



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD INDUSTRIAL DE 10 LÍNEAS PROMISORAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), BAJO INUNDACIÓN EN EL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo

AUTOR:

Cristian Javier Gaona Jiménez

DIRECTOR:

PhD. Ángel Rolando Robles Carrión

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 20 de marzo del 2023

Ing. Ángel Rolando Robles Carrión M. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD INDUSTRIAL DE 10 LINEAS PROMISORAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), BAJO INUNDACIÓN EN EL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo** de autoría del estudiante **Cristian Javier Gaona Jiménez**, con cédula de identidad Nro. **1104893647**, una vez el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Ángel Rolando Robles Carrión M. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, Cristian Javier Gaona Jiménez, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1104893647

Fecha: 20 de julio del 2023

Correo electrónico: cristian.gaona@unl.edu.ec

Teléfono: 0963849868

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Cristian Javier Gaona Jiménez** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD INDUSTRIAL DE 10 LÍNEAS PROMISORAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), BAJO INUNDACIÓN EN EL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte días del mes de julio del dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Cristian Javier Gaona Jiménez

Cédula: 1104893647

Dirección: Loja, El Rosal

Correo electrónico: cristian.gaona@unl.edu.ec

Teléfono: 0963849868

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: PhD. Ángel Rolando Robles Carrión

Dedicatoria

Este trabajo va dirigido de manera especial a mi padre RAMIRO GAONA que me guía desde el cielo y nunca me ha abandonado en cada paso que doy; a mi madre CARLA JIMÉNEZ, quien ha sido mi apoyo y pilar fundamental para poder culminar con éxito mi carrera universitaria y ha sabido brindarme su sacrificio, amor y consejos.

A mi hermano JORDY por su comprensión y apoyo incondicional para seguir creciendo y superarme profesionalmente.

A mi esposa ANGIE TORRES por apoyarme constantemente en mis estudios; y a mi querido hijo NICOLAS por ser la razón de mi vida y mi felicidad.

De igual manera para toda mi familia y amigos que supieron estar conmigo en los buenos y malos momentos brindándome el apoyo necesario para no decaer y seguir adelante. A todos ellos dedico este trabajo fruto del esfuerzo y la dedicación perseverante.

Cristian Javier Gaona Jiménez

Agradecimiento

Quiero expresar mis agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica y a su planta docente por haberme formado cómo profesional

Mi agradecimiento al Ing. Roberto Celi, al Ing. Edison Mosquera y a toda la planta del Programa de Arroz del INIAP, por su valioso aporte y orientación en la presente investigación, ya que sin ellos esto no sería posible.

A todos mis amigos y compañeros de promoción, por haber compartido los años de estudio, en los cuales se pude aprender muchas cosas de ellos. A David y Richard mis mejores amigos desde siempre, por haber empezado de cero juntos, haciendo de este camino un trayecto lleno de risas, llantos, enojos y sobre todo mucho aprendizaje.

Cristian Javier Gaona Jiménez

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1 Origen.....	7
4.2 Taxonomía.....	7
4.3 Morfología Vegetal.....	7
4.3.1 Órganos vegetativos.....	7
4.3.2 Órganos reproductores.....	8
4.4 Características Edafoclimáticas.....	9
4.4.1 Clima y Temperatura.....	9
4.2 Humedad Relativa y Radiación Solar.....	9
4.4.3 Suelo.....	10
4.4.4 pH.....	10

4.5 Ecofisiología.....	10
4.5.1 Fase vegetativa.....	10
4.5.2 Fase Reproductiva.....	10
4.6 Etapas de crecimiento de la planta de arroz	11
4.7 Producción de arroz en el Ecuador.....	11
4.8 Fitomejoramiento de arroz	12
4.9 Variedades de arroz.....	12
4.10 Variedades comerciales liberadas por INIAP	13
4.10.1 INIAP FL – ELITE.....	13
4.10.2 INIAP IMPACTO.....	13
4.11 Calidad del arroz	14
4.11.1 Calidad Molinera.....	14
5. Metodología	15
5.1 Área de estudio.....	15
5.2 Establecimiento del cultivo.....	15
5.3 Análisis Estadístico.....	16
5.4 Metodología para el primer objetivo “Evaluar comparativamente el rendimiento y sus componentes de diez líneas promisorias y tres variedades comerciales de arroz bajo condiciones agroclimáticas de Macará”	16
5.4.1 Número de macollos y panículas a la cosecha.....	16
5.4.2 Altura de Planta.....	16
5.4.4 Longitud de la panícula, granos por panícula y vaneamiento de panículas.....	16
5.4.5 Peso de 1000 Granos.....	17
5.4.6 Rendimiento de grano.....	17
5.4.7 Días a la madurez fisiológica.....	17
5.5 Metodología para el segundo objetivo “Evaluar la calidad industrial de diez líneas promisorias de arroz”	17
5.5.1 Opacidad del endospermo.....	17

5.5.2 Longitud y ancho del grano descascarado.....	17
6. Resultados	19
6.1 Resultados del primer objetivo “Evaluar comparativamente las características agronómicas, la adaptación al campo y rendimiento de diez líneas promisorias y cuatro variedades comerciales de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo inundación en el cantón Macará”.	
.....	19
6.1.1 Número de macollos y panículas a la cosecha.....	19
6.1.2 Altura de la planta.....	19
6.1.3 Longitud de la panícula	20
6.1.4 Peso de mil granos y rendimiento en grano.....	22
6.1.5 Días a la madures fisiológica.....	23
6.2 Resultados del segundo objetivo “Evaluar la calidad industrial de diez líneas promisorias de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en comparación a cuatro variedades comerciales, bajo inundación en el cantón Macará”.	23
6.2.1 Opacidad del endospermo.....	23
6.2.2 Longitud y ancho del grano descascarado.....	24
7. Discusión	26
8. Conclusiones	29
9. Recomendaciones	29
10. Bibliografía	30
11. Anexos	34

Índice de figuras

Figura. 1.	Número de macollos y panículas a la cosecha	19
Figura. 2.	Altura de la planta.....	20
Figura. 3.	Longitud de la panícula.....	20
Figura. 4.	Granos por panícula.....	21
Figura. 5.	Porcentaje de vaneamiento.....	21
Figura. 6.	Peso de mil granos	22
Figura. 7.	Rendimiento.....	22
Figura. 8.	Días a la madurez fisiológica.....	23
Figura. 9.	Porcentaje de centro blanco	24
Figura. 10.	Longitud del grano descascarado.....	24
Figura. 11.	Ancho del grano descascarado.....	25

Índice de anexos

Anexo 1. Análisis de varianza de los tratamientos.....	34
Anexo 2. Fotografías del desarrollo del ensayo experimental.....	36
Anexo 3. Certificado de traducción del Abstract.....	38

1. Título

Evaluación del Rendimiento y Calidad Industrial de 10 Líneas Promisoras de Arroz
(*Oryza sativa* L.), Bajo Inundación en el Cantón Macará, Provincia de Loja

2. Resumen

El arroz (*Oryza sativa*), es uno de los tres cereales más importantes en la alimentación a nivel mundial, junto al trigo y al maíz. El Género *Oryza* se originó hace al menos 130 millones de años en lo que actualmente es Asia. En Ecuador Para el año 2021 la superficie sembrada a nivel nacional fue de 342 967 hectáreas (ha), con una producción de 1 504 214 tm, la provincia de Loja es el tercer productor con 4,60% del total del área sembrada. Actualmente el cantón sufre una falta de material genético exclusivo para la zona, por ende, los agricultores recurren a variedades no registradas que provienen de la frontera; al usar genotipos que no están adaptados totalmente a la zona hace que su rendimiento baje parcialmente. Actualmente, el “Programa de Mejoramiento de Arroz” del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias ([INIAP](#)) se ha enfocado en la obtención de variedades precoces, sin sacrificar los mejores niveles de rendimiento que presentan variedades más tardías y así liberar variedades exclusivas para cada región del Ecuador. El objetivo del estudio fue evaluar las características agronómicas, adaptación al campo, rendimiento y calidad industrial de diez líneas promisoras y cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo inundación, en el cantón Macará provincia de Loja. Para la investigación se desarrolló un DBCA con 3 repeticiones, empleando las 10 líneas promisoras brindadas por el INIAP (GO-04429, 04439, 04185, 04200, 04242, 04209, 04370, 04419, 04461, 04469) más las 4 variedades comerciales (IBAGUE, INIAP IMPACTO, INIAP FL ELITE, CIAT). Las principales variables evaluadas fueron porcentaje de vaneamiento, rendimiento en grano, porcentaje de centro blanco y longitud/ancho del grano. Al evaluar comparativamente los 14 tratamientos, se puede confirmar que las variedades que tuvieron una mejor expresión fenotípica en campo fueron la GO-04370 y GO-04461 expresándose con una mayor altura y una mayor longitud de la panícula respecto a los demás tratamientos; además la variedad GO-04370 tuvo una gran diferencia en número de granos por panícula frente a las demás variedades. En cuanto a rendimiento la línea GO-04185 con 9648 kg/ha fue la que mayor rendimiento logró seguida de la variedad INIAP IMPACTO con 9534.67 kg/ha.

Palabras clave: Genotipos, fenotipo, vaneamiento.

