



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO A DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN, EN EL CANTÓN PINDAL DE LA PROVINCIA DE LOJA

Tesis de Grado Previa a la Obtención
del Título de Ingeniero Agrónomo

Autor: Diego Alexander Granda Samaniego

Director: Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2021

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

**Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS**

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO A DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN, EN EL CANTÓN PINDAL DE LA PROVINCIA DE LOJA” de autoría del señor **Diego Alexander Granda Samaniego**, egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica, ha sido desarrollado y concluido de acuerdo a las normas y reglamentos requeridos por la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, por lo que autorizo su publicación y presentación a las instancias correspondientes.

Loja, 13 de febrero de 2021



**Ing. Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS**

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO A DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN, EN EL CANTÓN PINDAL DE LA PROVINCIA DE LOJA” de autoría del Sr. Diego Alexander Granda Samaniego, egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica, se le ha manifestado al postulante realizar ciertos cambios que mejoren la presentación del trabajo de investigación.

Así mismo, luego de verificar que las correcciones han sido incluidas en el trabajo investigativo, y al estar acorde a los requerimientos de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, el Tribunal de Grado procede aprobar y calificar la presente tesis, finalmente se autoriza que el señor egresado continúe con los trámites pertinentes.

Loja, 4 de mayo del 2021



Firmado electrónicamente por:
**KLEVER ANIBAL
CHAMBA
CAILLAGUA**

Ing. Klever Chamba Caillagua
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**PAULINA VANESA
FERNANDEZ
GUARNIZO**

Mg. Sc. Paulina Fernández Guarnizo
VOCAL

**FRANCISCO
O JAVIER
GUAYLLAS
GUAYLLAS**

Firmado digitalmente
porFRANCISCO JAVIER
GUAYLLAS GUAYLLAS
DN: cn=FRANCISCO JAVIER
GUAYLLAS GUAYLLAS e=EC
@QUITO o=BANCO CENTRAL
DEL ECUADOR ou=ENTIDAD
DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE
Motivo:Apruebo este documento
Ubicación:
Fecha:2021-05-05 17:58-05:00

Mg. Sc. Francisco Guayllas Guayllas
VOCAL

AUTORÍA

Yo, Diego Alexander Granda Samaniego declaro ser el autor del presente TRABAJO DE TESIS y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja a sus representantes Jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
DIEGO ALEXANDER
GRANDA SAMANIEGO

Autor: Sr. Diego Alexander Granda Samaniego

Cédula: 0704845775

Fecha: Loja, 5 de mayo de 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Diego Alexander Granda Samaniego**, declaro ser el autor de la tesis titulada **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO A DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN, EN EL CANTÓN PINDAL DE LA PROVINCIA DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrónomo, por lo que autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre a mundo la publicación intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden hacer uso de este trabajo investigativo en las redes de información del país (RID) y del exterior, con las que mantenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio de dicha tesis que realice una tercera persona.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cinco días del mes de mayo del dos mil veinte y uno, firma el autor.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ALEXANDER
GRANDA SAMANIEGO**

Autor: Diego Alexander Granda Samaniego

Número de cédula: 0704845775

Dirección: Puyango, Alamor

Correo electrónico: dagrandas@unl.edu.ec

Teléfono: 0969886964

Celular: 0969886964

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Mg. Sc. Johnny Fernando Granja Trávez

Tribunal de grado: Ing. Klever Chamba Caillagua

Mg. Sc. Paulina Fernández Guarnizo

Mg. Sc. Francisco Guayllas Guayllas

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente, por haberme guiado por un buen camino y permitido culminar esta meta muy importante en mi vida.

A mis padres Imelda Samaniego y Luis Granda y a mi pareja Tania Japón, quienes me brindaron su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, y de manera principal a la Carrera de Ingeniería Agronómica por mi formación.

