

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Evaluación de diez características agronómicas en dos variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) en Tumbaco, Pichincha

Vanessa Dávalos Ramia

Ingeniería en Agronomía

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo

Quito, 18 de Diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ingenierías

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Evaluación de diez características agronómicas en dos variedades de maíz
morado (*Zea mays L.*) en Tumbaco, Pichincha**

Vanessa Dávalos Ramia

Nombre del profesor, Título académico

Mario Caviedes, PhD

Quito, 18 de Diciembre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Vanessa Dávalos Ramia

Código: 00323973

Cédula de identidad: 1718104456

Lugar y fecha: Cumbayá, 18 de Diciembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

La investigación para desarrollar nuevas variedades de maíz morado en Ecuador ha sido limitada. Por lo tanto, es crucial enfocarse en el desarrollo de cultivares que produzcan buenos rendimientos, y se adapten a diversos ambientes de la sierra. Esto incrementará la accesibilidad de semillas para estas variedades, incentivando a los agricultores a su cultivo. El maíz morado contiene compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides y antocianinas, los cuales ofrecen beneficios significativos para la salud. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades experimentales de maíz negro USFQ 1 Y USFQ 2 en comparación con una variedad comercial INIA - 601 de origen Peruano. Esta investigación, se realizó en Puenbo, Pichincha, Ecuador; se utilizó un sistema de medios hermanos (III ciclo) con dos lotes conformados cada uno por 25 familias de cada variedad y 5 familias del testigo; en surcos individuales separados a 80 cm y una distancia entre sitios de 50 cm, con dos plantas por sitio de siembra, y se registraron diez variables. Con los resultados de cada variable se realizaron comparaciones entre variedades y entre cada variedad vs el testigo; se utilizó un análisis estadístico de “t” pareada, con una probabilidad del error del 5% ($p \leq 0.05$).

En la comparación entre las variedades USFQ 1 Y USFQ 2 no se encontraron diferencias significativas, para las variables de floración, altura de planta y de mazorca, grosor del tallo, longitud y el diámetro de la mazorca, número de hileras y de granos por hilera, el peso de campo expresado en kg/parcela y en toneladas/hectárea. En el rendimiento t/ha^{-1} , las variedades experimentales USFQ 1 y USFQ 2 superaron a la variedad testigo INIA-601 en los dos lotes. Considerando las diez variables evaluadas, la variedad USFQ 2 es la que presenta el mejor comportamiento agronómico y tiene potencial para la producción comercial de semilla y mostro buenos valores de antocianinas.

Palabras clave: Antocianinas, Maíz morado, Rendimiento, USFQ 1, USFQ 2, Variables.

ABSTRACT

The research to develop new varieties of purple corn in Ecuador has been limited. Therefore, it is crucial to focus on developing cultivars that produce good yields and adapt to the diverse environments of the highlands. This will increase the accessibility of seeds for these varieties, encouraging farmers to grow them. Purple corn contains bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids, and anthocyanins, which offer significant health benefits. The aim of this study was to evaluate the agronomic behavior of two experimental varieties of black corn, USFQ 1 and USFQ 2, in comparison with a commercial variety, INIA - 601, of Peruvian origin. This research was conducted in Puenbo, Pichincha, Ecuador; a half-sibling system (third cycle) was used with two lots each consisting of 25 families from each variety and 5 families from the control; in individual rows separated by 80 cm and a distance between sites of 50 cm, with two plants per planting site, and ten variables were recorded. With the results of each variable, comparisons were made between varieties and between each variety vs. the control; a paired "t" statistical analysis was used, with a 5% probability of error ($p \leq 0.05$).

In the comparison between the USFQ 1 and USFQ 2 varieties, no significant differences were found for the variables of flowering, plant and cob height, stem thickness, cob length and diameter, number of rows and grains per row, field weight expressed in kg/plot and in tons/hectare. In yield t/ha^{-1} , the experimental varieties USFQ 1 and USFQ 2 outperformed the control variety INIA-601. Considering the ten variables evaluated, the USFQ 2 variety shows the best agronomic behavior and has potential for commercial seed production and showed good values of anthocyanins.

Keywords: Anthocyanins, Purple Corn, USFQ 1, USFQ 2, Variables, Yield

TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes:.....	1
1.2	Justificación:.....	3
II.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Clasificación Taxonómica	6
2.2	Fisiología de la planta del maíz	7
2.3	Manejo Agronómico.....	9
2.3.1	Preparación del terreno	9
2.3.2	Siembra	9
2.3.3	Fertilización	10
2.3.4	Control de Malezas	10
2.3.5	Aporque	11
2.3.6	Riego	11
2.4	Plagas	11
2.4.1	Gusano de tierra o cortador (<i>Agrotis ipsilon</i>).....	12
2.4.2	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	12
2.4.3	Gusanos de la mazorca (<i>Heliothis zea</i> y <i>Euxesta spp.</i>)	12
2.4.4	Mosca de los Estigmas del Maíz (<i>Euxesta stigmatias</i>)	13
2.4.5	Gorgojos y polillas de almacén.....	13
2.5	Enfermedades.....	13
2.5.1	Carbón del maíz (<i>Ustilago maydis</i>).....	14
2.5.2	Pudrición de mazorca	14
2.5.3	Virosis	14
2.6	Cosecha	15
2.7	Variedades Mejoradas de Maíz Morado.....	15
2.7.1	INIAP-199	15
2.7.2	INIA-601	16
2.8	Valor Nutricional	17
III.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	19
1.1	Objetivo General.....	19
1.2	Objetivo Especifico.....	19
1.3	Hipótesis.....	19
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20

4.1 Material biológico	20
4.2 Manejo del Experimento.....	20
4.3 Métodos Estadísticos.....	21
V. RESULTADOS	22
5.1 Longitud de La Mazorca	23
5.2 Diámetro de La Mazorca	23
5.3 Número de Hileras Promedio Por mazorca	24
5.4 Número De Granos Promedio Por Hilera Por Mazorca	25
5.5 Peso kg/parcela	25
5.6 Peso toneladas/hectáreas.....	26
5.7 Contenido de Antocianinas	27
VI. DISCUSIÓN.....	27
6.1 Floración masculina.....	27
6.2 Floración femenina	27
6.3 Altura de la planta	28
6.4 Altura de mazorca	28
6.5 Rendimiento.....	28
6.6 Antocianinas	29
VII. CONCLUSIÓN	29
Referencias:	31
ANEXO A: Taxonomía	38
ANEXO B: Fisiología	38
ANEXO C: Grosor Tallo.....	39
ANEXO D: Floración Masculina.....	39
ANEXO E: Longitud Mazorcas	40
ANEXO F: Floración Femenina	40
ANEXO G: Diámetro de Mazorca	41
ANEXO H: Altura de Planta.....	41
ANEXO I: Número de Hileras	42
ANEXO J: Peso kg/ha	42
ANEXO K: Altura de Mazorca	43
ANEXO L: Número de Granos por Mazorca.....	43
ANEXO M: Peso <i>t/ha</i> – 1.....	44

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Comparación de Floración Femenina.....	22
Gráfico 2: Longitud de Mazorca Promedio de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo.....	23
Gráfico 3: Diámetro de Mazorca Promedio de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo.....	23
Gráfico 4: Núm. Hileras Promedio por mazorca de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo.....	24
Gráfico 5: Núm. Granos Promedio de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo.....	25
Gráfico 6: Rendimiento Promedio (kg/parcela) de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo.....	25
Gráfico 7: Rendimiento Promedio toneladas por hectárea de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo	26

Índice de Tablas

Tabla 1: Calculo de t - Grosor Tallo	39
Tabla 2: Calculo de t- Floración Masculina.....	39
Tabla 3: Calculo de t- Longitud Mazorcas	40
Tabla 4: Calculo de t- Floración Femenina.....	40
Tabla 5: Calculo de t- Diámetro de Mazorca.....	41
Tabla 6: Calculo de t- Altura de Planta.....	41
Tabla 7: Calculo de t-Número de Hileras	42
Tabla 8: Calculo de t- Peso kg/ha	42
Tabla 9: Calculo de t - Altura de Mazorca.....	43
Tabla 10: Calculo de t - Número de Granos por Mazorca.....	43
Tabla 11: Calculo de t- Peso $t/ha - 1$	44

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes:

El maíz (*Zea mays L.*), también conocido en estado verde como choclo o elote en diferentes regiones, es una de las plantas de cultivo más importantes y versátiles del mundo. Según la FAO (2023), se estima una producción mundial para el año 2023/2024 que alcanzará el récord de, 1 215 millones de toneladas de maíz. Entre los mayores productores se encuentran, Estados Unidos con 384 millones de toneladas, China con 272 millones de toneladas y con 88 millones de toneladas, Brasil. (Orús, 2023).

En Ecuador, en el año 2021, se cultivaron aproximadamente 355,000 hectáreas de maíz, con una producción total estimada en 1.38 millones de toneladas, siendo el maíz el cultivo de ciclo corto más extensamente plantado en Ecuador. Del total producido, entre el 78% y el 80% es de tipo duro, mientras que el 20% al 22% es maíz suave o harinoso. En las regiones de la Costa y la Amazonía, se cultiva principalmente maíz amarillo duro, especialmente híbridos, con una eficiencia de producción media de 4.64 toneladas por hectárea. Por otro lado, en la Sierra, se cultiva en su mayoría maíz suave o harinoso, logrando un rendimiento promedio de 0.82 toneladas por hectárea. (Zambrano y Caviedes, 2022)

El maíz morado es un tipo de maíz harinoso que no es producido en grandes volúmenes como el maíz amarillo o blanco. Estudios arqueológicos demuestran que, en Perú, específicamente en el valle de Chicama, ya se cultivaban diversas variedades de maíz hace cerca de 7,000 años. Según Haas et al, (2013), la diversidad del maíz en la región estaba representada por tres razas principales: Proto Confite Morocho, Confite Chavinenese y Kculli, siendo esta última la raza del maíz morado. Posteriormente, la diversificación del maíz se incrementó debido a su diversidad ecológica del territorio peruano y las distintas formas en que se consume este grano. A diferencia de los países vecinos, donde el maíz se suele procesar en harina para la elaboración de productos como tortillas o arepas, en la región

andina de Perú, el maíz se consume generalmente en su forma más pura, sin pasar por extensas transformaciones. (Medina, et al, 2018)

El maíz morado, es un superalimento con significativos beneficios para la salud debido a su alto contenido de antocianina en los granos y en la mazorca. La rica presencia de antocianina en el maíz morado, especialmente en forma de cianidina-3-glucósido (C3G), le confiere propiedades como antioxidante natural, esto implica que son eficaces en la neutralización de sustancias perjudiciales conocidas como radicales libres, contribuyen a disminuir el estrés oxidativo y, por lo tanto, reducen la probabilidad de desarrollar diversas enfermedades. (Vila, 2022). Además, tienen el potencial de aliviar la inflamación y el dolor causado por la artritis. Las antocianinas también tienen propiedades anticancerígenas, mejoran la circulación de la sangre y fomentan la regeneración de tejidos. (Rabanal y Medina, 2021). Dada la importancia de estos beneficios para la salud, se vuelve crucial entender cómo las antocianinas influyen el bienestar humano. (Rabanal y Medina, 2021)

Esta característica única le otorga a Perú una ventaja competitiva en el mercado global, ya que el maíz morado tiene aplicaciones potenciales en varias industrias como la alimentaria, farmacéutica, cosmética y textil. La producción peruana de este maíz ha visto un aumento sostenido durante los últimos seis años, llegando a casi 25,000 toneladas anuales. Esto ha generado una demanda internacional positiva, con ventas que superan los 3 millones de dólares y ha permitido la diversificación de productos derivados de este maíz. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego MIDAGRI, 2021)

Sin embargo, en el Ecuador el cultivo de este tipo de maíz no es ampliamente difundido, debido a diferentes limitaciones en su proceso de producción. Entre las limitantes esta la disponibilidad de semillas, ya que la mayoría son pequeños productores que no cuentan con una fuente de semilla de calidad. La erosión y la degradación de los suelos son problemas que se presentan en áreas montañosas de la sierra que pueden afectar la producción y productividad del maíz morado. (Iagua, 2015). Por otra parte, en otros estudios,

el clima en las regiones montañosas puede ser impredecible y extremo, lo que afecta el crecimiento del maíz. (Tigchelaar, et al, 2018). En áreas rurales y montañosas, la falta de acceso a tecnología agrícola moderna es un problema. Además, también está la limitante de la disponibilidad de materia prima de subproductos de maíz morado, está influenciado por serie de factores económicos, tecnológicos y de mercado.

Por ello, es crucial desarrollar un proceso que incluya la etapa de producción hasta la comercialización, con el objetivo de mejorar la viabilidad comercial a largo plazo de este cultivo valioso en la región andina de los andes.