2.1. Abstract

Rice (*Oryza sativa*) is one of the three most important cereals in the world's food supply, along with wheat and corn. The *Oryza* genus originated at least 130 million years ago in what is now Asia. In Ecuador For the year 2021 the area planted nationally was 342 967 hectares (ha), with a production of 1 504 214 mt, the province of Loja is the third largest producer with 4.60% of the total planted area. The canton currently suffers from a lack of exclusive genetic material for the area; therefore, farmers resort to unregistered varieties that come from the border; using genotypes that are not fully adapted to the area partially reduces yields. Currently, the "Rice Breeding Program" of the National Autonomous Institute of Agricultural Research (INIAP) has focused on obtaining early varieties, without losing the best yield levels of later varieties, and thus releasing exclusive varieties for each region of Ecuador. The objective of the study was to evaluate the agronomic characteristics, field adaptation, yield and industrial quality of ten promising lines and four commercial varieties of rice (*Oryza sativa* L.) under flooding in the Macará canton, province of Loja. For the research, a DBCA was developed with 3 repeats The main variables evaluated were spike disease percent, grain yield, percent white center and grain length/width. When the 14 treatments were evaluated comparatively, it can be confirmed that the varieties that had a better phenotypic expression in the field were GO-04370 and GO-04461, expressing a greater height and a greater length of the panicle with respect to the other treatments; in addition, the GO-04370 variety had a great difference in the number of grains per panicle compared to the other varieties. In terms of yield, the GO-04185 line with 9648 kg/ha had the highest yield followed by the INIAP IMPACTO variety with 9534.67 kg/ha.

Key words: Genotypes, phenotype, spike diseases.

3. Introducción

El arroz (*Oryza sativa*), es uno de los tres cereales más importantes en la alimentación a nivel mundial, junto al trigo y al maíz. Según la [FAO \(2004\)](#) dota el 20% del suministro de energía alimentaria total del mundo. ([Abdulrahman y Ishaq, 2014](#)) menciona que el género *Oryza* se originó hace al menos 130 millones de años y se dispersó como una hierba silvestre en lo que actualmente es Asia, aquí existen condiciones favorables para este cultivo y se han encontrado grandes cantidades de especies silvestres de este género ([Beltramo et al., 2010](#)). Si bien su origen geográfico se remonta a zonas de Asia tropical, hoy sus variedades se han diseminado por todo el mundo y están adaptadas a todos los ambientes, desde las altas montañas hasta la ribera de los ríos y desde el ecuador a altas latitudes en Sudamérica ([Pincioli et al., 2015](#)).

En Ecuador la mayor área sembrada de la gramínea se sitúa en la parte costera del país, pero también se encuentran cultivos en la parte Andina y en la Amazonía ([Ormaza, 2011](#)). Para el año 2021 la superficie sembrada a nivel nacional fue de 342 967 hectáreas (ha), con una producción de 1 504 214 tm. La mayor superficie dedicada a la producción se centró en Guayas con el 59,74%, le sigue Los Ríos con 30,51% y en tercer lugar se encuentra Loja con 4,60%. ([INEC, 2021](#)).

La provincia de Loja posee alrededor de 2.200 hectáreas de arroz sembradas en sus cantones productivos que son Macará y Zapotillo. En Macará existen 1 438 has destinadas a este cultivo característico de la zona con un total de 461 UPAS. Actualmente el cantón sufre una falta de material genético exclusivo para la zona, por ende, los agricultores recurren a variedades no registradas que provienen de la frontera de manera ilegal; además al usar genotipos que no están adaptados totalmente a la zona hace que su rendimiento baje parcialmente, lo que está incidiendo negativamente en el desarrollo del cultivo en la provincia de Loja ([Macará, 2019](#)).

Otro problema evidente es que los agricultores locales no cuentan con el asesoramiento respectivo durante el desarrollo del cultivo, y la adquisición de la semilla el país vecino no siempre es de buena calidad por lo que el resultado de la cosecha arroja granos que no cumplen los estándares de calidad del consumidor.

Actualmente, El Programa de Mejoramiento de arroz del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, se ha enfocado en la obtención de variedades precoces, sin sacrificar los mejores niveles de rendimiento que presentan variedades más tardías, y así liberar

nuevas variedades de arroz de alto rendimiento, resistentes o tolerantes a enfermedades y plagas, buena calidad molinera y culinaria ([INIAP, 2014](#)). Por ello, es preciso levantar información cualitativa y cuantitativa respecto a estas líneas que el INIAP tiene en estudio, y así Macará cuente con un proveedor de semillas de calidad y 100% nacional, beneficiando a la producción local; evitando así la siembra de materiales no registrados en el Ecuador.

Objetivo General

- Evaluar las características agronómicas, adaptación al campo, rendimiento y calidad industrial de diez líneas promisorias y cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo inundación, en el cantón Macará provincia de Loja.

Objetivos Específicos

- Evaluar comparativamente las características agronómicas, la adaptación al campo y rendimiento de diez líneas promisorias y cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo inundación en el cantón Macará.
- Evaluar la calidad industrial de diez líneas promisorias de arroz (*Oryza sativa* L.) en comparación a cuatro variedades comerciales, bajo inundación en el cantón Macará.

4. Marco Teórico

4.1 Origen

El género *Oryza*, al que pertenece el arroz cultivado, se originó hace al menos 130 millones de años y se dispersó como una hierba silvestre en lo que actualmente es Asia ([Abdulrahman y Ishaq, 2014](#)). Al sudeste de esta región existen condiciones favorables para este cultivo y se han encontrado grandes cantidades de especies silvestres del género *Oryza* ([Beltramo et al., 2010](#)).

4.2 Taxonomía

[Valladares \(2010\)](#) menciona que el arroz pertenece al núcleo familiar Poaceae, género *Oryza*, especie *Oryza sativa*. El género *Oryza* contiene aproximadamente 22 especies de las cuales 20 son especies silvestres y dos, *O. sativa* y *O. glaberrima*, son cultivadas ([Regulator, 2005](#)).

4.3 Morfología Vegetal

4.3.1 Órganos vegetativos

4.3.1.1 Raíz

La planta de arroz consta de dos clases de raíces: las seminales o temporales (primarias) y las adventicias o permanentes (secundarias). Las raíces seminales son reemplazadas por las raíces adventicias, vive un lapso corto de tiempo y además son poco ramificadas ([Beltramo et al., 2010](#)). Al comienzo del desarrollo las raíces son blancas, poco ramificadas y gruesas; a medida que la planta se va desarrollando, se adelgazan, se alargan y se vuelven flácidas, y se ramifican exuberantemente. Las raíces están protegidas en la punta por un conjunto de células, que facilita su infiltración en el suelo ([González et al., 1981](#)).

4.3.1.2 Tallo

El tallo del arroz consta de una alternación de nudos y entrenudos. En cada nudo se forman una hoja y una yema; la yema puede dar lugar a un hijo o macollo. De la yema que nace la hoja principal, entre el nudo y la base de la vaina de la hoja mencionada, se forma el macollo propio de la especie *Oryza sativa* ([Beltramo et al., 2010](#)). Los entrenudos que se encuentran en la base del tallo, son cortos y se van lignificando, hasta conformar una región sólida ([González et al., 1981](#)).

4.3.1.3 Hoja

Las hojas se encuentran dispuestas en forma alterna a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal toma el nombre prófilo, están constituido por dos brácteas

aquilladas y carece de lámina. Los bordes del prófalo aseguran por el reverso los macollos jóvenes al original. En cada nudo se desarrolla una hoja, la hoja que se encuentra debajo de la panícula es denominada hoja bandera ([González et al., 1981](#)). Según [Smith y Dilday \(2003\)](#), las hojas apoyan a la planta durante la fase vegetativa de crecimiento y actúa como sitio de almacenamiento de almidón y azúcares antes de descabezar. En una hoja completa se distinguen tres partes principales: la vaina, el cuello y la lámina. La **vaina**, sale de un nudo y envuelve el entrenudo superior llegando casi hasta el nudo siguiente. El **cuello** es la unión de la vaina y la lámina; en él se encuentran la lígula que se sitúa en el interior del cuello la cual es una estructura triangular membranosa; y las aurículas que son dos apéndices del cuello que tienen forma de hoz y abrazan el tallo. La **lámina** de la hoja es de tipo lineal, de punta aguda, larga y más o menos angosta, según las variedades. En el haz, sobresalen las venas paralelas que conforman el sistema vascular. A lo largo del envés, corre por el centro una nervadura prominente ([Beltramo et al., 2010](#)).

4.3.2 Órganos reproductores

4.3.2.1 Panícula

La flor de la planta de arroz es una inflorescencia compuesta denominada panícula. En la panícula se consideran el raquis o eje principal, las ramificaciones primaria y secundaria del raquis, las espiguillas, las flores y las semillas, se encuentra encima del nudo apical del tallo, llamado nudo ciliar o base de la panícula, y generalmente toma la forma de un arco ciliado. La base de la panícula se denomina cuello ([González et al., 1981](#)). En el nudo ciliar puede originarse la primera ramificación de la panícula. El entrenudo superior del tallo, en cuyo extremo se encuentra la panícula, se denomina pedúnculo. Según el ángulo que formen sus ramificaciones al salir del eje de la panícula, pueden clasificarse también como abiertas, cerradas o intermedias ([Beltramo et al., 2010](#)).

4.3.2.2 Raquis

El raquis o eje principal de la panícula es hueco y tiene nudos. Las protuberancias en la base del raquis se denominan pulvínulos paniculares. En cada nudo del raquis nacen, ramificaciones que, a su vez, dan origen a ramificaciones secundarias, de las cuales brotan las espiguillas, pueden nacer individualmente o por parejas ([González et al., 1981](#)).

