Varianza de No. de Granos/Llenos/Espiga/Tratamiento***Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. de Granos Llenos/Espig..	6	0,61	0,51	23,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1938,24	1	1938,24	6,16	0,0681
Tratamientos	1938,24	1	1938,24	6,16	0,0681
Error	1259,15	4	314,79		
Total	3197,39	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=40,22111

Error: 314,7874 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T1 94,97 3 10,24 A

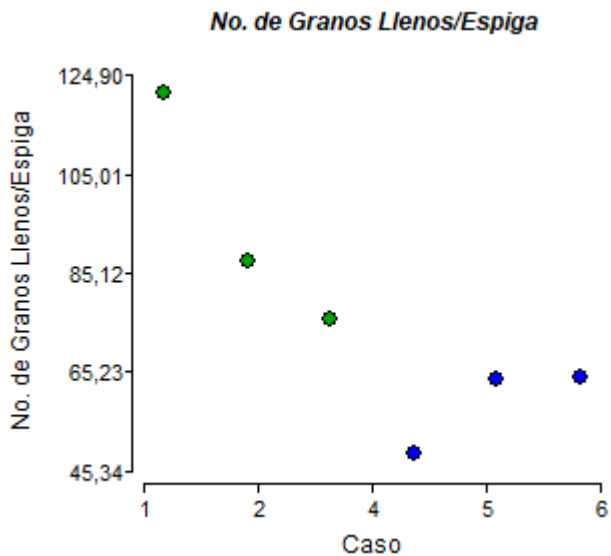
T2 59,03 3 10,24 A

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

Nota. En la gráfica 15, al igual que en la tabla 26, se observa que el T1 obtuvo 94,97 de granos llenos/espiga teniendo valores más elevados que el T2 con 59,03; teniendo una diferencia de 35,94 granos llenos, siendo entre las variables de rendimiento del arroz el segundo valor más relevante en diferencias entre los tratamientos, pero no es significativamente diferente.

Figura 21

Granos Llenos/Espiga/Planta – Diagrama de dispersión



Fuente. Programa InfoStat

Tabla 32

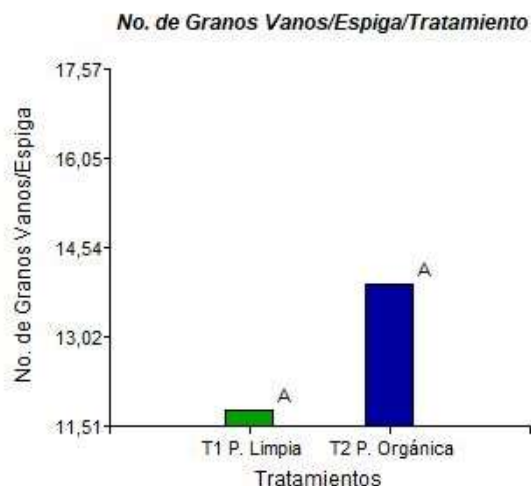
Granos Llenos/Espiga/Planta

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	No. de Granos Llenos/Espig..
No. de Granos Llenos/Espig..	1,00

Nota. Correlación fuerte positiva, y débil correlación negativa, tomando los resultados del diagrama de dispersión inmediatamente anterior.

Figura 22*No. de Granos Vanos/Espiga*

Fuente. Programa InfoStat

Tabla 33*Análisis de Varianza de No. de Granos/Vanos/Espiga/Tratamiento*

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. de Granos Vanos/Espiga..	6	0,06	0,00	38,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,11	1	6,11	0,27	0,6310
Tratamientos	6,11	1	6,11	0,27	0,6310
Error	90,57	4	22,64		
Total	96,68	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,44173

Error: 22,6433 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

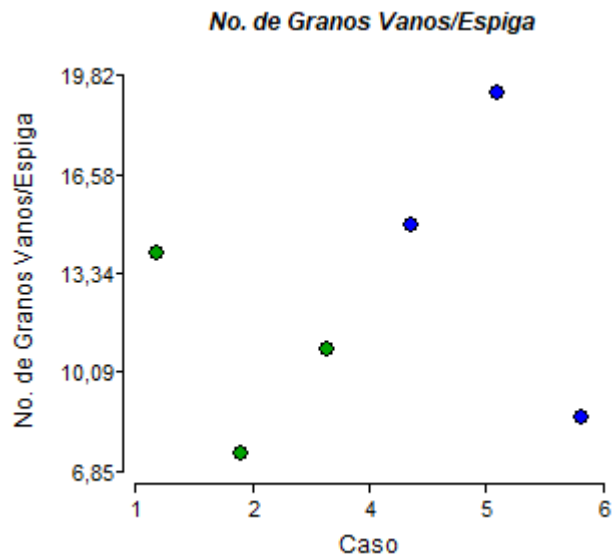
Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	11,79	4	2,38 A
T2	13,93	2	3,36 A

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

Nota. Se puede observar que el T2 es mayor, conteniendo unos 13,93 granos vacíos por espiga y el T1 con 11,79 con diferencia de 2,14 granos vanos, indicando que el manejo agronómico de la producción limpia produce menos granos vanos que la producción orgánica.