Al director de tesis, quien, con responsabilidad, paciencia y con sus conocimientos adquiridos en su trayectoria como profesional supo brindar sugerencias pertinentes para el desarrollo de la investigación. A los señores miembros del tribunal de Calificación de la Tesis por cada una de sus sugerencias y aportes valiosos para mejorar la redacción de investigación.

A los maestros, compañeros/as quienes con su apoyo y consejos influyeron en mi formación profesional.

Diego Granda

DEDICATORIA

A Dios quien siempre está presente guiándome y dándome la fortaleza y sabiduría para seguir adelante cumpliendo cada una de mis metas.

A mis padres Imelda Samaniego y Luis Granda, por su esfuerzo brindado para que culmine mis estudios, por su apoyo incondicional, por sus consejos que me han servido para hacer las cosas siempre de forma correcta y ser una persona de bien.

A mi pareja Tania Japón, quien ha estado a mi lado en los buenos y malos momentos y me supo brindar su apoyo en todo momento.

A mi hija Erika Granda, quien ha sido mi motivación principal para lograr esta meta tan importante y seguir adelante en mi vida personal y profesional.

Diego Granda

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| PORTADA..... | I |
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS | II |
| CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO..... | III |
| AUTORÍA..... | IV |
| CARTA DE AUTORIZACIÓN | V |
| AGRADECIMIENTO | VI |
| DEDICATORIA | VII |
| ÍNDICE GENERAL | VIII |
| TÍTULO | X |
| RESUMEN | XI |
| ABSTRACT..... | XII |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivo general..... | 2 |
| Objetivos específicos | 2 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. Origen | 3 |
| 2.2. Clasificación taxonómica..... | 3 |
| 2.3. Características morfológicas..... | 3 |
| 2.4. Requerimientos climáticos y edáficos para el maíz..... | 4 |
| 2.5. Híbridos..... | 6 |
| 2.5.1. Desarrollo de híbridos..... | 6 |
| 2.5.2. Potencial de los híbridos | 6 |
| 2.6. Fenología del maíz..... | 6 |
| 2.7. Fertilización | 7 |
| 2.7.1. Demanda de nutrientes del cultivo de maíz | 8 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.7.2. | Nutrientes más influyentes..... | 9 |
| 2.7.3. | Aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio bajo labranza cero | 11 |
| 2.7.4. | Comparación de híbridos de maíz..... | 12 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 13 |
| 3.1. | Materiales..... | 13 |
| 3.2. | Ubicación del estudio..... | 13 |
| 3.3. | Diseño | 14 |
| 3.4. | Metodología general | 14 |
| 3.5. | Metodología para cada objetivo..... | 15 |
| 3.5.1. | Metodología para el primer objetivo específico: | 15 |
| 3.5.2. | Metodología para el segundo objetivo específico:..... | 16 |
| 3.6. | Análisis estadístico..... | 16 |
| 4. | RESULTADOS..... | 17 |
| 4.1. | Crecimiento de la planta. | 17 |
| 4.2. | Seguimiento fenológico | 20 |
| 4.3. | Registro de Temperatura..... | 21 |
| 4.4. | Tiempo térmico..... | 21 |
| 4.5. | Rendimiento..... | 22 |
| 5. | DISCUSIÓN | 28 |
| 6. | CONCLUSIONES | 30 |
| 7. | RECOMENDACIONES..... | 31 |
| 8. | BIBLIOGRAFÍA | 32 |
| 9. | ANEXOS | 36 |
| 9.1. | Anexo 1. Evidencia fotográfica | 36 |
| 9.2. | Anexo 2. Tabla de datos de rendimiento | 41 |
| 9.3. | Anexo 3. Datos generados por sensor automático de temperatura. | 42 |
| 9.4. | Anexo 4. Datos parciales de temperatura, en el ciclo del cultivo. | 42 |
| 9.5. | Anexo 5. Mapa de precipitación, del cantón Pindal, (GAD PINDAL, 2019) | 46 |