4.3.2.3 Espiguilla

La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Una espiguilla consta de dos lemmas estériles, la raquilla y la florecilla. En la

espiquilla se encuentran además dos brácteas superiores. La **lemma**, la cual tiene forma de bote y presenta cinco nervaduras; y la **pálea**, la cual tiene tres nervaduras y se encuentra opuesta a la lemma ([Beltramo et al., 2010](#)).

4.3.2.4 Flor

Según [Smith y Dilday \(2003\)](#), la flor tiene un par de glumas rudimentarias y una lemma y palea que encierran los órganos florales. El arroz tiene una flor perfecta compuesta por seis estambres (antera y filamento) y un pistilo (dos estigmas, dos estilos y un ovario). También contiene dos lodículas en la base del pistilo (no visibles en la figura). Las lodículas proporcionan el mecanismo para la apertura floral al hincharse con la hidratación y causar la separación de la lemma y la palea.

4.3.2.5 Semilla

El grano o semilla de arroz se compone de una cáscara y cariósipide. La cariósipide sin pulir se conoce como arroz integral. La cáscara se compone de lemas estériles, raquilla, palea y lemas. La lemma cubre dos tercios de la semilla, con los bordes de la pálea encajando dentro de modo que los dos se cierran herméticamente alrededor de la semilla. La cariósipide contiene el embrión y el endospermo amiláceo, rodeado por la cubierta de la semilla (tegmen) y el pericarpio ([Smith y Dilday, 2003](#)).

4.4 Características Edafoclimáticas

4.4.1 Clima y Temperatura

Según [Tinoco y Acuña \(2009\)](#) el arroz necesita para germinar un mínimo de 10 y un máximo 45 °C, considerándose su óptimo entre 20 y 35 °C. El inicio del macollamiento tiene un mínimo exigible 9 -16 con un máximo de 33 °C. El mínimo de temperatura para florecer se considera de 22 °C con un máximo de 35 °C, el óptimo de 30 – 33 °C. ([Alvarado et al., 2017](#)) menciona que la temperatura nocturna alta (>30 °C) reduce el rendimiento del cultivo; provoca un aumento en la tasa respiratoria, posteriormente, reduce la tasa de fotosíntesis, la cantidad de materia seca (MS) y el área foliar. Otra variación de temperatura que afecta negativamente al cultivo del arroz es la alta temperatura diurna (>40 °C), ya que esto genera un aumento en la tasa respiratoria, y por lo tanto, una reducción en la tasa de fotosíntesis por limitaciones estomáticas ([Sánchez et al., 2014](#)).

4.4.2 Humedad Relativa y Radiación Solar

[Tinoco y Acuña \(2009\)](#) mencionan que, son adecuadas humedades relativas superiores a 80% y en las zonas templadas la producción de grano está determinada por la radiación solar y

la recomendada es de 250 a 350 cal/cm²/día. Hay que tener en cuenta que las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo se definen de acuerdo al estado de crecimiento de la planta.

4.4.3 Suelo

El cultivo de arroz tiene una amplia gama de suelos, que van desde la arenosa a la arcillosa. Se cultiva en suelos de textura fina y media. Aunque los suelos de textura fina se caracterizan por la dificultad de las labores, también se debe tener en cuenta que poseen mayor contenido de materia orgánica y suministrar más nutrientes ([Tinoco y Acuña, 2009](#)).

4.4.4 pH

Poca semana después de la inundación, los suelos tienden a cambiar el pH a neutro. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, por el contrario, los suelos alcalinos disminuyen el pH. Las diferentes guías y manuales aconsejan un pH óptimo para el cultivo de arroz de 6.6, con este valor hay mayor liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, de igual manera las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel crítico de toxicidad ([Tinoco y Acuña, 2009](#)).

4.5 Ecofisiología

4.5.1 Fase vegetativa

La germinación y el desarrollo de la plántula comienza cuando la dormancia de las semillas se rompe, debido a una adecuada cantidad de agua y a temperaturas entre 20-40 °C, con una óptima 30-35 °C. Dependiendo de las condiciones ambientales el periodo de siembra a emergencia dura entre 5 a 30 días. Los factores que promueven el desarrollo del macollamiento son: el genotipo, la lámina de agua (menores a 10 cm), fertilidad del suelo, fertilización, adecuado stand de plantas, condiciones sanitarias (incluyendo competencia de malezas) ([Olmos, 2006](#)).

4.5.2 Fase Reproductiva

[Moldenhauer y Slaton \(2001\)](#) mencionan que la fase reproductiva suele durar aproximadamente 30 días en la mayoría de los cultivares. El comienzo de la fase a veces se denomina elongación del entrenudo o etapa de unión y varía ligeramente según el cultivar y las condiciones climáticas. La fase reproductiva ha sido estudiada exhaustivamente porque cualquiera puede reconocer el evento notable en esta fase que es la floración. Esta fase marca un cambio de identidad del meristemo de inflorescencia a meristemo floral. Además, la

formación de flores es un proceso complicado porque el 1 meristemo floral cambia las identidades de los órganos laterales secuencialmente: el sépalo, el pétalo, el estambre y el carpelo (pistilo) ([Jun-Ichi Itoh y Yamagish, 2005](#)).

En la mañana y mediodía cuando hay mayor temperatura ocurre la antesis fertilización de las flores se completa dentro de las 6 horas. Para que todas las espiguillas de una misma panoja completen la antesis se requiere entre 7 y 10 días, siendo las espiguillas superiores las primeras en florecer.

El periodo crítico de sensibilidad a las bajas temperaturas ocurre durante la formación de los granos de polen (meiosis), se presenta entre 8 y 10 días antes de la floración. Temperaturas por debajo de 12°C pueden provocar vaneos. En el periodo de llenado de granos es muy importante la intensidad de la luz porque cerca del 60% de los carbohidratos trasladados desde las hojas al grano se fotosintetizan durante esta etapa ([Olmos, 2006](#)).

4.6 Etapas de crecimiento de la planta de arroz

La germinación va desde la siembra hasta la emergencia del coleóptilo de la semilla. La fase de plántula comprende desde la emergencia del coleóptilo hasta la aparición de la quinta hoja (contando como primera hoja la primera hoja sin lámina). El Macollaje va desde la aparición del primer macollo hasta la iniciación de la panoja. Elongación y engrosamiento de la vaina se lleva a cabo desde la iniciación de la panoja hasta su completo desarrollo dentro de la vaina de la hoja bandera. La espigazón comprende desde la aparición de la punta de la panoja fuera de la vaina de la hoja bandera hasta más de 90% de emergencia de la panoja. La fase de floración va desde la primera floración hasta que se completa la floración de la panoja. En el grano se presentan tres estados. Estado lechoso cuando la carióspside se encuentra desde estado acuoso a lechoso. Estado pastoso, la carióspside va desde estado de masa blanda a dura. Finalmente la fase de maduración que se da cuando hay una maduración de más del 80% de las espiguillas en la panoja; la carióspside está completamente desarrollada en tamaño, duro y sin tonalidades verdosas ([Chaudhary et al., 2003](#)).

4.7 Producción de arroz en el Ecuador

Según ([Carena, 2009](#)) el arroz es el cultivo alimentario más importante del mundo con una producción total de alrededor de 600 millones de toneladas y ocupa el 11% de la tierra cultivable total del mundo. En Ecuador la producción de arroz se realiza durante todo el año en forma escalonada y en ciertas zonas, se siembra hasta tres ciclos en el año; en el 2020 la superficie

sembrada a nivel nacional fue de 315.023 hectáreas. La producción se concentra en la provincia del Guayas con el 65,84% ([INEC, 2021](#)).

4.8 Fitomejoramiento de arroz

Según [Sollenberger y Silva \(1998\)](#) el desarrollo de variedades más productivas para utilizarlas a nivel de finca es el objetivo primordial de los fitomejoradores y lo que justifica su labor ante la sociedad. El mejoramiento de arroz requiere años de trabajo constante, duro y sucio con muchos fracasos y escasos éxitos. El principal factor individual que facilita el mejoramiento del arroz es la extraordinaria diversidad varietal que se encuentra en *Oryza sativa* y sus especies cercanas. [Sollenberger y Silva \(1998\)](#) también mencionan que mientras más amplia es la diversidad de especies y sus parientes silvestres, es mayor la posibilidad de encontrar plantas con potencial genético que permita mejorar las características de alto rendimiento, valor nutritivo, palatabilidad, calidad, resistencia a plagas, enfermedades, sequías y otros factores adversos. Todas las especies silvestres afines del género *Oryza*, junto con el arroz maleza y diferentes variedades de arroz, sirven como un acervo genético extremadamente valioso que se puede utilizar para ampliar los antecedentes genéticos del arroz cultivado en los programas de mejoramiento ([Lu, 2018](#)).

Actualmente, el Programa de Arroz del El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias ([INIAP](#)) es la entidad encargada de hacer cruzamientos por los distintos sistemas que existen, para obtener nuevas líneas que tengan características deseables, para posteriormente ser liberadas como nuevas variedades que cumplan con los requerimientos del agricultor y del consumidor. Según [Carena \(2009\)](#), de los métodos de mejoramiento comúnmente utilizados para desarrollar variedades de arroz en todo el mundo, la selección de pedigrí siempre está en la parte superior. Este método de selección es el que actualmente se usa en los cruzamientos que realiza el INIAP.