Figura 23

No. de Granos Vanos/Espiga – Diagrama de dispersión



Fuente. Programa InfoStat

Tabla 34

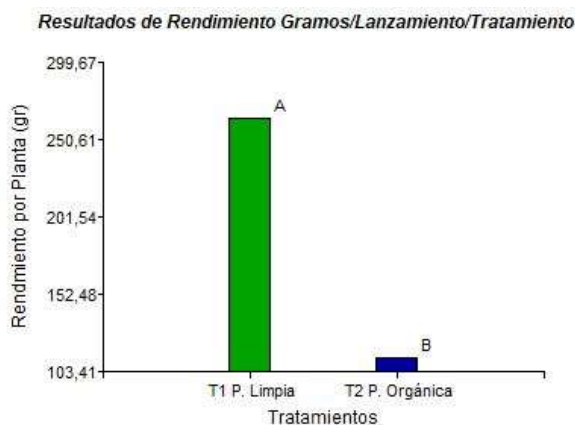
No. de Granos Vanos/Espiga

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	No. de Granos Vanos/Espiga..
No. de Granos Vanos/Espiga..	1,00

Nota. Correlación fuerte positiva; por otro lado, respecto al diagrama de dispersión que representa el gráfico 23, existiría baja correlación positiva.

Figura 24*Rendimiento/Tratamiento*

Fuente. Programa InfoStat

Tabla 35*Análisis de Varianza de Resultados de Rendimiento***Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento por Planta (gr)..	6	0,80	0,75	24,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34352,67	1	34352,67	15,61	0,0168
Tratamientos	34352,67	1	34352,67	15,61	0,0168
Error	8801,33	4	2200,33		
Total	43154,00	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=106,33827

Error: 2200,3333 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T1 263,67 3 27,08 A

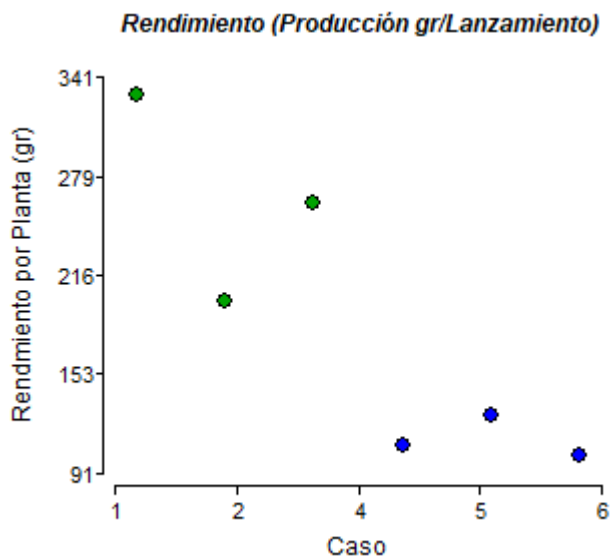
T2 112,33 3 27,08 B

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

Nota. En los resultados anteriores indican que el T1 con 263,67 gr de rendimiento en planta y el T2 con 112,33 gr con una diferencia de valores de 151,34, siendo el tratamiento 1 mucho más elevado y ya que sus letras no son comunes o iguales, donde T1 es A y T2 es B indica que a la probabilidad del (0,05) es significativamente diferente, siendo entre las variables de rendimiento del arroz el mayor valor más relevante en diferencias entre los tratamientos.

Figura 25

Análisis de Resultados de Rendimiento – Diagrama de dispersión



Fuente. Programa InfoStat

Tabla 36

Resultado de Rendimiento

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Rendimiento por Planta (gr) ..
Rendimiento por Planta (gr) ..	1,00

Nota. Correlación fuerte positiva, y débil correlación negativa, según diagrama de dispersión de gráfico 25.

Según las gráficas 12, 14, 16, 18, 20, 22 y 24 se permite observar que en las gráficas 12, 18, 20 y 24 el T1 (Producción limpia) tiene mejores valores, respecto al T2 (producción orgánica), siendo las características de No. de plantas/lanzamiento/tratamiento, No. de granos/espiga, No. de granos llenos/espiga y rendimiento/planta; el T2 (producción orgánica) indico relevancia en tres de las características agronómicas, siendo No. de macollas/planta, No. de espigas/planta y No. de granos vanos/espiga; cabe resaltar que la variable No. de granos vanos en el T1 de producción limpia tiene menor valor siendo una variable que entre menos valor obtenga mejor se desempeña esta característica, por lo tanto, en esta variable de No. de granos vanos su mejor comportamiento fue en el T1, lo que indica taxativamente que, fueron 4 características a favor del T1 y 3 características del T2.