1.2 Justificación:

El maíz morado es una tipo de maíz que se siembra principalmente en Perú y en otros lugares de la zona altoandina de América del Sur. Es un cultivo importante debido a sus múltiples beneficios y usos, y con importancia en el mercado debido entre otras razones, a su valor nutricional y medicinal. Tiene una composición en la que se pueden encontrar hasta un 11% de proteínas y una concentración de grasas muy reducida. Principalmente, el grano tiene como componente un 80% de almidón y un 10% de azúcares. Además, contiene fósforo, vitaminas del complejo B, vitamina C y betacaroteno, que es un precursor de la vitamina A. Este tipo de maíz es también por su rica cantidad de fibra y su balance adecuado entre nutrientes y calorías. (Guillén, et al, 2014)

Los grano de este maíz morado actúan como un protector eficaz contra los radicales libres gracias a las antocianinas, que son antioxidantes y antiinflamatorias. Estas sustancias, protegen las células de los daños y el envejecimiento, resguardando y propiciando la regeneración de los tejidos, en especial los que componen los vasos sanguíneos. (Andina, 2023). Por esta razón, se le atribuyen beneficios para la salud cardiovascular. Este valor agregado hace que el maíz morado sea un producto muy demandado en el mercado de alimentos saludables y suplementos. El maíz morado mejora la circulación sanguínea y regula los niveles de colesterol, contribuyendo a mantener una presión arterial estable. Otro

de los beneficios de incluir este maíz en la alimentación, es que potencia la visión al favorecer la regeneración de la rodopsina, una proteína situada en la retina, minimizando el riesgo de padecer afecciones oculares tales como cataratas o degeneración macular. Este producto resguarda además el sistema digestivo, con un énfasis particular en el colon, colaborando en la prevención de enfermedades. (Corral, 2020)

El maíz morado puede ser utilizado para producir una variedad de productos. Entre esos están las harinas, con las cuales se hacen tortillas y totopos para la comida mexicana. La mayoría de veces el uso de estos productos solo se da en restaurantes gourmets, como lo fue Punto Mx del conocido chef con estrella Michelin, Roberto Ruiz. (Jesus, 2019). Además, el maíz morado también es conocido para la obtención de extractos y por ser colorante natural. Un producto reciente a base de este tipo de maíz es el “Black Whiskey”, una bebida alcohólica que es reconocida por sus propiedades y ventajas para la salud que han cautivado los gustos a nivel mundial. (Andina, 2023). También, es un ingrediente clave en la elaboración de la chicha morada, una bebida tradicional peruana. (Perucom, 2022). Esta diversidad de productos aporta a diferentes segmentos del mercado.

La utilización de láminas de plástico como cobertura del suelo es una tecnología que en el Ecuador se usa comúnmente para hortalizas, cuya finalidad es proteger el sistema de raíces de las plantas de condiciones adversas como el frío, la sequía, el exceso de agua, las malezas y los organismos perjudiciales. (Sistemas Hortícolas, 2022). Sin embargo en países como China, lo utilizan en el cultivo del maíz, ya que diversos estudios han evidenciado las ventajas de emplear acolchado en este cultivo, debido a que, aumenta la productividad; optimiza la maduración temprana; la eficacia en el aprovechamiento del agua; eleva la temperatura del suelo y mejora la resistencia a la sequía y las heladas. (Latam maize, 2022). El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (2022), realizó un estudio que consistió en evaluar el comportamiento agronómico del maíz harinoso cultivado bajo cobertura plástica en la Estación Experimental Santa Catalina. También, se buscó estimar la

rentabilidad y la relación beneficio/costo de utilizar esta tecnología, bajo las condiciones climáticas y de suelo propias de la región alto Andina de la Sierra ecuatoriana (2700-3100 m s.n.m.). El estudio dio como resultados que uso de acolchado plástico potenció la producción de maíz harinoso, tanto en choclo como en grano seco, cultivado en temporada de lluvias. Además del incremento en la producción, se notó una disminución en el ciclo de cultivo y un incremento en la altura de la planta. El análisis financiero concluyó que el cultivo de maíz con acolchado plástico fue el tratamiento que alcanzó la mayor rentabilidad y la mejor relación beneficio-costo. (Zambrano, et al, 2022)

La demanda de productos naturales y saludables está creciendo globalmente, y el maíz morado tiene un gran potencial para acceder a mercados internacionales. Su exportación puede representar una fuente significativa de ingresos para los agricultores y productores locales, y también para los países productores de maíz morado. Las estadísticas muestran que en Perú entre el año 2016 al 2017 las exportaciones de maíz morado crecieron en un 22%. Entre los mayores mercados de exportación del maíz morado están, Estados Unidos, España y Ecuador. (Solano, 2018). El cultivo de variedades de maíz criollas, como el maíz morado, puede contribuir a la biodiversidad agrícola y a la resiliencia climática. En un contexto de cambio climático y pérdida de biodiversidad, la promoción de cultivos autóctonos y sostenibles es fundamental. (FAO, 2023)

En resumen, el maíz morado es importante en el mercado debido a su valor nutricional, diversidad de productos, significado cultural, potencial económico, contribución a la sostenibilidad, y su rol en la gastronomía. Los consumidores, están cada vez más conscientes de su salud y de la procedencia de los alimentos, lo que es un incentivo para seguir impulsando la producción de maíz morado y cubrir la demanda de sus derivados en el futuro.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Clasificación Taxonómica

El origen y la domesticación del *Zea mays* es fundamental, dado que en el pasado representó y en la actualidad sigue siendo un alimento esencial por sus componentes genéticos y su variabilidad natural, desempeñando un papel en la evolución, diversidad y protección de esta especie. Según investigaciones en fósiles, se ha determinado que el maíz se originó del Teosintle en México. Hace aproximadamente 8,000 años, este cereal fue domesticado en Mesoamérica, específicamente en México y Guatemala, y en la zona andina, Perú y Bolivia. (Salvador y Pedroza, 2020). Esto dio origen a dos grupos genéticos distintos del maíz: los genes Mesoamericanos y los genes Andinos.

Según estos mismos autores, en el continente americano, se han identificado 260 razas. De estas, 98 se localizan en Mesoamérica, incluyendo variantes como el maíz dentado, que tiene almidón blando en su germen y almidón más duro en su endospermo y en el maíz para palomitas, que explota al calentarse, este tipo de maíz se caracteriza por tener un endospermo duro que compone la mayor parte del grano, acompañado de una mínima proporción de almidón suave localizado en la base del grano. (FAO,2023). Por otro lado, en la región andina, que abarca países como Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Argentina y Bolivia, se han registrado 146 razas, incluyendo Brasil. Estas últimas pertenecen principalmente a categorías como maíces harinosos y maíces dulces. Además, existen otras variantes en diferentes zonas de América Central y del Sur.

El maíz (*Zea mays L.*) tiene sus raíces en América y pertenece a la familia Poáceas, específicamente de la tribu Maydeas. Es la única variedad de este género que tiene relevancia económica, según Bonilla (2008). Conocido en inglés como “Andean purple corn”, este maíz morado también se refiere a menudo como “purple corn”. (Anexo A)

A lo largo de la evolución, se han originado múltiples variedades e híbridos de maíz, que presentan variaciones en aspectos como su composición, forma y coloración, entre otros

rasgos distintivos. Por ejemplo, encontramos maíces con colores que van desde el amarillo hasta el negro, pasando por tonos cafés, rojos y morados. Históricamente, estos colores se relacionaban con diferentes dioses, celebraciones y prácticas religiosas (Staller, 2010). La variedad en las tonalidades del maíz se debe a la presencia, cantidad y localización de compuestos bioactivos, como las antocianinas y los carotenoides (Györi, 2017).

2.2 Fisiología de la planta del maíz

La planta de maíz (*Zea mays*) tiene la particularidad de ser monoica, lo que significa que en la misma planta se encuentran inflorescencias tanto masculinas como femeninas. (Roselló, 2015). Las flores estaminales de esta planta se hallan en la panoja, mientras que las flores pistiladas se agrupan en las mazorcas, que suelen desarrollarse a partir del quinto o sexto nudo desde la panoja. (Medina, 2022). La flor estaminal o espiga, que es la flor masculina, genera polen, en contraste, la flor pistilada, representa la flor femenina, dando origen a los óvulos que posteriormente se transforman en semillas. (Endicott, et al. 2015). En el (Anexo B), se puede observar las principales partes de una planta de maíz.

La espiga de maíz, que es el principal órgano de interés en cultivos destinados a la producción de grano, se ubica en una posición axial sujeta a dominancia apical durante el momento de la floración. (Garay y Colazo, 2015). Es en este periodo, es cuando se define el componente más importante del rendimiento, que es la cantidad de granos por unidad de superficie. Esta característica, combinada con el modo de crecimiento del maíz, hace que este cultivo sea especialmente vulnerable a modificaciones en el rendimiento y en el índice de cosecha cuando enfrenta situaciones de estrés.

El maíz, debido a su alto potencial de crecimiento y a su variación en el rendimiento bajo condiciones de estrés en su etapa crucial (ya sea por falta de agua, nutrientes o cualquier otro factor), demuestra una notable respuesta, cuando se le proporciona un manejo agronómico adecuado, como el riego o la fertilización. Sin embargo, la poca producción de brotes secundarios y su baja capacidad para producir más granos, disminuyen su habilidad

para adaptarse a bajas densidades de plantación. (Andrade, et al, 1996). Además, su alta sensibilidad al estrés lo hace poco tolerante a plantaciones más densas de lo recomendado o a demoras en la siembra.

El periodo de floración en el maíz es esencial, ya que abarca la dispersión del polen y la emergencia de los estigmas, siendo crucial para determinar el rendimiento final del cultivo. Según Rodríguez (2016), la dispersión del polen inicia un par de días antes de que aparezcan los primeros estigmas y se extiende por cinco a ocho días, alcanzando su punto máximo en el tercer día. El proceso comienza en el extremo de la espiga y se dirige hacia su base. Los granos de polen se forman en las anteras, cada una con una considerable cantidad de ellos. A pesar de que el viento, puede transportar el polen a distancias significativas, la mayoría se deposita a una distancia de entre 8 y 20 metros. La dispersión del polen no es constante; se detiene si las inflorescencia masculina espigas están muy húmedas o secas, reanudándose cuando las condiciones son adecuadas. (Sauthier y Castaño, 2004). Es poco probable que una lluvia fuerte, lave el polen ya depositado, y no hay dispersión cuando las inflorescencia masculina están mojadas. Los estigmas tienen una capa pegajosa y fina que ayuda a capturar el polen. Una vez que el tubo polínico empieza a crecer, avanza a través del estigma hasta llegar al óvulo, fusionándose y transfiriendo la información genética en un lapso de 12 a 18 horas post deposición. (Rodríguez, 2016)

El maíz tiene un metabolismo C4 y, a diferencia de otras plantas, no muestra fotorespiración perceptible. Esto se debe a que cuenta con una enzima extra, la PEP carboxilasa, que tiene la habilidad de fijar dióxido de carbono (CO₂) sin ser inhibida por el oxígeno (O₂). (Intagri, 2018). Esta planta destaca por su alta eficiencia en la generación de biomasa, superando a otros cultivos como el trigo, girasol o la soya. Su evidente capacidad de producir una gran cantidad de biomasa y su alto índice de recolección se relacionan con su elevada tasa fotosintética, el menor costo energético de la materia seca que produce y una estructura de cultivo óptima. (Garay y Colazo, 2015). En condiciones de intensa radiación solar y

grandes variaciones de temperatura, el maíz puede ofrecer excelentes rendimientos siempre que no esté expuesto a estreses bióticos o abióticos.

2.3 Manejo Agronómico

2.3.1 Preparación del terreno

La adecuada preparación del terreno es esencial para un cultivo exitoso. Comienza con un proceso de arado, que busca romper la dureza del suelo y sepultar los residuos de la cosecha previa. Esta labor también ayuda a erradicar algunas malezas nocivas para el cultivo. (Guacho, 2014). Si las malas hierbas superan los 50 cm de altura, se hace un deshierbe. Luego, entre 8 a 15 días después, es recomendable usar un herbicida sistémico como Isopropil. (Deras, 2014)

Es aconsejable preparar el terreno con bastante antelación a la siembra para asegurar una adecuada descomposición de la materia orgánica en el suelo. Si se cuenta con equipo adecuado, se pueden efectuar tareas como arar, rastrar y hacer surcos. (Guacho, 2014). Es aconsejable llevar a cabo un proceso de arado, seguido de dos o tres procedimientos de rastrillado, para oxigenar y retirar la maleza de la tierra. Si se puede, también es beneficioso nivelar el terreno. El rastrillado puede efectuarse a una profundidad de 15 a 20 cm, dependiendo de las características del suelo. (Deras, 2014)

2.3.2 Siembra

El maíz morado se puede sembrar en altitudes que van desde los 2000 hasta los 2800 msnm. El periodo ideal es en la época de siembra que son los meses de octubre y noviembre coincidiendo con el comienzo de las precipitaciones. (INIA, 2014). En la segunda época de siembra, durante los meses de junio y julio, también se puede sembrar, siempre que se cuente con suficiente agua para riego. (Huaychani, 2022). Para asegurar una producción óptima, es esencial usar semillas de alta calidad, ya sean mejoradas o certificadas.