4.9 Variedades de arroz

Desde el principio de la civilización, se han seleccionado miles de cultivares de arroz para aumentar su rendimiento. La manipulación de los recursos genéticos ha contribuido en gran medida a satisfacer la creciente demanda de alimentos para una población mundial cada vez mayor. El área de cultivo de arroz es la misma, pero la población se ha multiplicado. Las opciones disponibles son mejorar el rendimiento del arroz por unidad de área y el desarrollo de cultivares de arroz con alta capacidad de rendimiento que pueden aumentar la producción ([Hussain et al., 2014](#)). Producir variedades que tengan resistencia contra el estrés biótico y

abiótico mediante el uso de biotecnología convencional y moderna puede aumentar los rendimientos de arroz para cumplir con los requisitos mundiales ([Khush, 2005](#)).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias ([INIAP](#)), es la institución encargada de desarrollar variedades de arroz que suplan con los requerimientos necesarios, pudiendo ser más productivas y resistentes a plagas y enfermedades. Entre los tipos de arroz para el consumo se presentan: arroz pilado envejecido artificial, arroz pilado envejecido natural, arroz pilado natural grano corto, arroz pilado natural grano largo y arroz pilado precocido ([Jima, 2017](#)).

4.10 Variedades comerciales liberadas por INIAP

4.10.1 INIAP FL – ELITE

INIAP FL ELITE proviene del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego-Flar. Ingresó como línea homocigota en el año 2015 con el pedigrí FL 13848-3P-3SR-3P-M-MP en un grupo de 72 líneas, fue registrada en el Programa de Arroz con el código Go-03742. Entre el 2016 y 2019 se evaluó en ensayos de rendimiento, destacándose por su potencial de producción y tolerancia a insectos plaga y enfermedades. A nivel de campo INIAP FL-ÉLITE presenta un potencial de producción de 10t/ha, presenta ciclo vegetativo entre 125 a 140días, según la época y zona de cultivo. En condiciones de campo presenta resistencia a las principales enfermedades que afectan al cultivo de arroz, posee grano extra largo de 7.6 mm descascarado, es cristalino, buena calidad molinera y sabor culinario y su semilla presenta una latencia de 4 semanas ([Celi et al., 2020b](#))

4.10.2 INIAP IMPACTO

La nueva variedad proviene del cruce realizado en el año 2011 en la estación Experimental Litoral Sur, entre una línea de origen CIAT utilizada como parental masculino. Entre los años 2012 y 2015, en la EELS (Estación Experimental Litoral Sur) este material fue evaluado como segregante y desde el 2016 al 2019 se observaron sus características junto a un grupo de líneas de ensayo de rendimientos. Este cultivar se destacó por sus atributos superiores en cuanto a calidad y productividad. A nivel de campo con el manejo de cultivo recomendado la nueva variedad presenta potencial de producción de hasta 10t/ha; presenta un ciclo vegetativo entre 121 a 136 días, según la época y zona de cultivo. En condiciones de campo presenta resistencia o tolerancia a las principales enfermedades que afectan al cultivo; presenta resistencia al acame; posee grano largo y cristalino, de buena calidad molinera y culinaria. Su latencia es de 4 a 6 semanas ([Celi et al., 2020a](#))

4.11 Calidad del arroz

Después del rendimiento, uno de los rasgos más importantes que juega un papel directo en la comercialización y el comercio es la calidad del grano, lo que significa que tiene diferentes definiciones según los gustos de los consumidores ([Fitzgerald, 2017](#)). La calidad está relacionada con las propiedades físico-químicas del grano tales como tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización, contenido de amilosa, etc., tenemos también otros factores que se refieren a la cosecha y su manejo, incluyendo labores de recolección, secado, transporte, procesamiento y almacenamiento ([Martínez y Federico, 1989](#)). Según [Khush \(2000\)](#) algunas de las características de calidad deseadas por el agricultor, el molinero y el consumidor pueden ser las mismas, cada uno puede hacer énfasis en diferentes características de calidad. Por ejemplo, la base de calidad del molinero depende de la recuperación total y de la proporción de arroz partido en la en el proceso de molienda. Los consumidores en cambio se basan en la apariencia del grano, el tamaño y la forma del grano, el comportamiento al cocinarlo, el gusto, la ternura y el sabor del arroz cocido.

4.11.1 Calidad Molinera

La calidad industrial es una característica muy importante para la industria y los agricultores, pues determina el rendimiento final y el valor del producto elaborado. Las variedades de arroz destinadas al uso agroindustrial deben ser de alta calidad molinera, es decir, que garanticen la obtención del mayor porcentaje de granos enteros. Durante el procesamiento del arroz, el descascarado y el pulimento son las etapas más importantes en la valoración de su calidad, ya que es donde los granos son sometidos a fuerzas de gran magnitud, que provocan la ruptura de aquellos estructuralmente más débiles. De igual forma, durante el proceso de pulido, se elimina la capa de aleurona de los granos de arroz, la cual, contiene proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, que pueden incrementar la susceptibilidad al ataque de insectos, toda vez que ofrece nutrientes para el desarrollo de estas plagas. Por eso las variedades de mayor calidad serán aquellas de granos fuertes, con índice de blancura entre 38 – 40°Kett (bajo contenido de aleurona) y rendimiento en molino superior a 47% ([Rangel et al., 2018](#)).

5. Metodología

5.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en la zona arrocerá del cantón Macará, en los terrenos del “Colegio de Bachillerato Macará”, cantón que cuenta con coordenadas geográficas de 4°22'54.5" S y 79°56.622' O. El terreno donde se ubica el diseño experimental está a una altitud de 461 m.s.n.m. donde la temperatura media anual promedio es de 24.6 °C y la precipitación de 557 mm ([GAD, 2019](#)).

5.2 Establecimiento del cultivo

Para el establecimiento del ensayo se utilizaron parcelas experimentales para cada tratamiento las cuales fueron de 5 m de largo por 1.8 de ancho (seis surcos de 5 m de largo). El método de siembra fue por trasplante a distanciamientos de 30 cm entre surcos y 20 cm entre plantas. La separación entre repeticiones fue de 1 m. Como material genético de siembra se utilizó 10 líneas promisoras (GO-04429, 04439, 04185, 04200, 04242, 04209, 04370, 04419, 04461, 04469) provenientes de cruzamientos realizados en el Programa de Arroz del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias ([INIAP](#)); también se utilizará 4 variedades comerciales (IBAGUE, INIAP IMPACTO, INIAP ÉLITE, CIAT), teniendo en total 14 tratamientos.

Durante el desarrollo del ensayo, se realizaron todas las labores y prácticas preculturales que requiere el cultivo. En cuanto a las condiciones de riego, a partir de los 14 días se mantuvo el campo con una lámina de agua hasta 15 días antes de la cosecha, además se drenó el suelo para la aplicación del fertilizante nitrogenado. Para el control de malezas después de la siembra se aplicó el herbicida pre – emergente “pendimethalin (prowl)” en dosis de 2.7 ml/parcela(9m²). Posteriormente, se aplicó también la mezcla de los herbicidas “nominee SC” en dosis de 0.36 ml/parcela(9m²), + “Basagran” en dosis de 1.08 ml/parcela(9m²) para el control de malezas gramíneas y hoja ancha. Cuando el cultivo tuvo 18 días de edad se encontró la presencia de *Hydrellia* y *Spodoptera furgiperda* y se aplicó el insecticida “lannate” en dosis de 250 g/ha para su respectivo control. Posteriormente, en la etapa reproductiva se aplicó el insecticida Endosulfan en dosis de 0.8 l/ha para el control de *Rupella albinella*. La cosecha se realizó en forma manual, cuando los granos lograron la madurez fisiológica en cada subparcela experimental. La fertilización se realizó en base a un Análisis de Suelo en el cual se recomendó trabajar con una dosis de 140 kg por ha. Esta aplicación se la realizó en 3 momentos, con un 30%, 40% y 30% respectivamente. La primera aplicación se la realizó a los 15 dds (días después

de la siembra) a razón de 82.5 g por parcela, la segunda aplicación se la realizó al inicio del macollamiento a los 45 dds con una dosis de 110 g por parcela y la última aplicación se la realizó a los 75 dds al inicio del primordio.

5.3 Análisis Estadístico

A los resultados se les aplicó un Análisis de varianza (ANOVA) entre los tratamientos con un nivel de significancia de 0,05 con una validación de los supuestos de normalidad. De la misma manera se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey con una significancia de 0,05; para el análisis de la información se utilizó el software Infostat (2020).

5.4 Metodología para el primer objetivo “Evaluar comparativamente el rendimiento y sus componentes de diez líneas promisorias y tres variedades comerciales de arroz bajo condiciones agroclimáticas de Macará”

5.4.1 Número de macollos y panículas a la cosecha

Al final de la cosecha, en cada parcela experimental se lanzó un cuadro con área de 1m², procediéndose a contar los macollos y panículas que se encuentren dentro de esa superficie, esta operación se repitió en cada tratamiento por cada repetición; la evaluación se realizará una sola vez al momento de la cosecha.

5.4.2 Altura de Planta

Es la distancia comprendida desde el nivel del suelo al ápice de la panícula más sobresaliente, excluyendo la arista, se tomarán 5 lecturas al azar por cada parcela experimental, una sola vez al momento de la cosecha, expresándose en centímetros.