De igual manera, se realizó un análisis de varianza con **Prueba t student**; obteniendo los siguientes resultados:

Para el análisis estadístico de los datos se empleó una prueba de t-student, para un 5% de probabilidad del error ($\alpha = 0.05$), con el paquete estadístico INFOSTAT (versión 30/04/2020 para Windows).

Variable: No. DE PLANTAS/LANZAMIENTO/PARCELAS - Clasific:
Tratamientos - prueba: Bilateral

Tabla 29*No. de plantas/lanzamiento/parcela*

<i>Comparación</i>	T1	T2
<i>Media</i>	19,67	13,00
<i>Media(1)-Media(2)</i>	6,67	
<i>Gl</i>		
<i>Valor t</i>	1,15	
<i>p-valor</i>	0,3701	

Nota. Se puede evidenciar que, los resultados que arroja el análisis de varianza al evaluar el No. de plantas/lanzamiento/parcela, el T1 obtuvo un mejor comportamiento respecto a su promedio, puesto que, correspondió la media a 19,67; mientras que, para el T2, la media fue de 13 plantas/lanzamiento.

Tabla 30*No. de Macollas por planta*

<i>Comparación</i>	T1	T2
<i>Media</i>	7,78 A	8,39 A
<i>Media(1)-Media(2)</i>	-0,61	
<i>gl</i>	4	
<i>Valor t</i>	-0,33	
<i>p-valor</i>	0,7558	

Nota. Se puede evidenciar que, según los resultados, el T2 obtuvo un mejor comportamiento respecto a la media, puesto que, correspondió la media a 8,39; mientras que, para el T1, la media fue de 7,78.

Tabla 31

Análisis de Varianza de No. de Macollas/Planta/Tratamiento

Prueba T para muestras Independientes

Variable:No. de Macollas/Planta - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1 Grupo 2	
	T1	T2
Media	7,78	8,39
Varianza	7,99	1,97
Media (1) -Media (2)	-0,61	
pHomVar	0,3950	
T	-0,33	
p-valor	0,7558	

Nota. En la tabla 31, se refleja que, al evaluar las variables número de macollas por planta el T2 con 8,39 macollas tiene mayor número de macollas que el T1 con diferencia de 0,61; con letras iguales o comunes (A) siendo no significativamente diferente, según su p-valor si es significativo (habitualmente menor de 0,05), nos indica que tanto difieren los datos para ser significativamente diferente.

Tabla 32

No. de espigas por planta

Comparación	T1	T2
Media	5,08 A	5,70 A
Media(1)-Media(2)	-0,62	
gl	4	
Valor t	-0,63	
p-valor	0,5649	

Nota. Se puede evidenciar que, según los resultados, el T2 obtuvo un mejor comportamiento respecto a la media, puesto que, correspondió la media a 5,70; mientras que, para el T1, la media fue de 5,08, referente al No. de espigas x plantas.

Tabla 33*Análisis de Varianza de No. de Espigas/Planta***Prueba T para muestras Independientes**

Variable:No. de Espigas/Plantas - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	T1	T2
Media	5,08	5,70
Varianza	2,31	0,66
Media (1) -Media (2)	-0,62	
pHomVar	0,4452	
T	-0,63	
p-valor	0,5649	

Nota. se puede observar que, al evaluar las variables No. de espigas por planta el T2 tiene mejor comportamiento que el T1 (5,70 – 5,08) respectivamente según media; siendo no significativamente diferente.

Tabla 34*No. de granos por espiga*

Comparación	T1	T2
Media	105,69 A	74,09 A
Media(1)-Media(2)	31,61	
gl	4	
Valor t	1,98	
p-valor	0,1189	

Nota. De acorde a los resultados arrojados en la tabla 34, el T1 obtuvo un mejor comportamiento, puesto que, correspondió la media a 105,69; mientras que, para el T2, la media fue de 74,09.

Tabla 35

Análisis de Varianza de No. de Granos/Espiga/Tratamiento

Prueba T para muestras Independientes

Variable:No. de Granos/Espiga - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	T1	T2
Media	105,69	74,09
Varianza	672,48	92,76
Media (1)-Media (2)	31,61	
pHomVar	0,2424	
T	1,98	
p-valor	0,1189	

Nota. se puede observar que, al evaluar las variables No. de granos x espiga x tratamiento, que el T1 tiene mejor comportamiento que el T2 (105,69 – 74,09) respectivamente según media; siendo no significativamente diferente.