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y
RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO
A DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN, EN EL CANTÓN PINDAL DE LA
PROVINCIA DE LOJA**

RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays*) es uno de los más extendidos y antiguos en el mundo, originario de México, donde ha coexistido con diferentes especies del género *Zea* (FAO, 2018). Actualmente existen muchos híbridos desarrollados, pero no todos se adaptan a las diferentes condiciones que existen en las zonas maiceras de la provincia de Loja, por lo que surge la necesidad de evaluar el rendimiento y establecer el mejor material genético para fines de futuras recomendaciones, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento fenológico y productivo de cuatro híbridos de maíz amarillo duro frente a la aplicación de dos niveles de fertilización en el cantón Pindal. Se utilizaron los híbridos DK 7088, SOMMA, NS 82, DK 7500, proporcionados por la empresa Ecuaquímica y son comercializados en la zona de investigación. El ensayo fue implementado en el barrio el “Guácimo”, parroquia Milagros del cantón Pindal, provincia de Loja con un DBCA usando dos niveles de fertilización (F1 tradicional y F2 Ecuaquímica), por cada híbrido dando un total de ocho tratamientos y cuatro repeticiones dando un total de 32 UE, tomando los datos cada semana hasta la floración. A lo largo del ciclo del cultivo se tomó la temperatura promedio de cada día, se tomó semanalmente las variables como área foliar, largo y diámetro de tallo, luego en cosecha se tomó muestras representativas de cada UE, midiendo número de hileras, largo y diámetro de mazorcas, peso bruto y peso al granel, para estimar la producción de cada tratamiento. El híbrido SOMMA independientemente de su nivel de fertilización tuvo una menor área foliar, mayor precocidad, llegando a R1 en 54 DDS. Con respecto a la producción, el híbrido que mostró un mejor rendimiento fue NS 82 con 8668,5 kg ha⁻¹ (F2) y el híbrido con menor rendimiento en ambas fertilizaciones fue SOMMA con 5118 kg ha⁻¹ (F1) y 5337,5 kg ha⁻¹ (F2), también los híbridos 7088 y 7500 en la fertilización tradicional (F1), se mantienen en una producción promedio de 7138 Kg ha⁻¹.

Palabras clave: maíz, híbrido, fertilización, producción.

ABSTRACT

The cultivation of corn (*Zea mays*) is one of the most widespread and ancient in the world, originating in Mexico, where it has coexisted with different species of the genus *Zea* (FAO, 2018). Currently there are many hybrids developed, but not all of them are adapted to the different conditions that exist in the corn areas of the Loja province, which is why the need arises to evaluate the yield and establish the best genetic material for the purposes of future recommendations, the The objective of this research was to evaluate the phenological and productive behavior of four hard yellow corn hybrids against the application of two levels of fertilization in the Pindal canton. The hybrids DK 7088, SOMMA, NS 82, DK 7500, provided by the Ecuaquímica company and are commercialized in the research area were used. The test was implemented in the “Guácimo” neighborhood, Milagros parish of Pindal canton, Loja province with a DBCA using two levels of fertilization (traditional F1 and Ecuachemical F2), for each hybrid giving a total of eight treatments and four repetitions giving a total of 32 EU, taking the data every week until flowering. Throughout the crop cycle the average temperature of each day was taken, the variables such as leaf area, length and stem diameter were taken weekly, then at harvest representative samples of each UE were taken, measuring number of rows, length and diameter of ears, gross weight and bulk weight, to estimate the production of each treatment. The SOMMA hybrid, regardless of its fertilization level, had a smaller leaf area, greater precocity, reaching R1 in 54 DDS. Regarding production, the hybrid that showed the best performance was NS 82 with 8668.5 kg ha⁻¹ (F2) and the hybrid with the lowest yield in both fertilizations was SOMMA with 5118 kg ha⁻¹ (F1) and 5337, 5 kg ha⁻¹ (F2), also hybrids 7088 and 7500 in traditional fertilization (F1), maintain an average production of 7138 Kg ha⁻¹.