La correcta densidad al sembrar es esencial para la producción de maíz morado, ya que garantiza una adecuada cantidad de plantas y maximiza el número de mazorcas por planta. Según el INIA (2014), se busca obtener 50,000 plantas por hectárea utilizando 35 kg de semilla de alta calidad. Los surcos deben tener una separación de 0,80 m, colocando 3 semillas por golpe cada 0,50 m. Posteriormente, durante el raleo, se deben conservar 2 plantas por golpe. El INIA recomienda que previo a la siembra, se debe tratar esos 35 kg de semilla con 150 g de Acefato.

2.3.3 Fertilización

Para el cultivo de maíz morado, la cantidad de nutrientes a emplear se basa ampliamente según los resultados del análisis del suelo. (Huaychani, 2022). Si la intención es cosechar grano seco, en suelos de fertilidad intermedia, se aconseja aplicar 80 kg/ha de N y 40 kg/ha de P₂O₅. Para ello, se puede usar dos sacos de 18-46-0 y tres sacos de urea, o alternativamente tres sacos de 10-30-10 y tres sacos de urea. (Guacho, 2014). Este fertilizante debe ser aplicado al sembrar, a chorro continuo en el surco. Es esencial dividir la dosis de nitrógeno: 50% al sembrar y el otro 50% después de 45 días, colocándolo lateralmente a 10 cm de las plantas y mezclándolo al realizar el aporque. Si se busca producir choclo, se sugiere incrementar la urea a 4 sacos por hectárea. (INIAP, 2014)

2.3.4 Control de Malezas

Es esencial eliminar las malezas a tiempo mediante un control adecuado, para prevenir la pérdida de recursos como nutrientes, luz y espacio y además la contaminación de plagas y enfermedades ya que estas suelen ser el hábitat necesario. (Requis, 2012).

Para el control de malezas puede utilizarse labores culturales, que incluyen la rotación de cultivos, el laboreo del suelo y el uso de semillas certificadas sin contaminación de malezas. (Guacho, 2014). Por otro lado, el método químico sugiere el uso de Atrazina tanto en pre-emergencia como en post-emergencia a una dosis de 2 kg/ha. (INFOAGRO, 2012). Los herbicidas deberían ser aplicados antes de la emergencia de malezas y cultivos en suelos

húmedos. Sin embargo, para una agricultura más sostenible, se sugiere realizar deshierbas a tiempo, ya que es crucial mantener el cultivo sin malezas hasta el periodo de floración.

(INIA,2014)

2.3.5 Aporque

El proceso de aporque implica acumular una cantidad significativa de tierra alrededor de la base de las plantas. (Guacho, 2014). El proceso de aporque se lleva a cabo cuando las plantas muestran entre 8 a 10 hojas desplegadas y alcanzan una altura de 50 a 60 cm. Es recomendable llevar a cabo esta acción 20 o 30 días después del deshierbe. (Huaychani, 2022)

Este procedimiento facilita la aplicación del segundo fertilizante nitrogenado, ayuda a eliminar malezas y promueve la aireación del suelo cerca de las raíces, lo que potencia una mejor absorción de nutrientes y resguarda las raíces de apoyo, previniendo que las plantas sufran volcamiento. (Requis, 2012). Esta tarea se efectúa manualmente con herramientas como azadones, aunque también se puede hacer con animales de tiro o con equipos agrícolas.

2.3.6 Riego

Es esencial evitar que el cultivo experimente períodos de sequía, ya que esto provoca el cierre de los estomas, una disminución en la fotosíntesis y, por ende, una reducción en el rendimiento. (Guacho, 2014). La presencia de periodos secos en los valles interandinos exige incorporar riegos adicionales en etapas clave: en la fase inicial del cultivo, antes de realizar el aporque, y durante la floración y el proceso de llenado del grano. (Requis 2012)

Un suministro óptimo de agua durante la floración es crucial para una buena formación y llenado del grano. En contraste, durante el engrosamiento y maduración de la mazorca, la demanda de agua decrece. (Guacho, 2014).

2.4 Plagas

Las principales plagas que afectan al maíz morado en las regiones interandinas son:

2.4.1 Gusano de tierra o cortador (*Agrotis ipsilon*)

El adulto de *Agrotis ipsilon* es una mariposa, generalmente de tono marrón oscuro, con alas anteriores de color más claro. Las larvas, que pueden alcanzar unos 4 cm de longitud, son robustas, de forma cilíndrica, lisas y suelen ser de un color ceniza oscuro.

El método cultural de riego intenso ayuda a ahogar las larvas antes de la preparación del terreno. Además, alternar los cultivos es otra estrategia útil para reducir la cantidad de estos insectos. Usar cebos envenenados a base de afrechillo, melaza y Carbaryl (insecticida) alrededor de la planta es efectivo para combatir a estos gusanos. (Chango, 2012).

2.4.2 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Las larvas en sus etapas iniciales causan raspaduras en las hojas, pero al crecer más, generan perforaciones. Estos daños pueden ser graves y llevar a la muerte de la planta si afectan su punto de crecimiento. (Chango, 2012). Para combatir las, se puede utilizar Metrifonato 2,5 G, dosificando 10 kg por hectárea, o cipermetrinas con una proporción de 150 a 200 ml por cada 200 litros de agua, especialmente cuando las larvas están dañando las hojas. (INIA, 2014). Se ha notado en investigaciones iniciales que el extracto de chocho puede causar la mortalidad de las larvas en sus primeras etapas. Esta técnica aún está en verificación y se espera compartir con los agricultores una vez confirmada su eficacia.

2.4.3 Gusanos de la mazorca (*Heliothis zea* y *Euxesta spp.*)

El insecto adulto, que es una mariposa nocturna, tiene alas anteriores de tono marrón amarillento, y al desplegarlas, pueden medir hasta 4 cm. Las hembras depositan sus huevos en los estilos-estigmas (pelos) de la flor femenina de la mazorca. Una hembra puede colocar alrededor de mil huevos en su vida, los cuales se desarrollan entre 4 a 6 días. Durante los primeros 3-4 días, las larvas se nutren de los pelos de la mazorca y luego entran y dañan los granos en desarrollo. (Requis 2012)

Para prevenir el daño de los gusanos de la mazorca *Heliothis zea* y *Euxesta spp* durante la etapa de floración femenina, es recomendable añadir 3 gotas de aceite de cocina a

los pistilos usando un gotero o un mechón de lana, repitiendo este proceso tres veces con una semana de diferencia entre cada aplicación. La cantidad sugerida es de 3 litros de aceite por hectárea por cada aplicación. (INIA, 2014)

2.4.4 Mosca de los Estigmas del Maíz (*Euxesta stigmatias*)

El adulto es una pequeña mosca con rayas negras en sus alas claras, a menudo llamada mosca cebra. Esta es una plaga significativa para el maíz amiláceo y puede atacar por sí sola o junto con el gusano de la mazorca. (Requis 2012). Las hembras depositan sus huevos en mazorcas cuyas barbas están ligeramente secas, lo que generalmente es posterior al momento en que lo hace el gusano de la mazorca. Aproximadamente 6 días después de la puesta de huevos, emerge una larva o gusano de unos 6 mm de largo y de un tono crema oscuro. (Requis 2012). Estas larvas, que no tienen patas, se nutren de los granos lechosos. Aunque este daño directo no es muy grave, facilita la aparición de hongos como *Fusarium* y *Diplodia*, que pueden causar podredumbre significativa en la mazorca. (Requis 2012).

Una estrategia económica y efectiva para combatir estas larvas, es usar aceite comestible. Si se ha tratado la mazorca con aceite contra el gusano de la mazorca, la mosca cebra, *Euxesta sp*, generalmente no depositará sus huevos en ella. (Huaychani, 2022).

2.4.5 Gorgojos y polillas de almacén

Las plagas como los gorgojos *Sitophilus orizae*, *Pagiocerus frontalis* y la polilla *Sitotroga cerealella* pueden ser controladas usando Phostoxin, aplicando 3 tabletas por cada tonelada de granos, y un insecticida cuyo ingrediente activo sea fosforo de aluminio, con una dosis de 2 tabletas por tonelada de mazorcas. (INIA, 2023).

2.5 Enfermedades

Las principales enfermedades que afectan al maíz morado en las regiones interandinas son:

2.5.1 Carbón del maíz (*Ustilago maydis*)

Es un tipo de carbón que se propaga por aire y se localiza en tejidos jóvenes y en crecimiento. (Malaguti, 2003). Un método de prevención cultural es envolver las espigas y mazorcas afectadas con una bolsa de plástico para prevenir la dispersión del hongo. Luego, estas se deben cortar y sepultar a un metro de profundidad en un área no destinada a la agricultura, impidiendo así la propagación de las esporas. (INTAGRI, 2023).

2.5.2 Pudrición de mazorca

Esta condición es causada por hongos como *Fusarium moniliforme*, *Fusarium tursicum* y *Diplodia maydis*. El control de plagas en la mazorcas, bloquea la entrada de estos hongos, y el empleo de variedades resistentes con adecuada protección de mazorcas es la estrategia de control más efectiva. (Requis 2012).

2.5.3 Virosis

Es provocado por un conjunto de microorganismos, que incluye un espiroplasma, un fitoplasma perteneciente a la clase Mollicutes y un virus de la familia Marafivirus. (Esquivel, 2022)

Los síntomas comunes de espiroplasma incluyen franjas pálidas en la base de las hojas cerca de donde se unen al tallo, que se extienden hacia la punta de la hoja. Generalmente, las plantas tienen entrenudos cortos y muestran signos de enanismo. Si la infección se da antes de la floración, la planta no producirá granos y, si lo hace, estos serán de baja calidad, siendo pequeños y con manchas. En cuanto al fitoplasma, se manifiesta con un enrojecimiento en los bordes de las hojas que puede expandirse, y otros síntomas como proliferación de mazorcas y enanismo. (Esquivel, 2022)

Para combatir esta enfermedad provocada por fitoplasmas y espiroplasmas, usar variedades resistentes y la siembra anticipada son las mejores estrategias para asegurar una buena producción de mazorcas. En las zonas interandinas, a partir de noviembre, las temperaturas aumentan, lo que favorece la proliferación del insecto vector, la chicharrita

Dalbulus maidis. Este aumento de temperatura también acelera el progreso de la enfermedad en plantas ya infectadas. Las versiones mejoradas del maíz morado han demostrado ser resistentes a esta enfermedad. (Paliwal, 2023)

2.6 Cosecha

Dado que la venta de este maíz se realiza con mazorcas que tienen una humedad superior al 15%, es esencial recolectarlo cuando haya alcanzado su madurez completa. Cualquier retraso en la recolección desde ese momento puede afectar la calidad del maíz. (INIA,2014). Según Chipana (2008), tras la floración ocurre la madurez fisiológica, que es la conversión de azúcares en almidones, haciendo que los granos cambien de una consistencia lechosa a una pastosa. Durante esta fase, se acumulan los pigmentos antocianínicos en el maíz morado. Así, las mazorcas están listas para ser recolectadas cuando los granos tengan una humedad de alrededor del 25 al 30%.

Antes de comercializar, es importante descartar las mazorcas con signos de descomposición o con evidencia del hongo *Penicillium spp*, que se manifiesta como un polvo azul-verde, claramente visible entre los granos o en la superficie exterior. Se debe evitar guardar el maíz mojado en espacios sin ventilación, ya que puede ser vulnerable a hongos que liberan toxinas, las cuales son perjudiciales tanto para los humanos como para los animales. (INIA, 2014).

2.7 Variedades Mejoradas de Maíz Morado

2.7.1 INIAP-199

Los trabajos de mejoramiento se comenzaron en febrero del 2006, llevándose a cabo recolecciones en la sierra del Ecuador, obteniéndose un total de 65 colectas. (Yánes, et al, 2016). El método de mejoramiento, que se empleó para la generación de la variedad fue el mejoramiento poblacional, selección de medios hermanos, modalidad familias mazorca por surco. Esta selección continuó a través de diversos ciclos hasta el periodo 2014-2015. En ese último ciclo, se hizo una recombinación masiva para asegurar una cantidad adecuada de

semilla para su incremento y futura entrega al Programa de Producción de Semillas. (Yánes, et al, 2016).

La variedad de maíz morado INIAP-199 es una variedad ecuatoriana, desarrollada por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. Es el fruto de una década de estudios, se distingue por la coloración morada/negra de su tusa y grano, y se cultiva en las regiones elevadas del país, específicamente entre 2.400 y 3.000 m.s.n.m., logrando un rendimiento de 2 a 4 toneladas por hectárea. (INIAP, 2023).

La variedad INIAP-199, es un maíz semi-tardío, con los granos morados/negros harinosos y redondos, por esa razón también se le llama “Racimo de Uva” a esta variedad. Tiene tolerancia a tres enfermedades las cuales son, tizón de la hoja, roya y Pudrición de la mazorca. (INIAP, 2023). Este maíz se utiliza en la producción de harinas y es un componente clave de la bebida "Colada Morada". Además, es fuente de pigmentos, específicamente antocianinas, que proporcionan color a productos como bebidas, dulces, panadería y conservas. (INIAP, 2023).