Tabla 36

No. de granos llenos por espiga

Comparación	T1	T2
Media	94,97 A	59,03 A
Media(1)-Media(2)	35,95	
gl	4	
Valor t	2,48	
p-valor	0,0681	

Nota. De acorde a los resultados arrojados en la tabla 36, el T1 obtuvo un mejor comportamiento, puesto que, correspondió la media a 94,97; mientras que, para el T2, la media fue de 59,03.

Tabla 37

Análisis de Varianza de No. de Granos Llenos/Espiga/Tratamiento

Prueba T para muestras Independientes

Variable:No. de Granos Llenos/Espiga - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1 Grupo 2	
	T1	T2
Media	94,97	59,03
Varianza	553,49	76,09
Media (1) -Media (2)	35,95	
pHomVar	0,2417	
T	2,48	
p-valor	0,0681	

Nota. se puede observar que, al evaluar las variables No. de granos llenos x espiga x tratamiento, que el T1 tiene mejor comportamiento que el T2 (94,97 – 59,03) respectivamente según media; siendo no significativamente diferente.

Tabla 38

No. de granos vacíos por espigas

Comparación	T1	T2
Media	11,79 A	13,93 A
Media(1)-Media(2)	-2,14	
gl	4	
Valor t	-0,52	
p-valor	0,6310	

Nota. De acorde a los resultados arrojados en la tabla 38, el T1 obtuvo un mejor comportamiento, puesto que, correspondió la media a 11,79; mientras que, para el T2, la media fue de 13,93; esto referente al No. de granos vacíos y/o vanos por espigas.

Tabla 39

Análisis de Varianza de No. de Granos Vanos/Espiga/Tratamiento

Prueba T para muestras Independientes

Variable:No. de Granos Vanos/Espiga - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1 Grupo 2	
	T1	T2
Media	11,79	13,93
Varianza	11,43	56,29
Media (1) -Media (2)	-2,14	
pHomVar	0,2263	
T	-0,52	
p-valor	0,6310	

Nota. se puede observar que, al evaluar las variables No. de granos vanos x espiga x tratamiento, que el T1 tiene mejor comportamiento que el T2 (11,79 – 13,93) respectivamente según media; siendo no significativamente diferente; con 2,14 granos de diferencia.

Tabla 40

Rendimiento por parcela (gr)

Comparación	T1	T2
Media	263,67 A	112,33 B
Media(1)-Media(2)	151,33	
gl	4	
Valor t	3,95	
p-valor	0,0084	

Nota. De acorde a los resultados arrojados en la tabla 40, el T1 obtuvo un mejor comportamiento, puesto que, correspondió la media a 263,67; mientras que, para el T2, la media fue de 112,33; esto referente al rendimiento por sistema de producción, expresado en gramos (gr), siendo significativamente diferente.

Tabla 41

Análisis de Varianza de Resultados (Rendimiento de Producción)

Prueba T para muestras Independientes

Variable:Rendimiento por Planta (gr) - Clasific:Tratamientos - prueba:Bilateral

	Grupo 1 Grupo 2	
	T1	T2
Media	263,67	112,33
Varianza	4230,33	170,33
Media (1) -Media (2)	151,33	
pHomVar	0,0774	
T	3,95	
p-valor	0,0168	

Nota. En la tabla 41, se observa que, al evaluar la variable rendimiento de producción, el T1 con 263,37gr, obtiene mejor comportamiento, referente al T2, el cual obtuvo 112,33gr, según media; siendo así significativamente diferente con letras no iguales o no comunes (A para el T1 y B para el T2), según su p-valor de 0,0168 es significativo, es decir; que lo es cuando habitualmente este es menor de 0,05.

Hipótesis:

Para las variables de rendimiento en el arroz se tuvo las siguientes hipótesis:

- **Ho: (Hipótesis nula) Las medias de los tratamientos son iguales en cada una de las variables mencionadas**
- **H1: (Hipótesis alternativa) Las medias de los tratamientos son diferentes en cada una de las variables mencionadas**

Según los resultados obtenidos se puede deducir que las 7 primeras variables las cuales son; No. de plantas/lanzamiento, No. de macollas/planta, No. de espigas/planta, No. de granos/espiga, No. de granos llenos/espiga, No. de granos vanos y/o vacíos/espiga, y

peso promedio/lanzamiento (rendimiento); al haber obtenidos valores elevados en p-valor al nivel de significancia de $\alpha=0,05$ no rechaza la hipótesis nula (H_0) y la variable de rendimiento si rechaza esta hipótesis.