5.4.4 Longitud de la panícula, granos por panícula y vaneamiento de panículas

Para cuantificar la longitud de la panícula se tomaron al azar cinco panículas dentro de cada parcela experimental y se midió la longitud desde el nudo ciliar hasta el grano apical, excluyéndose las aristas, luego se promediará; la medición se realizará una sola vez al momento de la cosecha y se expresará en cm. Para contabilizar los granos por panícula se contarán los granos de cada una de las 5 panículas seleccionadas, luego se promediaron; este proceso se realizará una sola vez al momento de la cosecha. De igual manera para contabilizar el vaneamiento de las panículas se contabilizó el número de granos fértiles y estériles (vanos) de cada una de las 5 panículas cosechadas. El número de granos estériles se dividirá para el total de granos llenos y vanos, expresándose en porcentaje.

5.4.5 Peso de 1000 Granos

Una vez realizada la cosecha se tomaron 1000 granos libres de daños de insectos y enfermedades por parcela experimental, procediéndose a pesar en una balanza de precisión, su peso se expresará en gramos.

5.4.6 Rendimiento de grano

El rendimiento del grano está determinado por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, el peso se ajustará al 14% de humedad y se transformará a kilogramos por hectárea. Para uniformizar los pesos se empleará la siguiente fórmula:

$$PU = \frac{Pa(100-ha)}{(100-hd)} \times \frac{10}{\text{área cosechada}}$$

Donde: Pu = Peso uniformizado, Pa = Peso actual, ha = Humedad actual y hd = Humedad deseada.

5.4.7 Días a la madurez fisiológica

Es el tiempo comprendido desde la fecha de la siembra hasta que la planta logre la madurez fisiológica en cada subparcela experimental. Para calcular este tiempo se realizará un monitoreo constante desde que el cultivo presente un 50% de las panículas completamente fuera de la hoja envainadora hasta que se note una total madurez fisiológica de la gramínea.

5.5 Metodología para el segundo objetivo “Evaluar la calidad industrial de diez líneas promisorias de arroz”

Para evaluar la calidad industrial de cada una de las líneas promisorias se evaluarán las siguientes variables:

5.5.1 Opacidad del endospermo

Se evaluó una muestra representativa (20 granos de arroz) para determinar el grado de opacidad o presencia de: (a) panza blanca, (b) centro blanco, y (c) dorso blanco. La evaluación se realizará cuando el grano esté maduro. De acuerdo con el porcentaje de opacidad del área del grano: 0-Ninguna, 1-pequeña (menos del 10% del grano), -mediana (11 a 20% del grano), 9-grande (más del 20% del grano)

5.5.2 Longitud y ancho del grano descascarado

Se midió la longitud en milímetro (mm), después de descascarar y antes de molinar. Esta evaluación se realizará luego de la cosecha cuando el grano este maduro. Aplicación de la escala: 1-Extralargo (mayor de 7.50 mm), 3-Largo (6.61 a 7.50 mm), 5-Medio (5.51 a 6.60 mm) y 7-Corto (5.50 mm o menos). La forma del grano se puede estimar mediante la relación

largo/ancho. La muestra debe ser representativa y no incluir granos partidos. Se midió luego de cosechar, limpiar y descascarar. Aplicación de la escala: 1 – Alargada (relación largo/ancho mayor de 3.0), 5 – Media (relación 2.1 a 3.0) y 9 – Oblonga (relación menor de 2.0)

6. Resultados

6.1 Resultados del primer objetivo “Evaluar comparativamente las características agronómicas, la adaptación al campo y rendimiento de diez líneas promisorias y cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo inundación en el cantón Macará”.

6.1.1 Número de macollos y panículas a la cosecha

En la figura 1, se presentan los números de macollos y panículas a la cosecha de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales, en la cual se puede observar que, si presenta diferencias significativas, dándonos el mayor número la línea GO – 04209 con un promedio de 27,7; mientras que el menor número de macollos y panículas a la cosecha lo presentó la variedad IBAGUE con un promedio de 19,73.

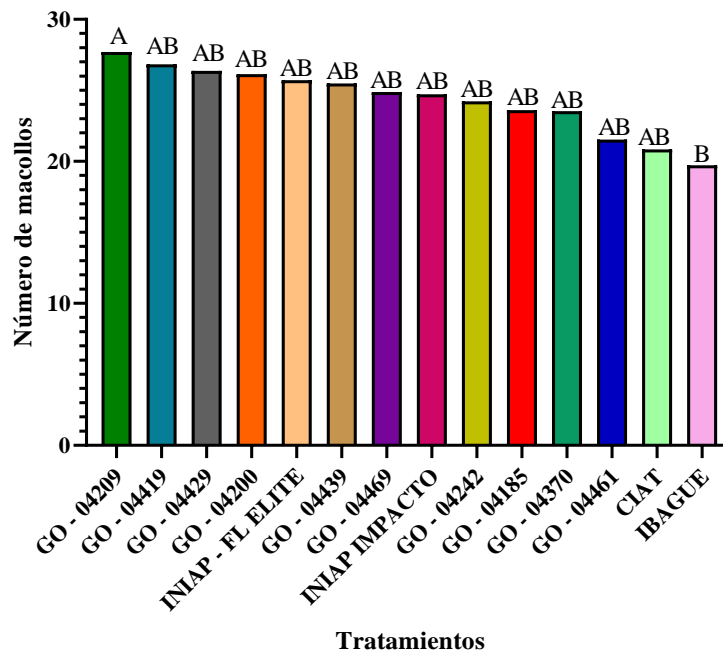


Figura. 1. Número de macollos y panículas a la cosecha de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz.

6.1.2 Altura de la planta

La altura de la planta de las 10 líneas y 4 variedades comerciales se la puede apreciar en la figura 2, donde sí presenta diferencias significativas, presentando la mayor altura la línea GO – 04370 con un promedio de 109,67 cm, mientras que la menor altura la presentó la línea GO - 04439 con un promedio de 83,13 cm.

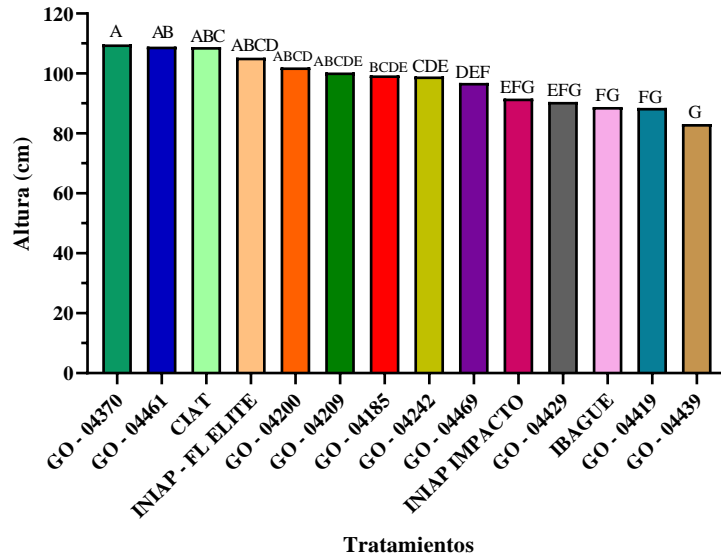


Figura. 2. Altura de la planta de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresada en centímetros (cm).

6.1.3 Longitud de la panícula, granos por panícula y porcentaje de vaneamiento

6.1.3.1 Longitud de la panícula

En la figura 3, se presenta la longitud de la panícula de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales, se puede observar que si presenta diferencias significativas según el análisis estático; la variedad CIAT tiene la mayor longitud con un promedio de 27,69 cm, mientras que la menor longitud la presentó la línea GO - 04419 con un promedio de 21,29 cm.

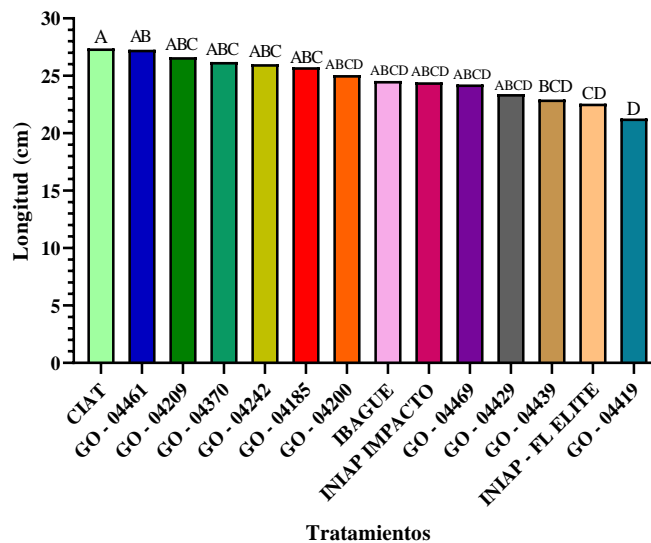


Figura. 3. Longitud de la panícula de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresada en centímetros (cm).

6.1.3.2 Granos por panícula

Los granos por panícula de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales se pueden evidenciar en la figura 4, en donde no presenta diferencias significativas, sin embargo, el mayor número de granos lo presentó la línea GO-04370 con un promedio de 158,6; mientras que la menor cantidad lo presentó la línea GO-04469 con un promedio de 109,8.

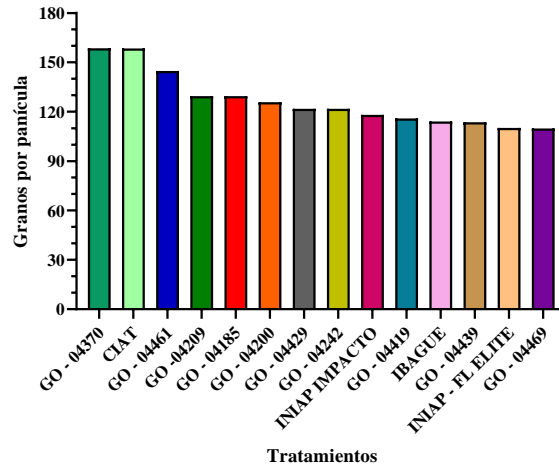


Figura. 4. Granos por panícula de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresada en centímetros (cm).