Keywords: corn, hybrid, fertilization, production.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es una de las plantas cultivadas desde hace más de 7000 años, especialmente en México, considerado como centro de origen al presentar una amplia diversidad genética, donde ha coexistido con diferentes especies del género *Zea* (FAO, 2018).

Según datos de INIAP (1990), en 1985 se liberó el primer híbrido llamado INIAP H-550, y posteriormente en los noventa, se liberó otros híbridos de maíz para la costa ecuatoriana, llamado INIAP H-551, superando el rendimiento de las variedades tradicionales de la época. Además, esta institución ha liberado otros ejemplares, como el híbrido simple INIAP H-553 de alto rendimiento, tolerante a enfermedades foliares y excelente calidad de granos, el cual es resultado de años de investigación, realizada por fitomejoradores de la Estación Experimental Pichilingue (INIAP, 2009).

Por otra parte, la nutrición e implementación de elementos es fundamental para un buen rendimiento, por ejemplo, el nitrógeno es importante para asegurar altos rendimientos en maíz, contribuye al crecimiento y el desarrollo de la planta, mismo que debe de estar disponible cuando la planta lo necesita. El fósforo, es importante para el desarrollo radicular y una buena adaptación del cultivo, y el potasio, al igual que el nitrógeno, fomenta el desarrollo del cultivo, y se absorbe en grandes cantidades por la planta, pudiendo minimizar los daños por heladas y reducir el encamado (Yara, 2019).

El cultivo de maíz en Ecuador es uno de los más importantes para la economía nacional, es la principal materia prima para la elaboración de balanceados, dirigidos a la cría comercial de animales de granja, especialmente en la avicultura, que es una actividad principal, con respecto a la producción de carne para el consumo en el país. En Loja se siembran más de 40000 ha de maíz amarillo, distribuidas en los cantones Zapotillo, Pindal, Puyango, Paltas y Macará (INEC, 2011).

La Universidad Nacional de Loja en su estructura del sistema de investigación y normativa para la gestión de la investigación científica, tecnológica de innovación y transferencia, cuenta con la línea de investigación denominada “Sistemas de Producción Agropecuaria para la Soberanía Alimentaria”. En este marco, la Carrera de Ingeniería Agronómica, dentro de las Líneas de Investigación del Plan de Estudio, posee una Línea denominada “Generación y validación de

tecnologías apropiadas para la producción de frutales y cultivos”, bajo la cual se encuentra inmerso el proyecto de tesis: “Evaluación del comportamiento fenológico y rendimiento de cuatro híbridos de maíz duro amarillo a dos niveles de fertilización en la zona de Pindal de la provincia de Loja”

Según el MAG (2014), un cultivo de maíz exitoso necesita de prácticas de manejo adecuadas, como: terrenos apropiados, uso de semilla certificada y adaptada para la zona, programa práctico de fertilización, control de enfermedades y plagas, y garantizar una producción que sea rentable para el agricultor.

En la zona en especial, no se ha realizado una investigación para determinar comparativamente el rendimiento de híbridos comerciales, por lo tanto los resultados de esta investigación brindarán alternativas a los agricultores en cuanto a selección de material genético, puesto que en base a la investigación se recomendará sembrar semillas que se adapten mejor a las condiciones medioambientales locales, contribuyendo así, positivamente a la producción agrícola. Además se busca el mejor rendimiento en la zona, con el uso de híbridos adecuados, intentando así, solucionar problemas del productor (Racines *et al.*, 2011).

A fin de cumplir el propósito de dicha investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

- ✓ Evaluar el comportamiento fenológico y productivo de cuatro híbridos de maíz amarillo duro frente a la aplicación de dos niveles de fertilización en el cantón Pindal.