Respecto a la información anterior, el T1 (Producción limpia) tiene mejores valores frente T2 producción orgánica, siendo las características de número de plantas por lanzamiento, número de granos por espiga, número de granos llenos por espiga y rendimiento por planta; el T2 (producción orgánica) indico relevancia en tres de las características agronómicas, siendo número de macollas por planta, número de espigas por planta y número de granos vacíos por espiga, cabe resaltar que la variable número de granos vacíos en el T1 de producción limpia tiene menor valor siendo una variable que entre menos valor obtenga mejor se desempeña en rendimiento esta característica, por lo tanto, en esta variable de número de granos vacíos y/o vanos, su mejor comportamiento fue en el tratamiento 1, por lo tanto, son 4 características a favor del T1 y 3 características del T2.

Comparación con Investigación

La investigación *“Evaluación de los Rendimientos de un Sistema de Producción de Arroz Orgánico y su Influencia en las Propiedades Químicas y Biológicas del Suelo”* Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima – 2006, realizó un estudio en el cual se evaluó la viabilidad económica y técnica de la producción de arroz orgánico, donde se empleó un sistema de siembra por trasplante con riego de inundación permanente, y la variedad con la cual se trabajó fue la COPROSEM II. Para el desarrollo de esta investigación se emplearon cuatro tratamientos (T1 - convencional, T2 - orgánico, T3 - convencional + orgánico y T4 - un testigo absoluto), con cuatro replicas a cada uno de 25

m²; y las variables de rendimiento obedecieron al número de espigas por unidad de área, número de granos por espiga, número de granos llenos y vanos, peso de 1.000 semillas, comparando la calidad molinera de arroz; para finalmente comparar la producción y su margen de rentabilidad. Es de recalcar que se utilizó el diseño estadístico de bloques completos al azar; donde el T2 (tratamiento orgánico) a pesar de NO obtener los mejores rendimientos, alcanzó el margen de rentabilidad con 5.435,1 kg/ha; mientras que el T1 alcanzó un rendimiento de 9.310,95 kg/ha; T3 9.205,9 kg/ha; y el T4 3.064,93 kg/ha; esto, respecto a la variable rendimiento kg/ha.

Lo anterior indica que, al comparar la variable rendimiento kg/ha con los tratamientos, estadísticamente existe una diferencia significativa; puesto que, el p-Valor (0,0001) es mayor que el nivel de significancia ($\alpha=0,05$).

Esta investigación se desarrolló en la hacienda Gascoña, municipio de Doima, departamento del Tolima, durante el semestre A de 2005, a una altura promedio de 690 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 28 °C, precipitación aproximadamente de 1.200 mm al año y con una humedad relativa que no excede el 60%.

Conclusiones

En los resultados de las variables de los componentes de rendimiento en el arroz, se puede decir que el T1 producción limpia puede tener mejores características agronómicas en cuanto al No. de granos/planta, No. de granos llenos/espiga, No. de granos vacíos y rendimiento por planta frente a la producción orgánica.

Se puede deducir por las características agronómicas del T1 que la producción orgánica tiene bajo rendimiento significativamente diferente y que por el No. de granos vacíos al obtener valor elevado en el T2 con diferencia del 11,79 por planta indica que la producción orgánica no hace un buen llenado del grano y tiene mayores pérdidas representativas.

Durante el análisis de varianza se pudo evidenciar que, en el T2 se obtuvo un mayor número de macollas/plantas, con una diferencia del 0,61 respecto al T1.

De igual manera, en el T2 se obtiene un No. mayor de espigas, con una media del 5,70/planta; sin embargo, no es significativamente diferente, puesto que, los resultados correspondientes al T1 la media fue de 5,08. Pero hay que tener en cuenta lo siguiente: respecto al No. de granos/espiga, el T1 el promedio atañe a 105,69, frente al 74,09 concerniente al T2, con una diferencia de 31,6 granos/espigas; lo anterior evidencia que, a pesar que en el T2 los resultados de algunas variables fuesen de mayor satisfacción de acorde a sus características, en el T1 los resultados de algunas variables como lo es el No. de espigas/planta y No. de granos/espigas, este obtuvo mejores resultados en promedio

respecto al T2; tendencia que se mantiene en relación a otras variables como lo son No. de granos llenos/espigas, donde la diferencia entre parcelas correspondió al 35,94.