6.1.3.3 Porcentaje (%) de vaneamiento

En la figura 5, podemos observar el porcentaje (%) de vaneamiento de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales, según el análisis estadístico si presenta diferencias significativas, dando el mayor porcentaje la variedad CIAT con un promedio de 33,15% y el menor porcentaje lo presentó la línea GO - 04419 con un promedio de 7,49%.

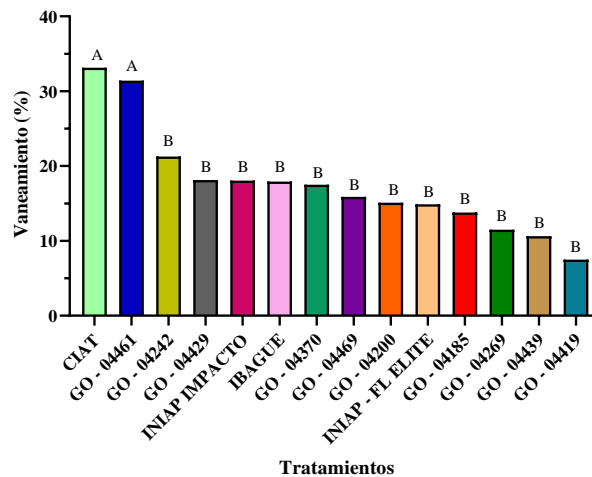


Figura. 5. Porcentaje (%) de vaneamiento de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresada en centímetros (cm).

6.1.4 Peso de mil granos y rendimiento en grano

6.1.4.1 Peso de mil granos

Respecto al peso de mil granos de las 10 líneas y 4 variedades comerciales, observamos que no presenta diferencias significativas según el análisis estadístico, sin embargo, en la figura 6 el mayor peso es para la variedad IBAGUE con un promedio de 32,67g, mientras que el menor peso lo tuvo la línea GO - 04200 con un promedio de 25,33g.

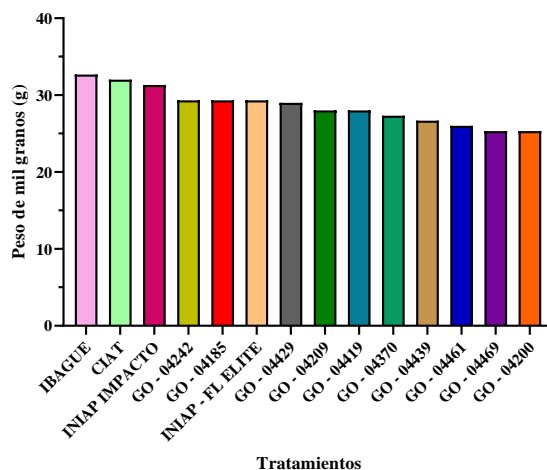


Figura. 6. Peso de mil granos de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresada en centímetros (cm), expresado en gramos (g).

6.1.4.2 Rendimiento en grano

En la figura 7, se puede observar el rendimiento de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales, en la cual según el análisis estadístico si presenta diferencias significativas, dando el mayor rendimiento la línea GO - 04185 con un promedio de 9648 kg/ha, mientras que el menor rendimiento lo presentó la línea GO - 04439 con un promedio de 5772,33 kg/ha.

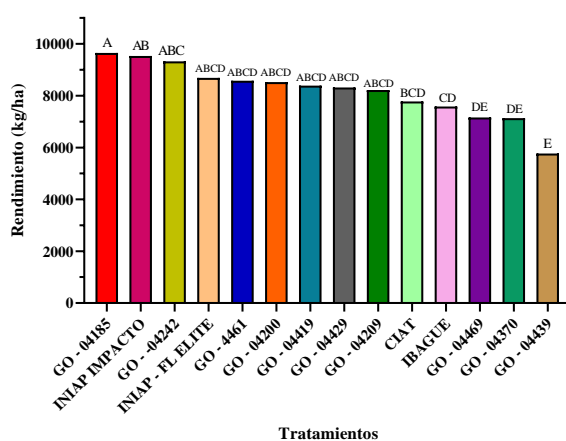


Figura. 7. Rendimiento de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresado en kg/ha.

6.1.5 Días a la madures fisiológica

Los días a la madurez fisiológica de cada una de las 10 líneas promisoras y de las 4 variedades comerciales se las muestra en la figura 8; según el análisis de Tukey si tiene diferencias significativas, presentando la madurez más tardía la línea GO - 04200 con un promedio de 120,33 días, mientras que la madurez más temprana la presentaron las líneas GO – 04419, GO – 04429, GO – 04439, junto a la variedad IBAGUE con un promedio de 100 días cada una.

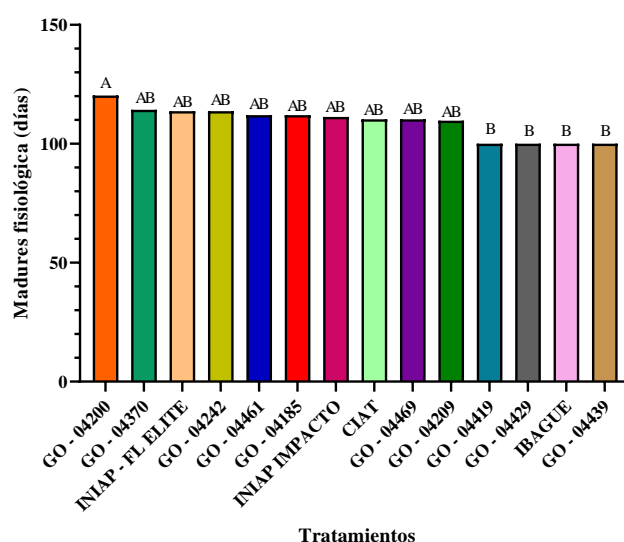


Figura. 8. Madurez fisiológica de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresado en días.

6.2 Resultados del segundo objetivo “Evaluar la calidad industrial de diez líneas promisorias de arroz (*Oryza sativa* L.) en comparación a cuatro variedades comerciales, bajo inundación en el cantón Macará”.

6.2.1 Opacidad del endospermo

En la figura 9, se observa la opacidad del endospermo o centro blanco de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales, la cual según el análisis estadístico si presenta diferencias significativas. La línea con el mayor porcentaje de centro blanco es la GO-04461 con un promedio de 11,67 %; mientras que la línea GO-04419 presentó el menor porcentaje de centro blanco con un promedio de 1,33%.

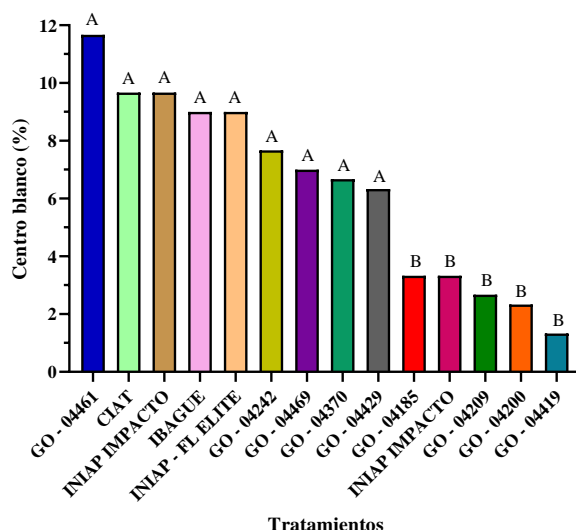


Figura. 9. Porcentaje (%) de centro blanco de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresado en kg/ha.

6.2.2 Longitud y ancho del grano descascarado

6.2.2.1 Longitud del grano descascarado

La longitud del grano descascarado de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales se observa en la figura 10; según el análisis estadístico si presenta diferencias significativas, expresando la mayor longitud la línea GO – 04185 y la variedad INIAP IMPACTO con un promedio de 8,68 mm y 8,67 mm respectivamente; mientras que la línea GO – 04209 presento la menor longitud con un promedio de 7,29 mm.

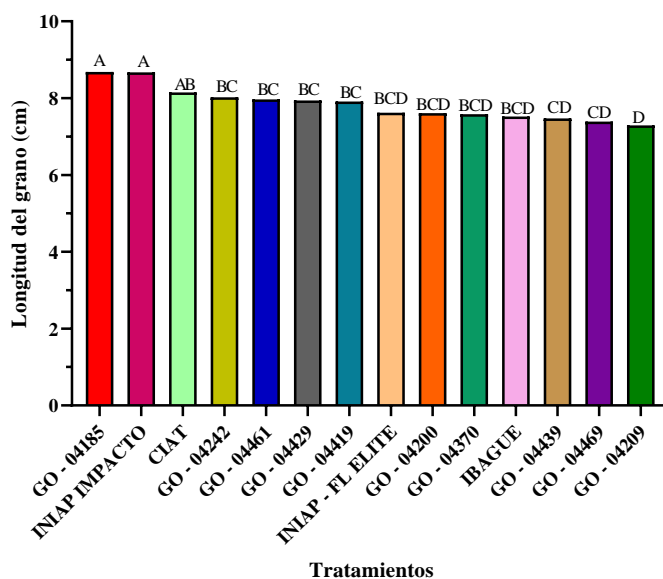


Figura. 10. Longitud del grano descascarado de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresado en milímetros (mm).