Objetivos específicos

- ✓ Establecer el comportamiento fenológico de los cuatro híbridos, su relación con el rendimiento y sus componentes.
- ✓ Identificar el híbrido de mayor potencial productivo ante la aplicación de dos niveles de fertilización.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

Según la FAO (2018), el centro de origen es México, donde se han encontrado gran variedad de especies del mismo género, además de ser un cultivo tradicional y cultural de dicho país.

2.2. Clasificación taxonómica

Según Tarán (2008), la clasificación taxonómica del maíz es:

Reino: plantae

División: magnoliophyta

Clase: liliopsida

Orden: cyperales

Familia: poaceae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

Nombres comunes: maíz, maíz duro amarillo.

2.3. Características morfológicas

Según FAO (2020), el cultivo de maíz presenta las siguientes características morfológicas:

Raíz: Las raíces seminales se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad a la que ha sido sembrada, el crecimiento de esas raíces disminuye después que la plúmula emerge por encima de la superficie del suelo y virtualmente detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula, las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo, esto ocurre por lo general a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad a que fue colocada la semilla.

Tallo: es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura, es robusto y sin ramificaciones, por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos, pero sí una médula.

Hojas: son largas de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias, se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades, los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Flores: es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en un orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula, presentan tres estambres donde se desarrolla el polen, en cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido de pistilos, con alrededor de los 800 a 1000 y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen en forma lateral.

Mazorcas: con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la formación de mazorcas. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados sedas, cambian de color, tomando un color castaño. Transcurrida la tercera semana después de la polinización la mazorca toma el tamaño definitivo, se forman los granos y aparecen en ellos el embrión. Los granos se llenan de una sustancia leñosa, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón. Hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35 % de humedad, a medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial, influyendo en ello más las condiciones ambientales de temperatura, humedad y otros, que las características varietales.

Frutos: El grano o fruto del maíz es un cariopse, la pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide. La parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona.

2.4. Requerimientos climáticos y edáficos para el maíz

Dada la variabilidad interanual que se observa en las condiciones climáticas, es frecuente que las mismas afecten negativamente algunos de los procesos directa o indirectamente relacionados con la generación del rendimiento (Paliwal, 1986).

Fotoperiodo: es una planta de día corto (<10 hr), aunque muchos cultivares se comportan indiferentes a la duración del día (Chang, 1968).

Altitud: la altitud adecuada para el cultivo de maíz es de 0 a 1600 msnm (Benacchio, 1982).

Precipitaciones: en todo el ciclo requiere de 500 a 800 mm, dependiendo de la variedad y del clima; cuando las condiciones de evaporación corresponden a 5-6 mm/día, el agotamiento del agua del suelo hasta un 55% del agua disponible tiene un efecto pequeño sobre el rendimiento, para estimular un desarrollo rápido y profundo de las raíces puede ser ventajoso un agotamiento algo mayor del agua durante los periodos iniciales de desarrollo, y durante el periodo de maduración puede llegarse a un agotamiento del 80% o más (Doorenbos y Kassam, 1979).

Humedad: lo más recomendable es un ambiente húmedo (Benacchio, 1982).

Temperaturas: la temperatura óptima para la germinación está entre 18 y 21°C; por debajo de 13°C se reduce significativamente y con menores de 10°C no se presenta germinación (Purseglove, 1985). Mientras que Paliwal (1986) señala que las temperaturas altas aceleran todas las etapas de desarrollo, pero excesivas temperaturas, puede afectar la tasa de crecimiento, por lo que la máxima debe estar entre 28 a 31°C.

Luz: necesita abundante insolación para máximos rendimientos. La intensidad óptima de luz está entre 32,3 y 86,1 lux (Barandas, 1994).

Textura del suelo: según la FAO (1982), el maíz prospera en suelos de textura ligera a media. Por lo tanto, se desarrolla bien en suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio, 1982).