Correspondientemente, en cuanto a los resultados de las variables/parcelas, es de mencionar que, existió cierta variabilidad en algunos aspectos, ejemplo: en el T1, el lanzamiento 3 el No. de plantas fue de 31, es decir un valor atípico respecto a los resultados de los otros lanzamientos; sin embargo, de acorde a los resultados obtenidos en los pesajes de granos, los rendimientos estuvieron por debajo en comparación con el lanzamiento 1 del mismo tratamiento; en fin, independientemente de los resultados arrojados por cada variable, en cada tratamiento, es de aclarar que, ambas parcelas fueron sometidas a las mismas condiciones agroclimatológicas y/o agronómicas, por lo tanto, los resultados obtenidos no difieren de la realidad, puesto que, al estar ubicados en el piedemonte amazónico, los suelos son aluviales y coluviales, es decir, formados por escorrentías e inundaciones, y por sedimentos y/o material de arrastre. En síntesis, frente a este tipo de condiciones es muy probable que se presenten variabilidad en diferentes aspectos, lo cual puede repercutir significativamente o no, en los resultados.

Por último, se puede deducir en base a los resultados arrojados en el análisis de varianza, que, en cuanto al rendimiento de producción (T/ha) siendo el T1 mucho más elevado, esto debido a que, sus letras no son comunes, donde T1 es A y T2 es B, esto indica que a la probabilidad del (0,05) es significativamente diferente, siendo entre las variables de rendimiento del arroz el mayor valor más relevante en diferencias entre los tratamientos; por lo tanto, se concluye que, el sistema de producción limpia, tiene mejores

comportamientos agronómicos, haciendo énfasis en lo referente a producción, frente al sistema orgánico; puesto que, para el T1 los resultados promedios fueron de 2,64 T/ha, y para el T2 de 1,12 T/ha.

De esta manera se puede decir que el sistema de producción limpia de arroz, es de mayor rentabilidad, pero, si se considera implementar un sistema sostenible y sustentable, encaminado a la protección y conservación del medio ambiente, el sistema de producción orgánica representa valores considerables pensando primeramente en garantizar parte de la seguridad alimentaria familiar y la generación de ingresos por ventas de excedentes, en lo referente a la producción de arroz en latifundios, que hace parte del arraigo y/o lo socio-cultural de las familias rurales del Medio y Bajo Putumayo.

Recomendaciones

Es importante que se desarrollen y/o ejecuten otros trabajos de este tipo investigativo en el Medio y Bajo Putumayo, teniendo en cuenta lo incipiente de la misma en la zona y poco y nulo acompañamiento de entidades que están en la capacidad física y financiera de llevar a cabo dichos procesos; lo anterior, entendiendo la idiosincrasia y contexto de las comunidades en lo relacionado a la producción de alimentos en minifundios con ciertos fines comerciales y de autosostenibilidad.

Referencias Bibliográficas

- Andersen. M., (2003). *¿Es la certificación algo bueno para mí?* Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura [comunicado de prensa]
¿Qué es la agricultura orgánica?
<https://www.fao.org/3/ad818s/ad818s03.htm#:~:text=La%20agricultura%20org%C3%A1nica%20es%20un,sint%C3%A9ticos%20para%20proteger%20el%20medio>
- Boza-Martínez, S. (2010). *Desafío del desarrollo: la agricultura orgánica como parte de una estrategia de mitigación de la pobreza rural en México. Nóesis. Revista de ciencias sociales y humanidades, vol. 19, número 37, pp. 92-111*
<https://www.redalyc.org/pdf/859/85919842004.pdf>
- Castilla-Lozano, L. A., Tirado-Ospina, Y. C., (2019). *Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz. FEDEARROZ-AMTEC*
https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_fundamentos_nutricion.pdf
- Chaudhary. R. C., Nanda. J. S., Tran. D. V., (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz.* Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura-FAO (Comisión internacional del arroz) *Problemas y Limitaciones de la Producción de Arroz*
<https://www.fao.org/3/y2778s/y2778s04.htm>
- Chica, J., Tirado, Y., Barreto, J., (2016). *Indicadores de competitividad del cultivo del arroz en Colombia y EEUU.* 33(2): 16-31.
[http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.49;](http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.49)

<http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a02.pdf>

Cortés-Marín. E. A., Suárez-Mahecha. H., Pardo-Carrasco. S., (2008). *Producción sostenible en la agricultura colombiana*. No. 7. p.p. 48-56

<https://www.redalyc.org/pdf/2311/231116372006.pdf>

Desarrollo y Adopción de un Sistema de Producción de Arroz de Bajo Uso de Insumos para Latinoamérica a través de Mejoramiento Genético y Tecnologías Avanzadas de Manejo de Cultivos, (2019). *Alianza para la investigación de la ciencia y de la tecnología para el desarrollo sostenible*. Guía técnica

https://ciatshare.ciat.cgiar.org/sites/satreps_rice/publication/190405%20Technical%20Guide_ES.pdf

Díaz-Granados. C., Chaparro-Giraldo. A., (2012). Métodos y usos agrícolas de la ingeniería agrícola genética aplicada al cultivo del arroz (en prensa). *Revista colombiana de Biotecnología*. Vol. XIV No. 2.