2.7.2 INIA-601

Por otro lado, está la variedad INIA-601, también conocido como “INIA NEGRO”, que fue desarrollado en 1990 en la Subestación Experimental de Cajabamba. (INIA, 2014). Esta variedad, denominada “NEGRO”, se derivó de 256 descendencias, 108 de la variedad Morado de Caráz y 148 de la variedad local Negro de Parubamba. (INIA, 2014). Para su desarrollo, se aplicó un método de selección recurrente de medios hermanos, enfocándose principalmente en características como el intenso color morado de la tusa y el grano, rapidez en maduración, una prolificidad superior a 1,5, robustez de la planta y salud de la mazorca. A lo largo del proceso, se llevaron a cabo 6 ciclos de selección, logrando un aumento promedio de 0,20 toneladas por hectárea por ciclo. (INIA, 2014)

La variedad INIA-601, tiene varios usos, uno de los más novedosos es que se ha convertido en el ingrediente principal del whiskey peruano "Don Michael Black Whiskey",

que fue premiado como el whiskey más destacado del mundo en el concurso anual de “New York World Spirits Competition” de 2022. (INIA, 2022). En la producción de esta bebida, los fabricantes han incorporado un 60% del maíz morado INIA 601, gracias a su rica concentración de antocianinas y antioxidantes. Esta elección ha facilitado reducir el tiempo necesario para la fermentación y destilación del producto. (INIA, 2022).

Este tipo de maíz morado desarrollado por el INIA es una opción viable para impulsar la economía de los productores pequeños y medianos, debido a su alta productividad por hectárea y su aptitud para ser utilizado en la producción de productos de panadería, golosinas y bebidas. (INIA, 2019).

2.8 Valor Nutricional

Desde el punto de vista nutricional y de su composición, el maíz morado (*Zea mays L.*) se asemeja al maíz amarillo, el cual es consumido con más frecuencia. Según Sinha, et al (2011), este maíz es abundante en almidón, representando del 61% al 78% en base seca, tiene cerca del 10% de polisacáridos no amiláceos, 6% al 12% de proteína, grasa que varía entre el 3% y el 6% y además aporta minerales y vitaminas. Los macronutrientes del maíz y su influencia positiva en las respuestas glucémicas/insulinémicas tras la ingesta, el procesamiento de lípidos, la salud intestinal y la absorción mineral han sido ampliamente documentados. (Ai y Jane 2016). No obstante, lo que realmente hace especial al maíz morado en comparación con otros tipos de maíz son las antocianinas y compuestos fenólicos presentes en él, resaltando sus beneficios para la salud.

En el maíz morado andino, la cantidad total de compuestos fenólicos es aproximadamente de 1756 mg/100 g, en términos equivalentes de ácido gálico. Esta cantidad es considerablemente mayor que la encontrada en arándanos, conocidos por su riqueza en fenoles, que oscila entre 138 y 672 mg/100 g. (Lao, et al, 2017). El estudio de Cuevas, et al (2011) analizó los compuestos fenólicos solubles y ligados en diversas variedades de maíz de Bolivia. Observaron que aquellos maíces con colores más intensos presentaban mayores

niveles de compuestos fenólicos. Así, las investigaciones sobre las ventajas saludables del maíz morado se han enfocado en extractos con alta concentración de antocianinas o fenoles derivados de este maíz. Regularmente, se han detectado relaciones proporcionales entre la presencia de estos compuestos en el maíz morado y sus efectos positivos en la salud.

La antocianina, que es parte de los bioflavonoides, es un colorante que va del rojo al azul y protege a las plantas, flores y frutas de la radiación ultravioleta. Debido a sus características antioxidantes, tiene un valor significativo para la salud humana. (Química, 2023). El maíz morado, en la tusa, en los granos, y en algunas variedades también en las brácteas de la mazorca, es abundante en antocianina. Investigaciones de la Universidad de Nagoya en Japón revelan que estas antocianinas pueden contribuir a prevenir el cáncer de colon, mejorar la salud cardiovascular, reducir la presión arterial, potenciar la circulación y ofrecer protección al corazón, además de tener propiedades anti-envejecimiento. (Velásquez, 2023).

Adicionalmente, se ha descubierto que tienen varios efectos benéficos sobre los vasos sanguíneos, las plaquetas y las lipoproteínas, lo que podría ayudar en la prevención de enfermedades cardíacas (Manzano, 2016).

Las 6 principales antocianinas púrpuras del maíz son cianidina-3-glucósido (Cy-3-glu), pelargonidina-3-glucósido (Pg3-glu), peonidina-3-glucósido (Pn-3-glu), y sus derivados de ácido malónico derivados unidos a la posición C-6" de la fracción de glucosa. (Lao, et al, 2017). Los mecanismos de acción de la cianidina-3- β -glucósido, pelargonidina-3- β -glucósido, peonidina-3- β -glucósido, retardan el envejecimiento celular. Numerosos estudios respaldan sus beneficios farmacológicos, dado que combaten los daños provocados por los radicales libres, el estrés oxidativo y la formación de cáncer. (Guillen, et al, 2014)

Los ácidos fenólicos comúnmente encontrados en el maíz morado son, ácido ferúlico, ácido clorogénico y ácido cafeico. El ácido ferúlico, tiene potencial antioxidante, propiedades anticancerígenas, potencial antihyperglycémico relevante para la diabetes tipo 2 y actividad

antihipertensiva, y puede contribuir al tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

(Mayorga y Perez, 2023). El ácido cafeico posee propiedades inmunoestimulantes. El ácido clorogénico contribuye a la reducción del índice de la adiposidad en las víscera. (Salvador y Pedroza, 2020).

MAG (2022), destacó que el maíz morado es rico en antioxidantes, lo que contribuye a la prevención del cáncer de colon y afecciones cardíacas. Beber maíz morado en forma de chicha diariamente no solo fortalece la protección celular, sino que también puede reducir la presión arterial. Por ello, este autor sugiere consumir hasta dos vasos de chicha morada al día, preferiblemente sin añadir azúcar y para las personas que presentan males crónicos, se puede consumir hasta 4 veces al día.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1.1 Objetivo General

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades experimentales de maíz negro USFQ 1 Y USFQ 2 en comparación con una variedad comercial INIA-601 de origen Peruano.

1.2 Objetivo Especifico

- Registrar y cuantificar diez variables agronómicas en las dos variedades experimentales de maíz negro y el testigo (INIA-601).
- Comparar las diez variables agronómicas de las variedades experimentales con el testigo.
- Determinar los contenidos de antocianinas de las dos variedades experimentales con el testigo.
- Seleccionar la mejor variedad experimental de maíz negro en base a las diez variables con fines de producción de semilla comercial.

1.3 Hipótesis

- Las variedades experimentales de maíz negro, presentan mejores características que la variedad testigo (INIA-601).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Material biológico

Las características de la variedad experimental USFQ 1 fueron: la floración masculina tuvo un rango de 95 a 97 días; la floración femenina, fue en 108 a 111 días; la altura de planta medida en metros, tuvo un rango de 1,83 a 2,95 metros; la altura de la mazorca fue entre 1,08 y 1,79 metros; el grosor del tallo se midió en centímetros y se obtuvo un rango de 1,45 a 1,93 cm; la longitud de mazorca también se midió en centímetros y tuvo un rango de 10 a 17,33 cm; el diámetro de mazorca fue de 4,00 a 5,15 cm; el número de hileras (N°) por mazorca fue entre 9,50 y 12,00; el número de granos por hilera (N°), fue de 14,00 a 25,50; y por último el peso de campo (kg/parcela), fue entre 0,41 – 1,58.

Las características de la variedad experimental USFQ 2 fueron: la floración masculina tuvo un rango de 95 a 101 días; la floración femenina, fue en 101 a 108 días; la altura de planta medida en metros, tuvo un rango de 2,18 a 2,70 metros; la altura de la mazorca fue entre 1,15 y 1,70 metros; el grosor del tallo se midió en centímetros y se obtuvo un rango de 1,40 a 2,10 cm; la longitud de mazorca también se midió en centímetros y tuvo un rango de 14 a 17,33 cm; el diámetro de mazorca fue de 4,68 a 5,9 cm; el número de hileras (N°) por mazorca fue entre 9,7 y 12,7; el número de granos por hilera (N°), fue de 19,33 a 28,33; y por último el peso de campo (kg/parcela), fue entre 1,09 – 2,58.

4.2 Manejo del Experimento

Se evaluaron dos variedades experimentales de maíz negro (USFQ 1 Y USFQ 2) y un testigo, que fue la variedad introducida del Perú (INIA-601). En la granja experimental Puumbo de la USFQ , con coordenadas, Grados decimales (DD): -0,203224,-78,356468. Grados, minutos y segundos (DMS): 0°12'12.7"S 78°21'23.3"W. (Ciclo 2022-2023). Según los datos de una semana de la estación meteorológica, la humedad relativa promedio es de

76,02%, la temperatura promedio es de 15,85 °C, la precipitación promedio es de 0,0015 mm, la velocidad del viento promedio es de 0,13 m/s y la radiación solar es de 226,03 w/m².

Se utilizó un sistema de medios hermanos (III ciclo) con dos lotes conformados cada uno por 25 familias de cada variedad y 5 familias del testigo; en surcos individuales separados a 80 cm y una distancia entre sitios de 50 cm, con dos plantas por sitio de siembra. El área neta de la parcela fue de 4.40 m² y se registraron diez variables.

Las fechas de siembra de las dos variedades fueron, el 30 de septiembre del 2022 (USFQ 1) y 7 de octubre del 2022 (USFQ 2). Se realizaron diferentes labores culturales, raleo de plantas, deshierbas y medio aporque. Además se realizó una aplicación de urea para cada una de las variedades a los 45 días de la siembra. Para el control de los gusanos de la mazorca, se realizaron 10 aplicaciones de aceite vegetal aplicado en las inflorescencias femeninas de cada planta. Estas aplicaciones fueron a partir de que las plantas tuvieron un 30% de floración femenina, con aplicaciones semanales de 2 a 4 L/ha.

En la cosecha se realizaron selecciones individuales de plantas por cada familia, dando un total de 96 selecciones de la variedad 1 y 99 selecciones de la variedad 2.

4.3 Métodos Estadísticos

Con los resultados de cada variable se realizaron comparaciones entre variedades y entre cada variedad vs el testigo; se utilizó un análisis estadístico de “t” pareada, con una probabilidad del error del 5% ($p \leq 0.05$). La Prueba “t” pareada es una técnica estadística que se utiliza para comparar las medias de dos grupos vinculados y evaluar si las diferencias observadas entre ellos son estadísticamente significativas. (Gonzales, 2023)

El análisis de las variables fue realizado con el programa estadístico de Excel para Mac, versión 16.78.3.

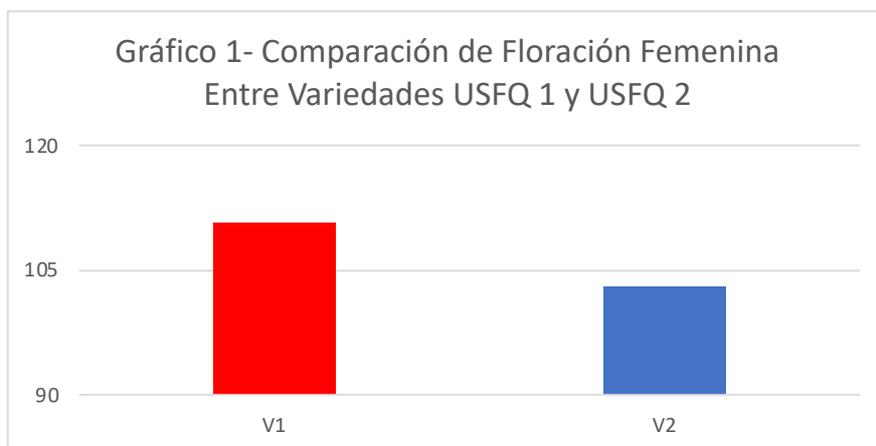
Para la prueba de “t” pareada se utilizaron las diez variables agronómicas; la floración femenina y masculina fueron medidas en días, la altura de planta y de mazorca fueron medidas en metros, la unidad de medida del grosor del tallo, la longitud y el diámetro de la

mazorca fue centímetros, el rendimiento de campo fue calculado en kg/parcela y en toneladas/ hectárea, por último se cuantifico el número de hileras por mazorca y de granos por hilera por mazorca.