Salinidad: tolera salinidad, siempre que no sea mayor a 7 mmhos cm^{-1} (Benacchio, 1982). Pero al exceder la salinidad, disminuye el rendimiento (Doorenbos y Kassam, 1979).

pH: el óptimo está entre 5,5 y 7,5 (Moreno, 1992). Convirtiéndose en el pH ideal para conseguir los altos rendimientos del maíz híbrido (González, 1984).

Drenaje: requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Doorenbos y Kassam, 1979), suelos inundados por más de 36 horas suelen dañar a las plantas y su rendimiento final (Barandas, 1994).

2.5. Híbridos

Según Beal (1880), la hibridación varietal por medio de la polinización controlada o de la polinización abierta fue el origen para el desarrollo de muchas variedades de maíz; aún hoy día, las nuevas variedades evolucionan en los campos de los agricultores, generados por cruces derivadas de la polinización abierta.

2.5.1. Desarrollo de híbridos

El aumento de monocultivo ha dado lugar a que el maíz haya sido el principal cultivo alimenticio, a ser sometido a transformaciones tecnológicas en su cultivo y en su productividad, ha sido también un catalizador para la revolución agrícola en otros cultivos. Actualmente la revolución híbrida no está limitada a los cultivos de fecundación cruzada, donde se originó exitosamente, y el desarrollo de los híbridos se está difundiendo rápidamente a otras especies como algodón y arroz (FAO, 2020).

El maíz está muy relacionado con el clima tropical, dando lugar a mejoras en las características, en donde grandes áreas se obtienen rendimientos medios de 5 a 6 t ha⁻¹, pero esto, sin embargo, no sucede en la mayoría de los ambientes tropicales en que se cultiva maíz, por ejemplos de áreas y países donde el maíz híbrido cubre 80 - 90% de la misma, pero aun así, el rendimiento medio oscila entre 2 y 2,5 t ha⁻¹ (FAO, 2020).

2.5.2. Potencial de los híbridos

Existe una serie de características que se destaca en los híbridos debido a la heterosis, entre ellos está una mayor estabilidad y vigor híbrido, este vigor se traduce a una mayor resistencia a plagas, sequía y otras condiciones ambientales desfavorables que les permite producir en nuevas zonas y con mayores rendimientos que las variedades tradicionales (CIMMYT, 2003).

2.6. Fenología del maíz

Las faces fenológicas del maíz (Tabla 1), son mencionadas y descritas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Descripción de las etapas fenológicas del maíz, CIMMYT (2003) y Lafitte (1994).

| Fase | Descripción |
|-------------|---|
| VE | El coleóptilo emerge de la superficie del suelo |
| V1 | Se ve el cuello de la primera hoja (la primera hoja siempre tiene la punta redondeada) |
| V2 | Se ve el cuello de la segunda hoja |
| Vn | Se ve el cuello de la hoja "n" ("n" es igual al número final de hojas de la planta y está usualmente entre 16 y 22; sin embargo, al momento de la floración las cuatro o cinco hojas inferiores se pueden haber perdido) |
| VT | Se ve completamente la última rama de la panoja; debe tenerse en cuenta que no es lo mismo que la floración masculina, la cual ocurre cuando comienza a derramarse el polen, o sea la antesis. |
| R1 | Se ven los estambres en el 50% de las plantas |
| R2 | Se ven los granos hinchados llenos de un fluido claro y el embrión |
| R3 | Estado lechoso: los granos están llenos de un fluido blanco lechoso |
| R4 | Estado pastoso; los granos están llenos de una pasta blanca; el embrión tiene la mitad del ancho del grano |
| R5 | Estado de diente: la parte superior de los granos está llena de almidón sólido y si el genotipo del maíz es de tipo dentado, los granos son típicamente dentados; en una vista lateral del grano se nota una "línea lechosa", tanto en los granos de maíz duro como en los dentados |
| R6 | Madurez fisiológica: en la base del grano se ve la capa negra; la humedad del grano es de cerca de 35% |