<http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n2/v14n2a18.pdf>

FEDEARROZ. (s.f.). *Historia del Arroz* <https://fedearroz.com.co/es/cereal-milenario/historia-del-arroz/>

García-Henao. L., (2003). Teoría del desarrollo sostenible y legislación ambiental colombiana, una reflexión cultural. No. 20. p.p. 198-215. *Revista de derecho*

<https://www.redalyc.org/pdf/851/85102008.pdf>

Gómez-Galeano. A., (2021) *Producción y Mercado del Arroz en Colombia* [comunicado de prensa] *RedAgrícola* <https://www.redagricola.com/co/produccion-y-mercado-del-arroz-en-colombia/>

Gracia-Rojas, J. P., (2015). *Desarrollo sostenible: origen, evolución y enfoques*.

(Documento de docencia No. 3). Bogotá: (Ed.) Universidad cooperativa de Colombia. (s.f.). <http://dx.doi.org/10.16925/greylit.1074>;
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/1ff2e312-796b-4999-9d98-de04cb71b4fa/content>
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292007000300001

Larraín, S. P., Villavicencio, P. A., (s.f.). *Concepto de producción limpia en agricultura* (pp. 1 – 10) *Conceptos fundamentales*

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7590/NR38825.pdf?sequence=7&isAllowed=y#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20limpia%20es%20un,las%20limitantes%20econ%C3%B3micas%20y%20tecnol%C3%B3gicas.>

Los Arroceros Hacen Frente al Cambio Climático. (10 de octubre de 2018). *Caracol radio*

https://caracol.com.co/programa/2018/09/23/al_campo/1537698291_831325.html#:~:text=Colombia%20tiene%20460.000%20hect%C3%A1reas%20con,de%20Tolima%20C%20Huila%20y%20aleda%C3%B1os.

Luna-Bucuru. A. J., (2004). *Prácticas viables de producción más limpia en el sector agrícola del departamento de Córdoba* [tesis de pregrado, universidad de La Salle].

Repositorio institucional

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1742;
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2741&context=ing_ambiental_sanitaria

Madroñero-Palacios, S., Guzmán-Hernández, T. (2018). Desarrollo sostenible.

Aplicabilidad y sus tendencias. *Revista tecnológica en marcha*

<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v3i13.3907>;

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822018000300122&script=sci_arttext&tlng=es#:~:text=As%C3%AD%20el%20desarrollo%20sostenible%20es,mismas%20a%20las%20generaciones%20futuras.

Mis Buenas Prácticas Agrícolas “Guía para agroempresarios” (2009). Yerimpresos.

<https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/inocuidad-agricola/capacitacion/cartillabpa.aspx>

Moreira-Mendoza. D. A., (2018). *Sistemas Intensivo del Cultivo del Arroz (SRI)*

<https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2017/07/SRI-Colombia-Guia-para-Establecimiento-y-Monitoreo-del-Cultivo-de-arroz-bajo-SRI-VF-Enero-2018.pdf>

Organismo Internacional de Energía Atómica – IAEA (2014 - 2016), Programa de

Coperación Técnica - *Aumento de la variabilidad genética del arroz en Colombia para asegurar el suministro de alimentos* [comunicado de prensa] proyecto: Apoyo a la mutagénesis y la genómica funcional aplicadas para la mejora del arroz

https://www.iaea.org/sites/default/files/18/11/col5024_sp.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (1999,

septiembre), *Comité de agricultura* [comunicado de prensa] Definición de la agricultura orgánica https://www.fao.org/3/X0075s/X0075s.htm#P87_1566

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura-FAO. (2008,

diciembre). *Preguntas frecuentes sobre la agricultura orgánica* [comunicado de prensa] <https://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>

Perfetti., J. J., Hernández. A., Leibovich. J., Balcázar. A., (2013). *Políticas para el*

desarrollo de la agricultura en Colombia. Sociedad de agricultores de Colombia (SAC), FEDEARROZ

<https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/61/?sequence=1>

- Perfetti., J. J., Hernández. G., Leibovich. J., Balcázar. A., (2013). *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia*. Sociedad de agricultores de Colombia (SAC), FEDEARROZ <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/61>
- Ruesga-González. I., Peña-Peña. E., Expósito-Elizagaray. I., (2006). *Libro de experimentación agrícola*
- Silva-Jaque, C. (2007). Desarrollo productivo y buenas prácticas agrícolas. *Idesia (arica)*, vol. 25, núm. 3; 5-6 <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300001>;
- Van Hoof. B., Herrera. C. M., (2007). La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. *Revista de ingeniería*
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000200013#7
- Villasanti. C., Godoy. N., (2012). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el productor hortofrutícola*. (Segunda edición, proyecto TCP/PAR/3303). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura-FAO., Oficina regional para América Latina y el Caribe <https://www.fao.org/3/as171s/as171s.pdf>

APÉNDICE**Apéndice A***Preparación del terreno y siembra*

Actividad: se realizó descapote del terreno y preparación del terreno para el establecimiento de las parcelas de forma independiente.