V. RESULTADOS

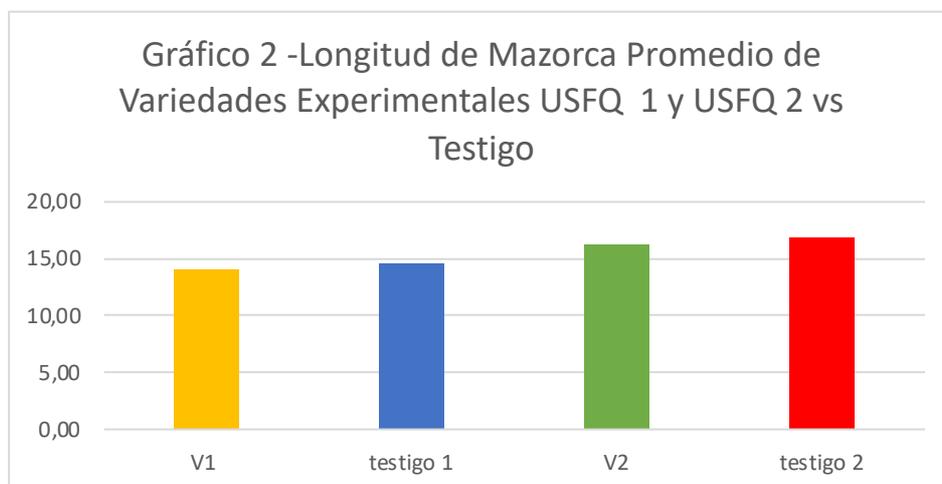
En la comparación entre las variedades USFQ 1 Y USFQ 2 no se encontraron diferencias significativas, ($p \leq 0.05$) según la prueba estadística de t; para las variables de floración, altura de planta y de mazorca, grosor del tallo, longitud y el diámetro de la mazorca, número de hileras y de granos por hilera, el peso de campo expresado en kg/parcela y en toneladas/hectárea. Para la variable días en floración femenina se encontraron diferencias significativas entre las dos variedades con un valor de $t = 2,47^*$, pero no hubo diferencia en comparación con la variedad testigo.

Gráfico 1: Comparación de Floración Femenina



5.1 Longitud de La Mazorca

Gráfico 2: Longitud de Mazorca Promedio de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo

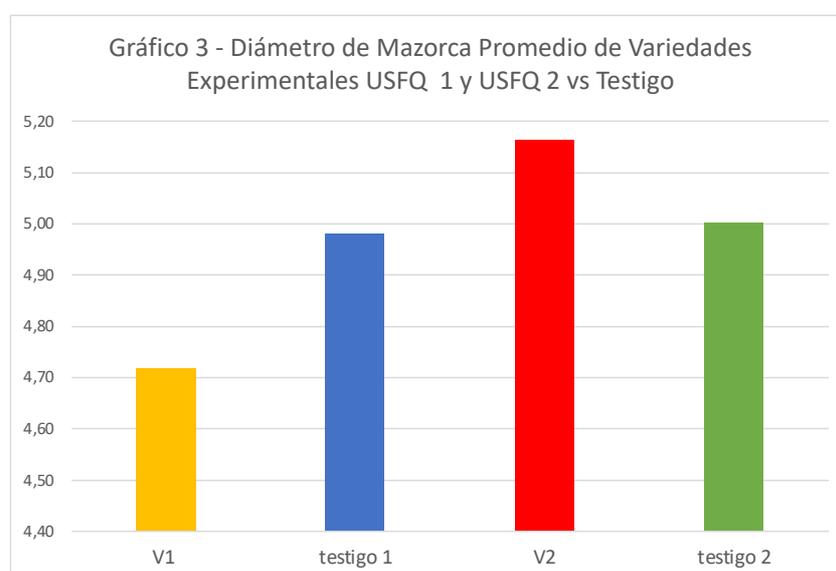


*Los testigos 1 y 2 que corresponden a los lotes se siembra 1 y 2 con la variedad INIA-601

De acuerdo con el Gráfico 2, en el lote 2 con la variedad testigo INIA-601 se obtuvo un mayor promedio en longitud de mazorca (16,78 cm) comparado con las variedades USFQ 1 (13,97 cm) y USFQ 2 (16,17 cm). Por otra parte, en el lote 1 con la variedad testigo INIA-601, se registró un valor de 14,55 cm. En términos porcentuales la variedad testigo superó a la mejor variedad (USFQ 2) en un 3,63%.

5.2 Diámetro de La Mazorca

Gráfico 3: Diámetro de Mazorca Promedio de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo

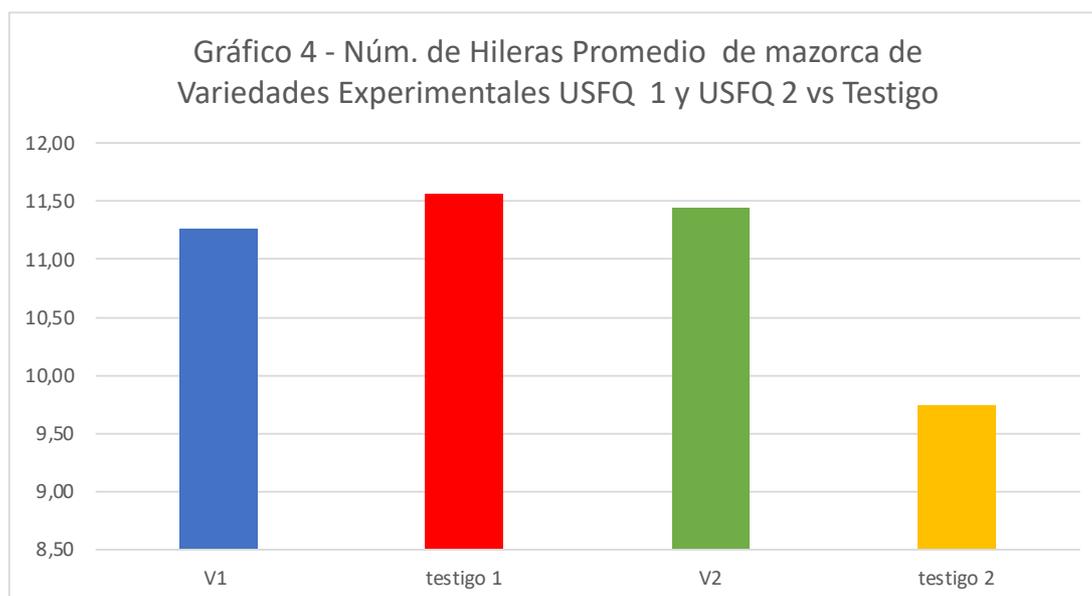


*Los testigos 1 y 2 que corresponden a los lotes se siembra 1 y 2 con la variedad INIA-601

De acuerdo con el Grafico 3, la variedad USFQ 2 (5,16 cm) superó en la media del diámetro de mazorca, a la variedad testigo en los dos lotes y a la variedad USFQ 1. Con una diferencia porcentual de 3,49% con el testigo 1, 3,10% con el testigo 2 y el mayor porcentaje de diferencia fue con la variedad USFQ 1 con 7,36%.

5.3 Número de Hileras Promedio Por mazorca

Gráfico 4: Núm. Hileras Promedio por mazorca de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo

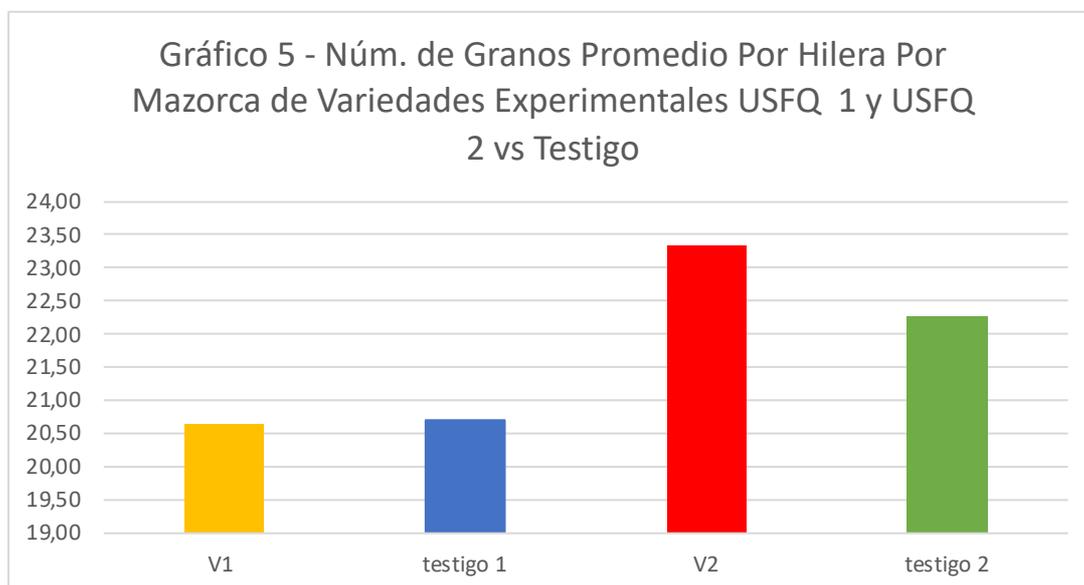


**Los testigos 1 y 2 que corresponden a los lotes se siembra 1 y 2 con la variedad INIA-601*

De acuerdo con el Grafico 4, en el lote 1 con la variedad testigo INIA-601 se obtuvo un mayor promedio en el número de hileras por mazorca (11,57) comparado con las variedades USFQ 1 (11,27) y USFQ 2 (11,45). Por otra parte, en el lote 2 con la variedad testigo INIA-601, se registró un valor de 9,73. En términos porcentuales la variedad testigo supero a la mejor variedad (USFQ 2) en un 1,04%.

5.4 Número De Granos Promedio Por Hilera Por Mazorca

Gráfico 5: Núm. Granos Promedio de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo

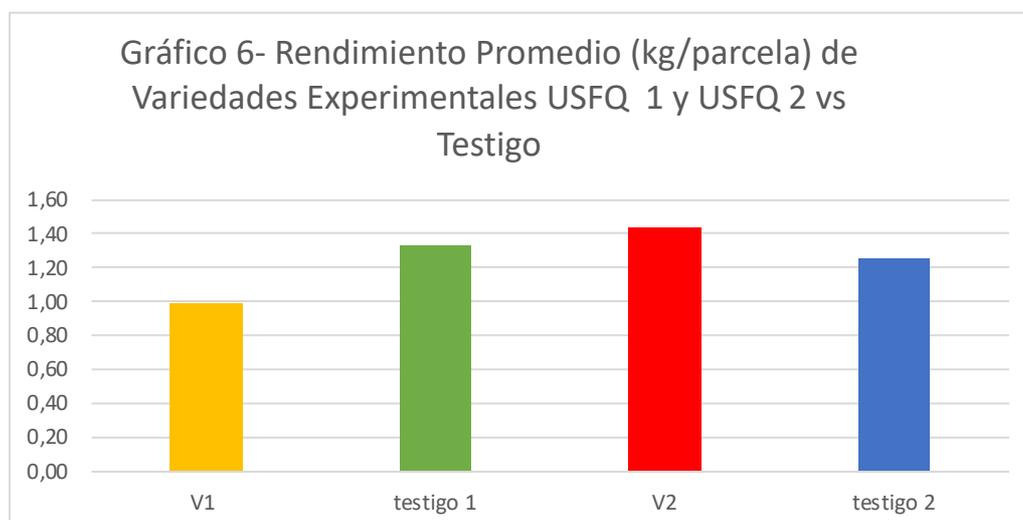


*Los testigos 1 y 2 que corresponden a los lotes se siembra 1 y 2 con la variedad INIA-601

De acuerdo con el Gráfico 5, la variedad USFQ 2 (23,32) superó en la media del número de granos promedio por hilera por mazorca, a la variedad testigo en los dos lotes y a la variedad USFQ 1. Con una diferencia porcentual de 11,23% con el testigo 1, 11,54% con la variedad USFQ 2 y el menor porcentaje de diferencia fue con el testigo 2 con 4,50%.

5.5 Peso kg/parcela

Gráfico 6: Rendimiento Promedio (kg/parcela) de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo

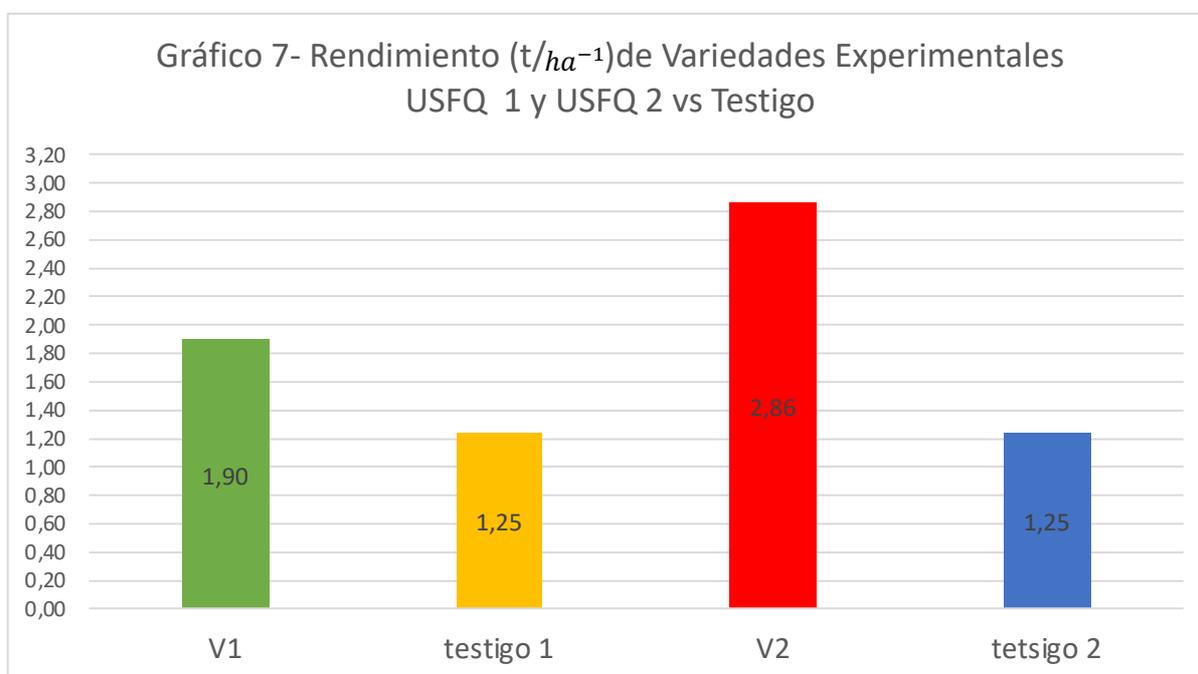


*Los testigos 1 y 2 que corresponden a los lotes se siembra 1 y 2 con la variedad INIA-601

De acuerdo con el Grafico 6, en la variable del rendimiento promedio en kg/parcela el mejor resultado fue el de la variedad USFQ 2, con un rendimiento de 1,44 kg/parcela. Seguido por la variedad testigo INIA-601 en el lote 1, que obtuvo un rendimiento promedio de 1,33 kg/parcela. Por otra parte, la variedad USFQ 1, registró tener el menor valor con un rendimiento de 0,99 kg/parcela. En términos porcentuales la variedad USFQ 2 supero al rendimiento de la variedad testigo 1 en un 7,64%.