6.2.2.2 Ancho del grano descascarado

En la figura 11, se puede evidenciar el ancho del grano descascarado de cada una de las 10 líneas y 4 variedades comerciales, en la cual según el análisis estadístico si presenta diferencias significativas, expresando el mayor ancho de grano la variedad IBAGUE con un promedio de 2,38 mm; mientras que las líneas GO – 04419 y GO - 04200 presentaron el menor ancho con un promedio de 1,94 mm.

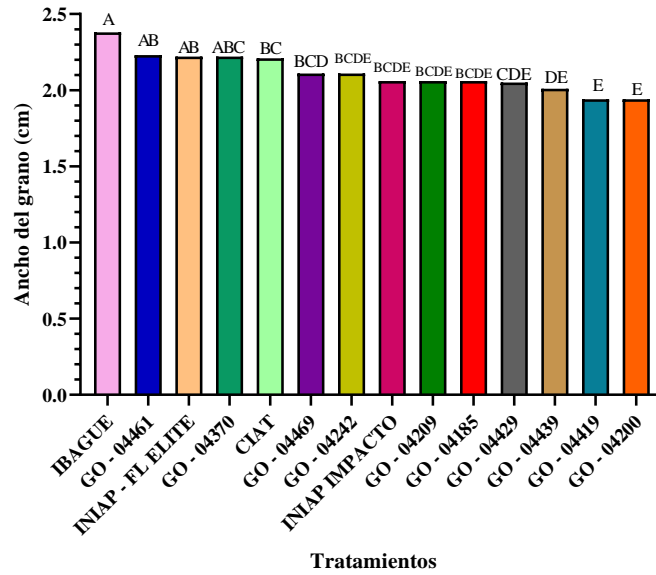


Figura. 11. Ancho (mm) del grano descascarado de las 10 líneas y 4 variedades comerciales de arroz, expresado en milímetros (mm).

7. Discusión

En general se prefieren las variedades con mayor capacidad de macollamiento, por lo que estas son más compactas y tienden a producir más grano que las que macollan poco ([SAC, 2003](#)), en el presente estudio se registró una alta significancia presentando el mayor número de macollos la línea GO-04209 con un promedio de 27,7. Las variedades con alturas intermedias entre 90-120 cm, son más resistentes al acame o al vuelco por efecto de la lluvia o el viento en la época de cosecha ([Ruiz et al., 2014](#)), la línea que presentó una mayor altura de la planta fue la GO-04370 con 109,7 cm. La variedad CIAT fue la que expresó una mayor longitud de panícula con 27,39 cm resultados que fueron superior estadísticamente a todos los tratamientos evaluados, según [Francisco et al. \(2008\)](#) la variación genética en la longitud de la panícula se debe principalmente a efectos aditivos y dominantes, donde el componente dominante desempeña papel determinante. Estas variables evaluadas se relaciona con lo descrito por [Velázquez \(2015\)](#) quien menciona que la temperatura promedio diaria determina el ritmo de crecimiento y modifica también el ciclo de cada variedad, debido a que cada etapa fenológica necesita la acumulación de una determinada cantidad de unidades térmicas, por ello se aprecia que cada variedad tiene una respuesta distinta a las condiciones climáticas de Macará.

Con respecto a granos por panícula encontramos que la línea GO-04370 junto con la variedad CIAT fueron las que más granos por panícula alcanzaron con 158,6 y 158,4 respectivamente. En cuanto al peso de 1000 granos tenemos que las variedades IBAGUE e INIAP IMPACTO son las que más peso tiene con 32.67 y 31.33g respectivamente, esto se ve reflejado en el rendimiento. La línea GO-04185 con 9648 kg/ha y la variedad INIAP IMPACTO con 9534,67 kg/ha son las que alcanzaron un potencial más alto de producción, cerca de los 10 000 kg/ha, característica principal del material liberado por INIAP ([Celi et al., 2020a](#)) quien menciona que sus materiales liberados pueden alcanzar un rendimiento mayor a 10000 kg/ha, además ambos lograron una longitud de grano de 8,6 mm catalogándose así como grano extra largo según ([Martínez y Federico, 1989](#)), afirmando que son de buena calidad industrial y competitivo con los arroces de importación y preferidos por el consumidor. Es importante precisar, que en la zona se utilizan dos sistemas de producción, uno basado en el suministro de riego y el otro sujeto al abastecimiento por efecto de la precipitación pluvial, dando el mayor rendimiento el primero.

Con respecto al porcentaje de vaneamiento, está limitado por la temperatura del aire que afecta el rendimiento incidiendo sobre el porcentaje de espiguillas no fertilizadas y el porcentaje

de granos que maduran ([R.C. Chaudhary et al., 2003](#)). Las variedades con mayor porcentaje de vaneamiento fueron la variedad CIAT y la línea GO-04461, a pesar de que estas variedades morfológicamente se expresan mejor no tienen rendimientos competitivos frente a las demás variedades, precisamente porque presentan un elevado porcentaje de vaneamiento. Las temperaturas críticas para la planta de arroz están, generalmente, por debajo de 20 °C y por encima de 30 °C, y varían según el estado de desarrollo de la planta. Varían también según la variedad de arroz, la duración del efecto de esa temperatura, el cambio de condiciones diurnas a nocturnas, y el estado fisiológico de la planta ([Vargas, 2010](#)), con estas condiciones se observa un alto porcentaje de vaneamiento y de granos parcialmente llenos. En Macará existen dos estaciones anuales, invierno (época de lluvias) y verano; en épocas de fenómeno del niño la lluvia excesiva produce inundaciones incontrolables provocando daños especialmente en los arrozales que se encuentran cerca a la orilla de los ríos ([Macará, 2019](#)). Según [Bolívar \(1991\)](#) existen diferencias entre las épocas de riego, y seco; a mayor riego, el porcentaje de vaneamiento es mucho menor que cuando se cultiva el arroz en seco, ya que se evita estas inundaciones de los cultivos y que la lluvia al caer arrase con los granos de las panículas. El presente estudio se lo realizó a entre el mes de noviembre y marzo, es decir finalizando el verano y entrando a la época de invierno; pudiendo constatar el efecto de las lluvias sobre los cultivos de arroz.

El centro blanco o panza blanca es una característica que afecta negativamente la calidad del grano, la aceptación del arroz por los consumidores ([Fitzgerald et al., 2009](#)), el rendimiento industrial, el porcentaje de grano entero y la palatabilidad del grano cocido ([Zhou et al., 2015](#)). Como resultado del ensayo, tenemos que la línea GO-04419 es la que menos porcentaje de centro blanco tuvo a pesar de no presentar un rendimiento competitivo, mientras que las que presentaron mayor rendimiento GO-04185 e INIAP IMPACTO no presentan un porcentaje muy elevado de centro blanco. Altas temperaturas durante la madurez del grano reducen el porcentaje de grano entero, deterioran la apariencia del grano y reducen la palatabilidad debido al aumento de la panza blanca en el grano ([Chun et al., 2009](#)). Temperaturas mayores a 26 °C aumentan la panza blanca y reducen el peso del grano y por ende el rendimiento. Se pudo evidenciar que, de las 14 variedades puestas a prueba, solo 5 están por debajo del 3,5% de centro blanco, lo cual las hace favorables para esta zona, dentro de las 5 se encuentran las dos variedades que registraron un mayor rendimiento, como son la GO-04185 y la variedad INIAP IMPACTO.

En cuanto a la madurez fisiológica, podemos notar que las variedades más precoces alcanzaron una madurez total a los 100 días, mientras que la más tardías lo hicieron a los 120 días. Las variedades GO-04185 e INIAP IMPACTO se encuentran con un promedio de 112 y 111 días respectivamente, dándoles una característica importante sin afectar su alto nivel de rendimiento según ([INIAP, 2014](#)).

8. Conclusiones

- Las líneas que tuvieron una mejor expresión fenotípica en campo son la GO-04370 y GO-04461 expresándose con una mayor altura y una mayor longitud de la panícula respecto a los demás tratamientos; además la línea GO-04370 tuvo una gran diferencia en número de granos por panícula frente a las demás variedades. Además, la línea que presentó el mayor rendimiento es la GO-04185 con 9648 kg/ha seguida de la variedad comercial INIAP IMPACTO con 9534,67 kg/ha
- El porcentaje de vaneamiento más elevado lo expresó la variedad CIAT con un 33,15%; seguido de la línea GO-04461 con un 31,41% es por esto que esta variedad no presenta un rendimiento competitivo a pesar de tener una expresión fenotípica mejor, ya que presenta un elevado vaneamiento de la panícula.
- Industrialmente se prefieren variedades con bajo porcentaje de centro blanco y que presenten grano largo; según el estudio realizado la línea que presentó el mayor rendimiento es la GO-04185 seguida de la variedad comercial INIAP IMPACTO, ambas presentan un nivel bajo de porcentaje de centro blanco y así mismo ambas presentan grano largo con 8,68 cm y 8,67 cm respectivamente siendo así las más productivas.

9. Recomendaciones

- Realizar pruebas adicionales con las líneas y variedades que mejor se adaptaron a la zona de Macará, las cuales fueron GO-04185 e INIAP IMPACTO, para poder evidenciar de mejor manera los resultados que este ensayo.
- Para ensayos posteriores, se recomienda realizar el ciclo del cultivo en la época de verano, bajo riego; ya que es en estas condiciones donde el porcentaje de vaneamiento es menor por ende el rendimiento sube. Esperando apreciar niveles de producción mucho mayores a los obtenidos con este estudio.