2.7. Fertilización

Según la FAO (2020), una sostenibilidad agrícola depende de la reducción de la dependencia de los insumos externos y de los recursos no renovables y de minimizar el impacto dañino con el ambiente manteniendo o mejorando su productividad y sus ganancias. El uso de agroquímicos bajo la forma de nutrientes puede ser inevitable para los agricultores de las zonas tropicales y subtropicales, así como también el uso de insecticidas, herbicidas y fungicidas (siempre que se usen correctamente y para cada caso particular), a los niveles apropiados y en el momento adecuado. Sánchez (1976), reunió datos experimentales de distintos orígenes y estimó la cantidad de nutrientes que la planta de maíz debe extraer del suelo a distintos niveles de rendimiento (Tabla 2).

Tabla 2. Extracción de nutrientes por la planta de maíz a diferentes niveles de rendimiento, adaptado de Skora (1993).

| Partes de la planta | Rendimiento. (t ha ⁻¹) | Nutrimentos extraídos (kg ha ⁻¹) | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|---|-----------|------------|-------------|-------------|
| | | N | P | K | Ca | Mg |
| Rendimiento grano | 1,0 | 25 | 6 | 15 | 3,0 | 2,0 |
| Resto de planta | 1,5 | 15 | 3 | 18 | 4,5 | 3,0 |
| Total | 2,5 | 40 | 9 | 33 | 7,5 | 5,0 |
| Rendimiento grano | 4,0 | 63 | 12 | 30 | 8,0 | 6,0 |
| Resto de planta | 4,0 | 37 | 6 | 38 | 10,0 | 8,0 |
| Total | 8,0 | 100 | 18 | 68 | 18,0 | 14,0 |
| Rendimiento grano | 7,0 | 128 | 20 | 37 | 14,0 | 11,0 |
| Resto de planta | 7,0 | 72 | 14 | 93 | 17,0 | 13,0 |
| Total | 14,0 | 200 | 34 | 130 | 31,0 | 24,0 |

2.7.1. Demanda de nutrientes del cultivo de maíz

Los híbridos tienen altas demandas nutricionales, el nitrógeno y el fósforo son los elementos más influyentes en la productividad del cultivo (Bonatti *et al.*, 2014). El diagnóstico de la fertilización del cultivo implica conocer las necesidades nutricionales (Tabla 3), para alcanzar un buen rendimiento y producciones esperadas (García, 2011).

Tabla 3. Requerimientos de nutrientes, índice de cosecha y extracción de grano para producir una tonelada de grano de maíz, tomado de IPNI (García, 2011).

| Nutriente | Requerimiento en kg t ⁻¹ | Índice de cosecha | Extracción en grano kg t ⁻¹ |
|------------------|--|-------------------|---|
| Nitrógeno | 22 | 0,66 | 14,5 |
| Fósforo | 4 | 0,75 | 3,0 |
| Potasio | 19 | 0,21 | 4,0 |
| Calcio | 3 | 0,07 | 0,2 |
| Magnesio | 3 | 0,28 | 0,8 |
| Azufre | 4 | 0,45 | 1,8 |
| Boro | 0,020 | 0,25 | 0,005 |
| Cloro | 0,444 | 0,06 | 0,027 |
| Cobre | 0,013 | 0,29 | 0,004 |
| Hierro | 0,125 | 0,36 | 0,045 |
| Manganeso | 0,189 | 0,17 | 0,032 |
| Molibdeno | 0,001 | 0,63 | 0,001 |
| Zinc | 0,053 | 0,50 | 0,027 |

2.7.2. Nutrientes más influyentes

Las aplicaciones de fertilizantes comerciales pueden hacerse más sostenibles si el momento y la dosis de aplicación, especialmente de nitrógeno y fósforo, son estudiadas de modo de incrementar su eficiencia de uso. En este aspecto, son necesarias aplicaciones fraccionadas de fertilizantes con estos elementos, sobre todo en climas muy lluviosos, al menos hasta cuando no estén disponibles fertilizantes de liberación lenta a un costo competitivo (FAO, 2020).