5.6 Peso toneladas/hectáreas

Gráfico 7: Rendimiento Promedio toneladas por hectárea de Variedades Experimentales USFQ 1 y USFQ 2 vs Testigo



**Los testigos 1 y 2 que corresponden a los lotes se siembra 1 y 2 con la variedad INIA-601*

De acuerdo con el Grafico 7, las variedades experimentales USFQ 1 y USFQ 2 superaron a la variedad testigo INIA-601 en los dos lotes. Existió una diferencia porcentual de 56,29% entre la variedad USFQ 2 y el testigo del lote 2, y de 34,21% entre la variedad USFQ 1 y el testigo del lote 1. Sin embargo, aunque la variedad USFQ 1 supero al testigo en los dos lotes, la variedad USFQ 2 fue la de mejor rendimiento en t/ha^{-1} , obteniendo una diferencia porcentual de 33.57% en comparación con la variedad experimental USFQ 1.

5.7 Contenido de Antocianinas

En la evaluación de contenido de antocianinas en variedades de maíz negro incluyendo, grano y/o tusa, se registraron los siguientes valores. Para las 25 cruces del maíz negro que dieron origen a las variedades de USFQ 1 y USFQ 2 67.2 mg/100g; (Burneo, 2020) para INIA-601 el promedio fue de 19.16 mg/100g (Rabanal y Medina, 2021) y para la INIAP-199 fue de 121.93 mg/100g. (Villacres, et al, 2019)

VI. DISCUSIÓN

6.1 Floración masculina

El promedio de días de floración masculina de la variedad testigo INIA-601, fue 95, este resultado es diferente al obtenido de un estudio en Perú por Rabanal y Medina (2021), el cual el promedio de floración fue 98 días. Las diferencias en este caso son mínimas, ya que los dos estudios se realizaron en localidades con características similares. Las variedades USFQ 1 y USFQ 2, tuvieron un promedio de días a la floración masculina de 95 similar al valor de la variedad testigo. Estas pequeñas diferencias pueden atribuirse a alto rango de adaptación que presenta esta variedad.

6.2 Floración femenina

Los días de floración femenina de las variedades USFQ 1 y USFQ 2 fueron 110.76 y 102.96 días, estos resultados difieren de los obtenidos por Zambrano, et al., (2022), quienes obtuvieron un promedio de 126.33 días, utilizando la variedad de maíz harinoso INIAP-122. Las diferencias entre los dos estudios pueden deberse al diferente ciclo del cultivo de las variedades y a la altitud en donde fueron evaluadas; ya que la altitud influye en gran medida en el ciclo vegetativo del cultivo, es decir, mientras mayor sea la altitud, mayor será el ciclo vegetativo. (Rabanal y Medina, 2021).

Por otro lado, la variedad testigo (INIA-601) evaluada en la granja experimental de la USFQ en Puenbo a 2359 m.s.n.m presento 108 días a la floración femenina en comparación con la misma variedad evaluada en Perú a 2770 m.s.n.m., con un promedio de 102 días a la

floración. (Rabanal y Medina, 2021). Estas pequeñas diferencias pueden atribuirse a alto rango de adaptación que presenta esta variedad. Estos resultados ratifican el comportamiento de estas variedades en las dos variables relacionadas con la floración de la planta.

6.3 Altura de la planta

Los promedios de la variable de altura de planta en las variedades USFQ 1 y USFQ 2 fueron de 2.46 m y 2.50 m, estos resultados fueron similares obtenidos por Zambrano, et al., (2022), en la variedad de maíz harinoso INIAP-122, con una media de altura de planta de 2.68 m. Por otro parte, en otro estudio realizado por Rabanal y Medina (2021), la INIA-601, tuvo una altura promedio de 2.35 m, en el presente estudio esta misma variedad tuvo un promedio de 2.51 m. Estas diferencias en altura de la planta podrían atribuirse a los diferentes niveles de fertilización aplicados en los estudios.

6.4 Altura de mazorca

Los promedios de la variable de altura de mazorca de las variedades USFQ 1 y USFQ 2 fueron 1.41 m y 1.47 m respectivamente, en comparación con el estudio realizado en Perú por Rabanal y Medina (2021), evaluando la variedad INIA-601 la altura de la mazorca promedio fue de 1.25 m. Se puede ver como las variedades experimentales tienen mayor altura de mazorca en comparación con la variedad INIA-601 sembrada en Perú. Además, la variedad testigo (INIA-601) cultivada en la granja experimental en Puembo también tuvo una mayor altitud, siendo esta la mayor de todas con 1,85 m

6.5 Rendimiento

El rendimiento de las variedades USFQ 1 y USFQ 2, fue de $1.90 t/ha^{-1}$ y de $2.86 t/ha^{-1}$, estos resultados difieren de los obtenidos por Zambrano, et al., (2022), quienes obtuvieron un rendimiento promedio de $3.50 t/ha^{-1}$, utilizando la variedad de maíz harinoso INIAP-122. Estas diferencias en la productividad de las tres variedades pueden atribuirse a que las mismas fueron evaluadas bajo diferentes pisos altitudinales y diferentes niveles de

fertilidad del suelo. En otro estudio realizado por Borja, (2013), con otra variedad experimental de maíz morado, del mismo origen, el rendimiento fue de $3.09 t/ha^{-1}$. Estas diferencias de rendimiento en las variedades antes mencionadas, pueden atribuirse a, las diferentes localidades de evaluación, el diferente nivel de fertilidad el suelo y la dosis de fertilización aplicada.

En la evaluación las variedades experimentales USFQ 1 y USFQ 2, superaron al testigo ($1.25 t/ha^{-1}$). Sin embargo, la variedad INIA-601 en Perú es mayor, con un rendimiento de $4.5 t/ha^{-1}$, en el estudio realizado por Rabanal y Medina (2021). Esto se puede deber a que esta variedad tiene una adaptabilidad alta a la sierra norte del Perú, por ejemplo al departamento de Cajamarca, que es donde se realizó el estudio de Rabanal y Medina. Entonces por cuestiones de adaptabilidad, altitud, y lugar de siembra, la variedad INIA-601 sembrada en Perú fue mayor que todas.

6.6 Antocianinas

Los resultados obtenidos en el contenido de antocianinas comparados entre, las variedades experimentales USFQ 1 y USFQ 2 ($67.2 \text{ mg}/100\text{g}$), difieren de los obtenidos por Medina, que fue de $19.16 \text{ mg}/100\text{g}$ por la variedad INIA-601 y los obtenidos con la variedad INIAP-199 de $121.93 \text{ mg}/100\text{g}$. Estas diferencias pueden atribuirse, a que la evaluación fue realizada, en diferentes partes de la mazorca (grano y/o tusa); al diferente origen genético de las variedades comparadas y finalmente al diferente tipo de metodología de laboratorio, utilizado para determinar el contenido de antocianinas de estas variedades.

VII. CONCLUSIÓN

- Para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera de la variedad USFQ 1 y USFQ 2, no presentaron diferencias estadísticas significativas. ($P \leq 0.05$)

- No existió diferencia significativa para la variedad USFQ 1 vs. el testigo (INIA-601), para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera.
- Tampoco existió diferencia significativa para la variedad USFQ 2 vs. testigo (INIA-601) para las variables caracteres longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera.
- Para la variable de rendimiento en kg/parcela no existió diferencia significativa para las variedades USFQ 1 y USFQ 2 vs. el testigo (INIA-601).
- En la variable de rendimiento de t/ha^{-1} si existió diferencia estadística significativa para las variedades USFQ 1 y USFQ 2 vs. el testigo (INIA-601). Obteniendo valores de USFQ 1 con $1,90 t/ha^{-1}$, USFQ 2 con $2,86 t/ha^{-1}$ y el testigo con $1,25 t/ha^{-1}$.
- Considerando las diez variables evaluadas, la variedad USFQ 2 es la que presenta el mejor comportamiento agronómico y tiene potencial para la producción comercial de semilla.
- El contenido de antocianinas de las dos variedades experimentales, se obtuvo un promedio de 67.2 mg/100g.

Referencias:

- Ai Y, y Jane J.L. (2016). Macronutrients in Corn and Human Nutrition.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33401819/>
- Burneo, A. (2020). Evaluación de 25 cruzas (F1's) entre diferentes poblaciones de maíz morado (*Zea mays* l.) en Puenbo – Pichincha.
- Andrade, FH, et al. (1996). Ecofisiología del Cultivo de Maíz. EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press. Buenos Aires. 292 pp.
- Barandiarán, M.A. (2020). MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1643/1/Manual%20T%C3%A9cnico%20de%20Cultivo%20de%20Ma%C3%ADz%20Amarillo%20Duro.pdf>
- Bonilla-Morales, N. (2008). *Manual de recomendaciones técnicas: cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Borja, M. (2013). Evaluación de dos ciclos de producción de semilla en dos variedades mejoradas de maíz morado (*Zea mays*) en Tumbaco - Pichincha.
- Chango, L. (2012). “CONTROL DE GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)”. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3174/1/Tesis-33agr.pdf>
- Chipana, R. (2008). Aplicación de tres abonos orgánicos en maíz var. Morado arequipeño (*Zea mays* L.) para exportación en zonas áridas.
- Cuevas, E, et al. (2011). Soluble and Bound Phenolic Compounds in Different Bolivian Purple Corn (*Zea mays* L.) Cultivars. <https://doi.org/10.1021/jf201061>
- Deras, H. (2014). Guía técnica el cultivo del maíz.
<http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>

Diaz, A y Diaz, M. (2023). Efecto del momento y dosis de aplicación de dos reguladores de crecimiento, en el rendimiento y calidad de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad INIA 601 en la provincia de Cutervo, región Cajamarca, 2020 -2021.

https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/11780/D%C3%ADaz_Quispe_Alex%20y%20D%C3%ADaz_Quispe_Mois%C3%A9s.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Endicott, S, et al. (2015). Maíz Crecimiento y desarrollo.

https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf

Esquivel, A. (2022). ACHAPARRAMIENTO DEL MAÍZ.

<https://www.campoagropecuario.com.py/notas/2719/achaparramiento-del-maiz#:~:text=La%20enfermedad%20denominada%20achaparramiento%20del,un%20virus%20del%20g%C3%A9nero%20Marafivirus.>

FAO.(2023). Tipos de maíz.

<https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s07.htm#:~:text=MA%C3%8DZ%20REVENT%C3%93N,la%20parte%20basal%20del%20mismo.>

Garay, J.A, y Colazo J.C. (2015). El Cultivo de Maiz en San Luis.

https://www.researchgate.net/profile/JuanColazo/publication/281273477_El_cultivo_de_maiz_en_San_Luis/links/55dde7a308ae79830bb5807d/El-cultivo-de-maiz-en-San-Luis.pdf#page=13

Gonzales, F. (2023). Análisis Estadístico con Pruebas T Pareadas: Una Guía Completa.