10. Bibliografía

- Abdulrahman, M., & Ishaq, J. (2014). Origin, Distribution and Heading date in Cultivated Rice. *International Journal of Plant Biology & Research*.
- Alvarado, O., Gabriel Garces, & Restrepo, H. (2017). The effects of night-time temperatures on physiological and biochemical traits in rice. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 157 – 163. <https://doi.org/10.15835/nbha45110627>
- Beltramo, V. M., Berrío Orozco, L. E., & Charry Mercado, R. E. (2010). Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.).
- Bolivar, F. M. (1991). Respuesta del arroz a la fertilización nitrogenada orgánica y mineral bajo dos sistemas de producción en el departamento del Meta *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*.
- Carena, M. J. (2009). *Handbook of Plant Breeding*. Springer Science + Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9>
- Celi, H. R., Mosquera Secaira, E., Hurtado David, J., & Ampuño Murriagui, I. L. (2020a). *INIAP - IMPACTO Nueva variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano cristalino para consumo de la costa ecuatoriana*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5763>
- Celi, H. R., Mosquera Secaira, E., Hurtado David, J., & Ampuño Murriagui, I. L. (2020b). *INIAP FL - ÉLITE Nueva variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano largo y cristalino, para consumo en la sierra ecuatoriana*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5764>
- Chaudhary, R., Nanda, J., & Tran, D. (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz*. FAO.
- Chun, A., Song, J., & Kim K. (2009). Quality of head and chalky rice and deterioration of eating quality by chalky rice. *Crop Sci. Biotechnol*, 12, 239-244.
- FAO. (2004). El Arroz y la Nutrición Humana. <http://fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>
- Fitzgerald, M. (2017). “Rice: Grain-quality characteristics and management of quality requirements.” (Elsevier, Amsterdam ed.). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00012-7>
- Fitzgerald, M., McCouch, S., & Hall, R. (2009). Not just a grain of rice: the quest for quality. *Trends Plant Sci* 14, 133-139.
- Francisco, A., Franco, C., Cesar, M., & Jaime, B. (2008). Parámetros genéticos de la longitud de panícula en arroz. *Acta Agronómica*, 57, 233-239.

- GAD, M. (2019). *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- González, F. J., Rosero Morán, M. J., & Arregocés, O. (1981). Morfología de la planta de arroz: Guía de estudio.
- Hussain, S., Fujii, T., McGoey, S., Yamada, M., Ramzan, M., & Akmal, M. (2014). Evaluation of Different Rice Varieties for Growth and Yield Characteristics. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 1504 - 1510
- INEC. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- INIAP. (2014). Arroz. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rarroz>
- Jima, K. (2017). *Estudio de la comercialización del arroz en las provincias de Guayas y Los Ríos*.
- Jun-Ichi Itoh , K.-I. N., Kyoko Ikeda, Shinichiro Yamaki, Yoshiaki Inukai, Hiroshi, & Yamagish, H. K. a. Y. N. (2005). Rice Plant Development: from Zygote to Spikelet. *Plant Cell Physiol*. <https://doi.org/10.1093/pcp/pci501>
- Khush, G. (2000). Taxonomy and origin of rice. *Aromatic rices*, 5-13.
- Khush, G. S. (2005). What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant molecular biology*, 59(1), 1-6.
- Lu, B. (2018). Taxonomy of the genus *Oryza* (Poaceae): historical perspective and current status. *IRRI's Genetic Resources Center (GRC)*.
- Macará, G. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
- Martínez, C., & Federico, C. (1989). *Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz* (C. I. d. A. Tropical, Ed.). CIAT.
- Moldenhauer, K., & Slaton, N. (2001). Rice growth and development. *Rice production handbook*, 192, 7-14.
- Olmos, S. (2006). Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz. *Cátedra de Cultivos II. Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina UNNE. Corrientes*, 1-13.
- Ormaza, F. D. (2011). *Arroz del Ecuador* (D. A. Ecuauímica, Ed.).
- Pincioli, M., Nora Ponzio, & Salsamen, M. (2015). *El Arroz* (U. N. d. C. d. I. P. d. B. Aires, Ed.).
- R.C. Chaudhary, y, J. S. N., & Tran, D. V. (2003). *GUÍA PARA IDENTIFICA LAS LIMITACIONES DE CAMPO EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ* (O. D. L. N. U. P. L. A. Y. L. ALIMENTACIÓN, Ed.).

- Rangel, L., Rojas, Y. S., Hernández, D., De Padua, M., & Sánchez, J. M. (2018). Calidad molinera de las variedades de arroz SD20a y payara 1FL, y su resistencia a *Sitophilus oryzae* (L.) y *Rhizopertha dominica* (F.). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 351-357.
- Regulator, A. G. T. o. o. t. G. T. (2005). *The Biology and Ecology of Rice (Oryza sativa L.) in Australia*.
- Ruiz, S., Baños, Y. S., Hernández, Y. M., Martínez, A. Y., Benitez, M., Bharat, B. V., & Chávez, Y. P. (2014). Simbiosis de micorrizas arbusculares en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de inundación y seco. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*.
- SAC, S. D. A. Y. G. (2003). *Manual técnico para el cultivo de arroz. (oryza sativa) Comayagua, Honduras, C. A.*
- Sánchez, A., Gabriel Garcés, & Restrepo, H. (2014). Biochemical and physiological characterization of three rice cultivars under different daytime temperature conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research* 373 - 379. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392014000400001>
- Smith, C. W., & Dilday, R. H. (2003). *RICE Origin, History, Technology, and Production*. (S. E. Wiley Series in Crop Science C Wayne Smith, Ed.).
- Sollenberger, G., & Silva, L. (1998). Reservado los recursos genéticos de hoy para la agricultura del mañana. *Revista el Surco. Cali, Colombia*.
- Tinoco, R., & Acuña, A. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas: cultivo de arroz [oryza sativa]*.
- Valladares, C. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. *Serie Lecturas Obligatorias: Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico. Departamento de producción vegetal*.
- Vargas, J. (2010). El arroz y su medio ambiente. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). *CGIAR*, 83-99. ((Publicación CIAT no. 365))
- Velázquez, J., Rosales, Andrea, Rodríguez, Hernán, & Salas, Rafael. (2015). Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema s, v y r correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 121-131. from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000200121&lng=en&tlng=es.

Zhou, L., Liang, S., & Ponce, K. (2015). Factors affecting head rice yield and chalkiness in indica rice. *Field Crop Res*, 172, 1-10.

11. Anexos

Anexo 1. Análisis de varianza de los tratamientos.

Análisis de varianza - Número de macollos y panículas					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	213.31	13	16.41	2.79	<0.0001
Error	164.82	28	5.89		
Total	378.14	41			

Análisis de varianza - Altura de la lanta					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	2832.51	13	217.89	19.84	<0.0001
Error	307.55	28	10.98		
Total	3140.05	41			

Análisis de varianza – Longitud de la panícula					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	131.21	13	10.09	4.65	0.0003
Error	60.78	28	2.17		
Total	192.00	41			

Análisis de varianza – Granos por panícula					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	10466.55	13	805.12	2.34	0.0288
Error	9617.89	28	343.50		
Total	20084.44	41			

Análisis de varianza – Porcentaje de vaneamiento					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1997.61	13	153.66	5.69	0.0001
Error	756.70	28	27.03		
Total	2754.31	41			

Análisis de varianza – Peso de mil granos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	214.40	13	16.49	1.47	0.1901
Error	314.00	28	11.21		
Total	528.40	41			

Análisis de Varianza - Rendimiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	43022887.24	13	3309452.86	9.04	<0.0001
Error	10246127.33	28	365933.12		
Total	53269014.57	41			

Análisis de Varianza – Madures Fisiológica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1655.07	13	127.31	5.01	0.0002
Error	711.33	28	25.40		
Total	2366.40	41			

Análisis de Varianza – Porcentaje de centro blanco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	418.79	13	32.21	2.88	0.0093
Error	313.33	28	11.19		
Total	732.12	41			

Análisis de Varianza – Longitud del grano descascarado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	7.40	13	0.57	12.53	0.0001
Error	1.27	28	0.05		
Total	8.68	41			

Análisis de Varianza – Ancho del grano descascarado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0.61	13	0.05	14.03	<0.0001
Error	0.09	28	3.3E-03		
Total	0.70	41			

Anexo 2. Fotografías del desarrollo del ensayo experimental



1. Siembra de arroz



2. Aplicación de insecticidas.



3. Cultivo de arroz a los 15 DDT.



4. Cultivo de arroz a los 50 DDT.



5. Medición de altura de planta.



6. Conteo de número de macollos



7. Cosecha de arroz



8. Medición de longitud del grano de arroz descascarado.



9. Toma de datos de porcentaje de humedad



10. Piladora experimental

Anexo 3. Certificado de traducción del Abstract.

CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cedula de identidad N°:1104677131. Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: "**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD INDUSTRIAL DE 10 LÍNEAS PROMISORAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), BAJO INUNDACIÓN EN EL CANTÓN MACARÁ, PROVINCIA DE LOJA**", perteneciente al señor **Crislian Javier Gaona Jiménez**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente,



Maholy Katherine Morocho Merino

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés

Registro N° 1008-2016-1695982 SENECYT.