Apéndice B*Registro de germinación de semillas*

Actividad: se hace seguimiento post-siembra, para evaluar el comportamiento de las parcelas durante los primeros días de establecimiento.

Apéndice C*Análisis visual del estado fitosanitario de las parcelas*

Actividad: se puede estimar que las parcelas han tenido un comportamiento aceptable, en cuanto a su adaptabilidad a las condiciones agroclimatológicas de la región; es decir, se deduce que, por ser una variedad endémica, tiene buen comportamiento en lo concerniente a la fase fenológica de desarrollo.

Apéndice D*Control de arvenses*

Actividad: los controles de arvenses se efectuaron como una labor cultural, entendiendo que, de esta manera lo hacen tradicionalmente los pequeños productores de la región.

Apéndice E	
<i>Análisis visual fitosanitario</i>	
	
	
<p>Actividad: es de recalcar que, el poder verificar qué tipo de arvenses son los de mayor incidencia tienen en el desarrollo fenológico del cultivo, nos permite determinar el control debido y oportuno. En este caso, se considera que las arvenses con mayor presencia fueron aquellas pertenecen a la familia Ciperáceas y las iracas (<i>Carludovica palmata</i>), pertenecientes a la familia ciclantáceas; estas compiten por agua, luz y nutrientes con el cultivo.</p>	

Apéndice F*Registro de brote de espigas*

Actividad: se hace seguimiento puntualmente de esta fase de desarrollo fenológico de la planta, entendiendo que, en ella depende el éxito de trabajo de investigación, puesto que los resultados se deben de ver reflejados en producción (rendimientos).

Apéndice G*Análisis visual de las parcelas*

Actividad: en los análisis visual sobre las condiciones fitosanitarias del cultivo, se pudo evidenciar la presencia de algunas plagas, pero como se puede constatar, este tipo de plaga tenía un comportamiento de acción mayormente en los arvenses presentes en el cultivo; de esta manera, se determina no realizar ningún tipo de control, puesto que, en los monitoreos se puede observar que el daño causado es mínimo y no llega al umbral de daño económico.

Apéndice H*Lanzamientos*

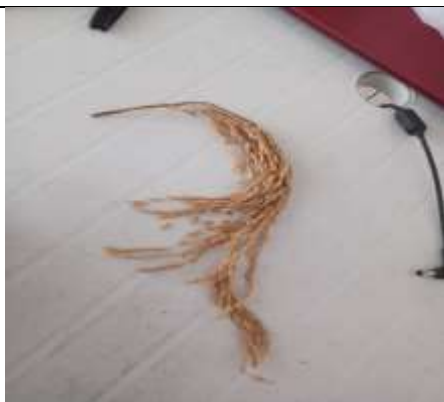
Actividad: se realizaron lanzamientos con una herramienta elaborada en tubo pvc, el cual abarcaba un área de 1m² de donde posteriormente se van a tomar todas las variables como: No. de plantas/lanzamiento, No. de macollas/plantas/lanzamiento, No. espigas/plantas/lanzamiento, No. de granos llenos/espiga, No. de granos vanos/espiga y rendimiento expresado en T/ha.

Apéndice I*Medición de plantas y espigas*

Actividad: aunque esta labor no se consideró como variable para el trabajo de investigación, se tomaron algunos datos como referencia; para lo cual, de forma aleatoria se seleccionaron plantas de ambas parcelas y se midió el porte de planta en primera instancia, y estas a su vez obtuvieron una altura promedio de 1.47m a 1.90m, mientras que en el caso de las espigas la longitud correspondió a 17cm hasta 31,5cm.

Apéndice J

Conteo de granos y registro de resultados



Actividad: dicha labor no se realizó en campo, porque para tener una mayor precisión en los datos, era prudente y pertinente que, el conteo de granos/espigas, granos llenos y vanos/espiga, se hiciera en lugar cómodo, sin perturbación ni riesgos de pérdida del material, que está más factible que suceda en campo.

Es de mencionar y aclarar, que cada espiga al ser tomada en campo se empacó en bolsas plásticas (doble) para evitar la posible pérdida de granos por desprendimiento de la espiga; cada empaque fue rotulado y empacado por separado, para evitar confusiones al momento de realizar el conteo.