<https://www.linkedin.com/pulse/an%C3%A1lisis-estad%C3%ADstico-con-pruebas-pareadas-una-gu%C3%ADa-francisco-gonz%C3%A1lez/?originalSubdomain=es>

Google Maps. (2023). Elevation of Puenbo, Ecuador.

https://elevation.maplogs.com/poi/puenbo_ecuador.199567.html

- Guacho, E. (2014). CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) DE LA LOCALIDAD SAN JOSÉ DE CHAZO. <https://core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf>
- Guillen, J, et al. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. Subnigroviolaceo. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172014000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gyóri, Z. (2017). Corn: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00011-5>
- Huaychani, F. (2022). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.) CON TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN CONDICIONES DE 3450 msnm EN HUANCHAC -INDEPENDENCIA - HUARAZ – 2019. https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/5256/T033_70851117_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INFOAGRO. (2012). El cultivo del maíz. <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- INIA. (2014). MAIZ INIA 601. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/65/4/Trip-ma%C3%ADz_INIA_601.pdf
- INIA. (2019). MAÍZ MORADO INIA 601 POSEE MAYORES PROPIEDADES DE ANTIOXIDANTES. <https://www.inia.gob.pe/2019-nota-159/>
- INIA. (2020). Guía de producción de maíz para pequeños agricultores. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frepositorio.iniap.gob.ec%2Fbitstream%2F41000%2F2435%2F1%2Finiapscg96.pdf&psig=AOvVaw2lJipraO1bDBp1mkM29y46&ust=1698693435605000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjhxqFwoTCMi59aj8m4IDFQAAAAAdAAAAABAK>

- INIAP. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la sierra ecuatoriana.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5796/1/GUIA%20CULTIVO%20DE%20MAIZ%202021-1.pdf>
- INIAP. (2023). INIAP-199 Racimo de UVA.
<http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/maizs/iniap199.pdf>
- INIAP. (2023). Liberación de nueva variedad de maíz INIAP-199 “Racimo de uva” se realizó en Chimborazo. <https://www.iniap.gob.ec/liberacion-de-nueva-variedad-de-maiz-iniap-199-racimo-de-uva-se-realizo-en-chimborazo/>
- INIAP. (2023). Maíz suave. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizs>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2022). Maíz morado INIA 601 potencia producción de derivados a nivel internacional. <https://www.gob.pe/institucion/inia/noticias/657542-maiz-morado-inia-601-potencia-produccion-de-derivados-a-nivel-internacional>
- Intagri. (2018). Plantas C3, C4 y CAM. https://www.intagri.com/public_files/125.-Plantas-C3-C4-y-CAM.pdf
- Intagri. (2023). El Carbón de la Espiga en el Cultivo de Maíz.
<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-carbon-de-la-espiga-en-el-cultivo-demaiz#:~:text=Una%20medida%20de%20control%20cultural,la%20diseminaci%C3%B3n%20de%20las%20esporas.>
- ITIS. (2023). *Zea mays* L. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42269#null
- Lao, F, et al. (2017). Health Benefits of Purple Corn (*Zea mays*L.) Phenolic Compounds.
 doi:10.1111/1541-4337.12249
- Mag. (2022). Qué pasa si tomo chicha morada a diario. <https://mag.elcomercio.pe/respuestas/que-pasa-si-tomo-chicha-morada-a-diario-trucos-caseros-remedios->

- Roselló, J. (2015). FUNDAMENTOS DE LA MULTIPLICACIÓN DE PLANTAS PARA AGRICULTORES. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag56047/FUNDAMENTOS%20DE%20LA%20MULTIPLICACION%20DE%20PLANTAS%20PARA%20AGRICULTORES.pdf>
- Salvador, R y Pedroza, M. (2020). Peruvian Andean maize: General characteristics, nutritional properties, bioactive compounds, and culinary uses. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108934>
- Sauthier, M y Castaño, F. (2004). Dispersión del polen en un cultivo de maíz. <https://www.redalyc.org/pdf/145/14502909.pdf>
- Sinha, A, et al. (2011). Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – A review. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.042>
- Staller, J. (2010). Maize cobs and cultures. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04506-6>
- Velásquez, H. (2023). Experiencia de maíz morado en el Fundo Agroecológico HECOSAN. https://raaa.org.pe/storage/uploads/posts/post_20230717091057.docx
- Villacres, E, et al. (2019). Impacto del procesamiento sobre los compuestos con propiedades antioxidantes de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) Compuestos con propiedades antioxidantes en dos variedades de maíz crudo y procesado. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5736/1/2019-Publicacion%20antioxidantes%20maiz%20Avances%20en%20ingenieria%20USFQ.pdf>
- Yánes, C, et al. (2016). Ficha Técnica de la Variedad de Maiz Negro INIAP-199 “Racimo de Uva”. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3166/1/iniapscCD25.pdf>
- Zambrano, J.L, et al. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. INIAP, Manual No. 122. Quito, Ecuador
- Zambrano, J.L, et al. (2022). Evaluación del acolchado plástico en la producción de maíz harinoso (*Zea mays* L. var. *amylacea* St.) en la Sierra del Ecuador. <https://www.rese>

archgate.net/profile/Alberto-Roura/publication/364324744_Representatividad_de_la_coleccion_de_maiz_de_altura_del_Banco_de_Germoplasma_del_INIAP-Ecuador/links/634862cf76e39959d6be4db7/Representatividad-de-la-coleccion-de-maiz-de-altura-del-Banco-de-Germoplasma-del-INIAP-Ecuador.pdf#page=72

ANEXO A: Taxonomía

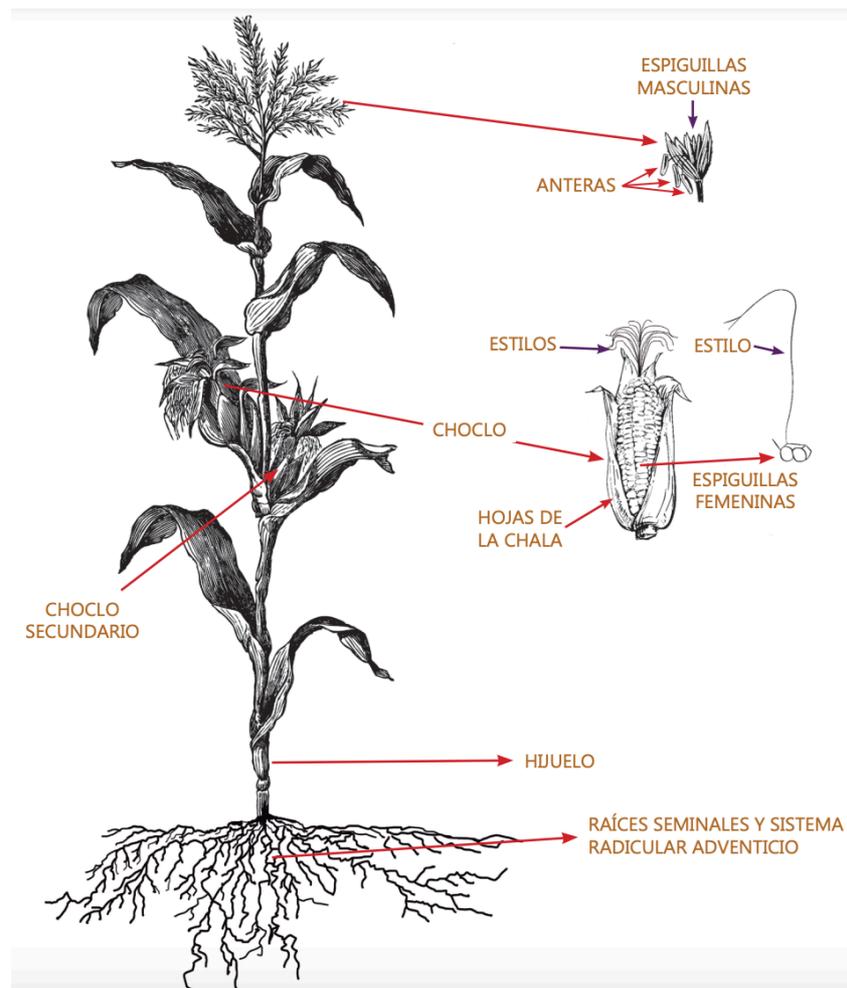
Figura 1: Anexo A

Taxonomic Hierarchy	
Kingdom	Plantae – plantes, Planta, Vegetal, plants
Subkingdom	Viridiplantae – green plants
Infrakingdom	Streptophyta – land plants
Superdivision	Embryophyta
Division	Tracheophyta – vascular plants, tracheophytes
Subdivision	Spermatophytina – spermatophytes, seed plants, phanérogames
Class	Magnoliopsida
Superorder	Lilianae – monocots, monocotyledons, monocotylédones
Order	Poales
Family	Poaceae – grasses, graminées
Genus	Zea L. – corn
Species	<i>Zea mays</i> L. – corn

Fuente: ITIS. (2023).

ANEXO B: Fisiología

Figura 2: Anexo B



Fuente: INIA. (2020).

ANEXO C: Grosor Tallo

Tabla 1: Calculo de t - Grosor Tallo

Grosor Tallo - promedio plantas seleccionadas (cm)					varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla
Surcos	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{X_1 - X_2}{\delta d}$	t tab 5%
1	1,77	1,77	0,00	0,00		0,06	0,25	2,04
2	1,95	1,40	0,55	0,30				
3	1,45	1,80	-0,35	0,12				
4	1,93	1,87	0,07	0,00				
5	1,70	1,30	0,40	0,16				
6	1,60	1,87	-0,27	0,07				
7	1,97	1,90	0,07	0,00				
8	2,07	1,65	0,42	0,17				
9	2,15	1,77	0,38	0,15				
10	1,77	1,77	0,00	0,00				
11	1,63	1,70	-0,07	0,00				
12	1,65	1,63	0,02	0,00				
13	1,55	1,60	-0,05	0,00				
14	1,53	1,43	0,09	0,01				
15	1,77	1,45	0,32	0,10				
16	1,63	1,80	-0,17	0,03				
17	1,75	1,85	-0,10	0,01				
18	1,87	1,57	0,30	0,09				
19	1,57	1,90	-0,33	0,11				
20	1,97	1,57	0,40	0,16				
21	1,90	2,10	-0,20	0,04				
22	1,60	1,65	-0,05	0,00				
23	1,85	1,75	0,10	0,01				
24	1,80	2,00	-0,20	0,04				
25	1,90	1,70	0,20	0,04				
Suma	44,31	42,78	1,53	1,63				
Promedios	1,77	1,71						

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de grosor del tallo
 Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de grosor del tallo
 Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de grosor de tallo

Fuente: Autor

ANEXO D: Floración Masculina

Tabla 2: Calculo de t - Floración Masculina

Floración masculina num de días					varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla
Surcos	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{X_1 - X_2}{\delta d}$	t tab 5%
1	97	95	2	4		6,23	2,50	-0,13
2	97	101	-4	16				
3	97	95	2	4				
4	97	95	2	4				
5	97	95	2	4				
6	97	95	2	4				
7	97	95	2	4				
8	97	95	2	4				
9	95	101	-6	36				
10	95	101	-6	36				
11	95	95	0	0				
12	95	95	0	0				
13	95	95	0	0				
14	95	95	0	0				
15	95	95	0	0				
16	95	95	0	0				
17	95	101	-6	36				
18	95	95	0	0				
19	95	95	0	0				
20	95	95	0	0				
21	95	95	0	0				
22	95	95	0	0				
23	95	95	0	0				
24	95	95	0	0				
25	95	95	0	0				
Suma	2391	2399	-8	152				
Promedios	95,64	95,96						

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de floración masculina
 Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de floración masculina
 Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de floración masculina

Reglas:
 - se acepta la HN cuando la t calc es menor que la t tab
 - se rechaza la HN cuando la t calc es mayor que la t tab

Fuente: Autor

ANEXO E: Longitud Mazorcas

Tabla 3: Calculo de t- Longitud Mazorcas

Longitud Mazorcas - promedio plantas selec. (cm)					varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla
Surcos	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta d}$	t tab 5%
1	12,25	16,88	-4,63	21,39	3,55	1,88	-1,07	2,04
2	10	17,25	-7,25	52,56				
3	14,29	17	-2,71	7,34				
4	13,67	15,2	-1,53	2,35				
5	12,67	16,58	-3,91	15,32				
6	14,5	16,4	-1,90	3,61				
7	12,8	16,5	-3,70	13,69				
8	17,33	17	0,33	0,11				
9	17	16,33	0,67	0,44				
10	14,5	14	0,50	0,25				
11	12,5	15	-2,50	6,25				
12	15,5	15	0,50	0,25				
13	14,33	17,25	-2,92	8,51				
14	14,5	14,25	0,25	0,06				
15	17	21	-4,00	16,00				
16	13,71	16,67	-2,95	8,72				
17	14,5	16,17	-1,67	2,78				
18	12,75	14	-1,25	1,56				
19	15	16	-1,00	1,00				
20	12,67	15,6	-2,93	8,60				
21	14	14,5	-0,50	0,25				
22	15	17,33	-2,33	5,44				
23	16,5	18	-1,50	2,25				
24	12	14,67	-2,67	7,11				
25	13	13,67	-0,67	0,44				
Suma	351,97	402,24	-50,27	186,30				
Promedios	14,08	16,09						

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de longitud de mazorca
 Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de longitud de mazorca
 Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de longitud de mazorca

Fuente: Autor

ANEXO F: Floración Femenina

Tabla 4: Calculo de t- Floración Femenina

Floración femenina					varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla
Surcos	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta d}$	t tab 5%
1	111	108	3	9	10,00	3,16	2,47	2,04
2	111	101	10	100				
3	111	108	3	9				
4	111	101	10	100				
5	111	101	10	100				
6	111	108	3	9				
7	111	108	3	9				
8	111	101	10	100				
9	111	101	10	100				
10	111	108	3	9				
11	111	101	10	100				
12	111	108	3	9				
13	111	101	10	100				
14	111	101	10	100				
15	111	101	10	100				
16	111	101	10	100				
17	111	108	3	9				
18	111	101	10	100				
19	111	101	10	100				
20	111	101	10	100				
21	108	101	7	49				
22	111	101	10	100				
23	108	101	7	49				
24	111	101	10	100				
25	111	101	10	100				
Suma	2769	2574	195	1761				
Promedios	110,76	102,96						

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de inflorescencia femenina
 Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de inflorescencia femenina
 Resultado: La t calculada es mayor que la t tabulada, por lo tanto se rechaza la hipotesis nula, ya que si hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de inflorescencia femenina

Fuente: Autor

ANEXO G: Diámetro de Mazorca

Tabla 5: Calculo de t- Diámetro de Mazorca

Diámetro Mazorca - promedio plantas selec. (cm)			varianza de la diferencia entre medias		Error estandar	t calc	De la tabla	
Surcos	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{X_1 - X_2}{\delta d}$	t tab 5%
1	4,48	4,87	-0,40	0,16	0,24	0,49	-0,52	2,04
2	4,00	5,18	-1,18	1,38				
3	4,98	4,86	0,12	0,02				
4	5,07	4,84	0,23	0,05				
5	4,50	4,94	-0,44	0,19				
6	4,85	4,94	-0,09	0,01				
7	4,90	4,75	0,15	0,02				
8	5,03	5,05	-0,02	0,00				
9	5,20	4,87	0,33	0,11				
10	4,90	5,3	-0,40	0,16				
11	4,80	4,55	0,25	0,06				
12	5,15	5,18	-0,03	0,00				
13	4,73	5,2	-0,47	0,22				
14	5,02	5	0,02	0,00				
15	4,40	5,9	-1,50	2,25				
16	4,93	4,93	0,00	0,00				
17	4,75	4,8	-0,05	0,00				
18	4,90	5,9	-1,00	1,00				
19	4,65	4,8	-0,15	0,02				
20	4,80	5,02	-0,22	0,05				
21	4,90	5,18	-0,28	0,08				
22	4,20	5,3	-1,10	1,21				
23	4,95	4,9	0,05	0,00				
24	4,80	5,3	-0,50	0,25				
25	5,00	4,67	0,33	0,11				
Suma	119,89	126,21	-6,33	7,35				
Promedios	4,80	5,05						

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de diámetro de mazorca
 Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de diámetro de mazorca
 Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia

Fuente: Autor

ANEXO H: Altura de Planta

Tabla 6: Calculo de t- Altura de Planta

Altura de la Planta (m) promedio plantas selec			varianza de la diferencia entre medias		Error estandar	t calc	De la tabla	
Surcos	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{X_1 - X_2}{\delta d}$	t tab 5%
1	2,02	2,20	-0,18	0,03	0,09	0,29	-0,13	2,04
2	2,33	2,60	-0,27	0,07				
3	1,83	2,59	-0,76	0,58				
4	2,40	2,37	0,03	0,00				
5	2,19	2,56	-0,37	0,14				
6	2,57	2,30	0,27	0,07				
7	2,58	2,47	0,12	0,01				
8	2,44	2,18	0,25	0,06				
9	2,95	2,62	0,34	0,11				
10	2,72	2,42	0,30	0,09				
11	2,62	2,58	0,03	0,00				
12	2,82	2,52	0,30	0,09				
13	2,57	2,73	-0,17	0,03				
14	2,53	2,44	0,09	0,01				
15	2,45	2,52	-0,07	0,01				
16	2,36	2,70	-0,34	0,12				
17	2,37	2,38	0,00	0,00				
18	2,61	2,70	-0,09	0,01				
19	1,98	2,63	-0,66	0,43				
20	2,62	2,48	0,13	0,02				
21	2,84	2,61	0,23	0,05				
22	2,18	2,50	-0,31	0,10				
23	2,65	2,47	0,18	0,03				
24	2,55	2,45	0,10	0,01				
25	2,43	2,55	-0,12	0,02				
Suma	61,60	62,57	-0,97	2,09				
Promedios	2,46	2,50						

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de altura de planta
 Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de altura de planta
 Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de altura de planta

Fuente: Autor

ANEXO I: Número de Hileras

Tabla 7: Calculo de t-Número de Hileras

# Hilera - promedio plantas selec.					varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla	
Surco	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta d}$	t tab 5%	
1	9,50	11,3	-1,83	3,36		1,74	1,32	-0,17	2,04
2	13,00	9,7	3,33	11,11					
3	10,50	11,5	-1,00	1,00					
4	12,00	12,0	0,00	0,00					
5	10,67	9,7	0,93	0,87					
6	10,50	12,0	-1,50	2,25					
7	12,00	12,5	-0,50	0,25					
8	12,50	11,5	1,00	1,00					
9	12,00	10,3	1,67	2,78					
10	11,33	10,5	0,83	0,69					
11	10,00	12,0	-2,00	4,00					
12	11,00	11,0	0,00	0,00					
13	10,33	11,3	-1,00	1,00					
14	11,33	10,7	0,67	0,44					
15	11,00	13,0	-2,00	4,00					
16	10,33	11,7	-1,33	1,78					
17	10,67	11,3	-0,67	0,44					
18	11,50	14,0	-2,50	6,25					
19	12,00	11,0	1,00	1,00					
20	12,00	12,7	-0,67	0,44					
21	11,00	11,3	-0,33	0,11					
22	13,00	12,7	0,33	0,11					
23	11,00	11,0	0,00	0,00					
24	12,00	12,0	0,00	0,00					
25	11,33	11,3	0,00	0,00					
Suma	282,50	288,07	-5,57	42,90					
Promedios	11,30	11,52							

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable numero de hileras
Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de numero de hileras
Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de numero de hileras

Fuente: Autor

ANEXO J: Peso kg/ha

Tabla 8: Calculo de t- Peso kg/ha

Peso - promedio surco sin selec/ selec (kg)					varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla	
Surco	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta d}$	t tab 5%	
1	0,48	2,12	-1,64	2,71		0,26	0,51	-1,60	2,04
2	0,41	1,33	-0,92	0,85					
3	1,05	2,14	-1,09	1,19					
4	0,76	2,04	-1,28	1,64					
5	1,13	2,40	-1,27	1,61					
6	1,12	1,60	-0,48	0,23					
7	0,74	2,58	-1,85	3,40					
8	0,99	2,09	-1,10	1,20					
9	1,26	1,83	-0,57	0,32					
10	1,09	1,42	-0,33	0,11					
11	1,06	1,39	-0,34	0,11					
12	1,18	1,63	-0,45	0,20					
13	0,99	1,95	-0,96	0,93					
14	1,20	2,03	-0,84	0,70					
15	1,06	1,09	-0,03	0,00					
16	1,26	1,41	-0,16	0,02					
17	1,58	3,52	-1,94	3,78					
18	0,81	1,02	-0,21	0,04					
19	0,91	1,90	-1,00	0,99					
20	0,95	1,85	-0,90	0,81					
21	1,14	1,92	-0,78	0,61					
22	0,89	1,17	-0,29	0,08					
23	1,06	1,75	-0,69	0,47					
24	0,98	1,65	-0,68	0,46					
25	0,90	1,52	-0,62	0,38					
Suma	24,96	45,35	-20,39	22,86					suma
Promedios	1,00	1,81							promedio

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de peso
Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de peso
Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de peso

Fuente: Autor

ANEXO K: Altura de Mazorca

Tabla 9: Calculo de t - Altura de Mazorca

Altura de la Mazorca (m) promedio plantas selec						varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla
Surcos	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta d}$	t tab 5%	
1	1,08	1,15	-0,07	0,004	0,04	0,19	-0,27	2,04	
2	1,20	1,50	-0,30	0,092					
3	1,09	1,31	-0,22	0,048					
4	1,33	1,37	-0,04	0,002					
5	1,24	1,40	-0,17	0,028					
6	1,51	1,18	0,33	0,111					
7	1,38	1,17	0,22	0,047					
8	1,33	1,37	-0,04	0,002					
9	1,67	1,59	0,08	0,006					
10	1,58	1,50	0,08	0,007					
11	1,50	1,40	0,10	0,011					
12	1,66	1,50	0,16	0,025					
13	1,50	1,78	-0,28	0,078					
14	1,49	1,51	-0,02	0,000					
15	1,48	1,48	0,01	0,000					
16	1,44	1,74	-0,30	0,088					
17	1,36	1,60	-0,24	0,058					
18	1,41	1,70	-0,29	0,082					
19	1,10	1,48	-0,39	0,150					
20	1,32	1,41	-0,09	0,008					
21	1,79	1,49	0,30	0,090					
22	1,32	1,46	-0,14	0,019					
23	1,61	1,62	-0,01	0,000					
24	1,48	1,50	-0,02	0,000					
25	1,45	1,42	0,03	0,001					
Suma	35,35	36,63	-1,29	0,96					
Promedios	1,41	1,47							

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de altura de la mazorca

Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de altura de la mazorca

Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de altura de la mazorca

Fuente: Autor

ANEXO L: Número de Granos por Mazorca

Tabla 10: Calculo de t - Número de Granos por Mazorca

# Granos - promedio plantas selec.						varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla
Surco	V1	V2	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta d}$	t tab 5%	
1	20,00	28,33	-8,33	69,44	13,28	3,64	-1,02	2,04	
2	14,00	25,00	-11,00	121,00					
3	17,00	25,00	-8,00	64,00					
4	20,00	22,67	-2,67	7,11					
5	19,67	22,27	-2,60	6,76					
6	17,50	25,00	-7,50	56,25					
7	14,33	24,50	-10,17	103,36					
8	25,50	26,50	-1,00	1,00					
9	24,00	22,33	1,67	2,78					
10	20,00	23,00	-3,00	9,00					
11	19,50	24,00	-4,50	20,25					
12	22,00	24,00	-2,00	4,00					
13	22,33	23,67	-1,33	1,78					
14	24,00	19,33	4,67	21,78					
15	28,50	29,00	-0,50	0,25					
16	20,00	27,00	-7,00	49,00					
17	22,33	26,33	-4,00	16,00					
18	19,50	21,00	-1,50	2,25					
19	21,50	25,33	-3,83	14,69					
20	17,67	21,33	-3,67	13,44					
21	19,50	24,33	-4,83	23,36					
22	21,00	25,00	-4,00	16,00					
23	26,00	25,00	1,00	1,00					
24	18,67	23,67	-5,00	25,00					
25	17,33	21,00	-3,67	13,44					
Suma	511,83	604,60	-92,77	662,95					
Promedios	20,47	24,18							

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable numero de granos

Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de numero de granos

Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de numero de granos

Fuente: Autor

ANEXO M: Peso t/ha^{-1}

Tabla 11: Calculo de t -Peso t/ha^{-1}

toneladas			varianza de la diferencia entre medias	Error estandar	t calc	De la tabla
$PGC = PG(0,7236)V1(0,75)V2\left(\frac{100 - 0,1825}{85}\right)\left(\frac{10}{4,40}\right)$	$d = X_1 - X_2$	d^2	$\delta^2 d = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}$	$\delta d = \sqrt{\delta^2 d}$	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta d}$	t tab 5%
			0,78	0,88	-1,46	2,04
0,88	3,66	-2,79	7,76			
0,76	2,30	-1,54	2,38			
1,94	3,70	-1,76	3,08			
1,40	3,53	-2,12	4,51			
2,09	4,15	-2,05	4,22			
2,06	2,77	-0,70	0,49			
1,36	4,46	-3,10	9,61			
1,83	3,61	-1,78	3,16			
2,33	3,16	-0,83	0,70			
2,01	2,45	-0,44	0,20			
1,95	2,40	-0,45	0,20			
2,19	2,82	-0,63	0,40			
1,83	3,37	-1,54	2,39			
2,21	3,51	-1,30	1,69			
1,96	1,88	0,08	0,01			
2,32	2,44	-0,12	0,01			
2,91	6,08	-3,17	10,05			
1,50	1,76	-0,27	0,07			
1,67	3,28	-1,61	2,60			
1,75	3,20	-1,45	2,09			
2,10	3,32	-1,22	1,48			
1,64	2,02	-0,39	0,15			
1,96	3,02	-1,06	1,12			
1,80	2,85	-1,05	1,10			
1,67	2,63	-0,96	0,92			
46,13	78,38	-32,25	60,39			
1,85	3,14					

Hipotesis nula: No existe diferencia significativa de la media de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de peso por parcela toneladas

Hipotesis alternativa: Existe diferencia entre medias de la variedad 1 y la variedad 2 en la variable de peso por parcela toneladas

Resultado: La t calculada es menor que la t tabulada, por lo tanto se acepta la hipotesis nula, ya que no hay diferencia significativa entre medias de las dos variedades en la variable de peso por parcela toneladas

Fuente: Autor