Nitrógeno (N)

Los fertilizantes que producen una importante acidez residual (Tabla 4) presentan desventajas cuando son aplicados a suelos ácidos pero presentan ventajas en los suelos alcalinos porque los fertilizantes con una base amoniacal reducen el pH del suelo al liberar iones H en el proceso de nitrificación, por el cual el (NH⁺) es convertido en NO⁻ + 4H⁺ y viceversa. Los nitratos de sodio, potasio y calcio, siendo iones básicos, elevan el pH del suelo (FAO, 2020).

Tabla 4. Efecto a corto y largo plazo de los fertilizantes nitrogenados en relación a la acidez, basado en Aldrich y Leng (1972).

| Fertilizante | Efecto inmediato o a corto plazo | N % | Otros componentes importantes % | Efectos a largo plazo |
|--------------------|---|-----------|---|-----------------------|
| Nitrato de amonio | Ninguno | 33,5-34,0 | 50 NH ₄ y 50 NO ₃ | Moderadamente ácido |
| Sulfato de amonio | Ninguno | 20,5 | - | Muy ácido |
| Fosfato diamónico | Básico, libera una molécula de NH ₄ ⁺ | 18-21 | 20-23 P | Moderadamente ácido |
| Urea | Ligeramente básico | 45-46 | - | Moderadamente ácido |
| Nitrato de sodio | Escaso | 16 | - | Básico |
| Nitrato de calcio | Escaso | 15,5 | - | Básico |
| Nitrato de potasio | Escaso | 13,5 | 38 K | Básico |

Fósforo (P)

En los suelos con baja fijación de fósforo, el manejo de este elemento es relativamente simple, ya que bajas dosis pueden ser aplicadas al voleo o en bandas cercanas a los surcos. En los suelos que fijan fósforo, la fijación es mayor cuando es esparcido al voleo; en este caso, cuando el maíz se planta a mano, el fósforo puede ser aplicado en un hoyo cercano a la semilla (FAO, 2020).

En los suelos ácidos que fijan grandes cantidades de fósforo, el uso de fosfato de roca que contiene poco fósforo soluble es más efectivo y al mismo tiempo más económico que muchas fuentes de fósforo soluble como los superfosfatos simple y triple; el fosfato de roca reacciona mejor en los suelos ácidos y cuesta entre una tercera y una quinta parte del precio de las unidades P₂O₅ del superfosfato (Sánchez, 1976).

Los fertilizantes comerciales más comúnmente disponibles tienen un contenido de P₂O₅ de 19% a 54% y su solubilidad en agua y ácido cítrico (Tabla 5). El contenido de fósforo es descrito como soluble en agua, soluble en citrato, insoluble en citrato, disponible y total (FAO, 2020).

Tabla 5. Los fertilizantes fosforados comúnmente disponibles, tomado de FAO (2020).

| Fertilizante | Total P ₂ O ₅ (%) | % Solubilidad en: | | Otros elementos importantes (%) |
|---------------------|--|-------------------|---------------------|------------------------------------|
| | | Agua | Ácido cítrico 2% | |
| Superfosfato simple | 18-21 | 14-18 | 16-18 | - |
| Superfosfato triple | 42-46 | 38-40 | 40-44 | - |
| Fosfato de amonio | 50-54 | 46-50 | 48-52 | 11-12% N |
| Fosfato diamónico | 42-46 | 38-40 | 40-44 | 18% N |
| Fosfatos naturales | 20-30 | - | 8-20 | - |

La eficiencia del fósforo, medida en términos de nutrientes recuperados por el cultivo del maíz, varía entre 15 y 20%. Sin embargo, estas cifras pueden ser mejoradas saturando la capacidad de fijación de nitrógeno con fuertes aplicaciones de fertilizantes fosfatados, con el inconveniente de que este método tiene un costo excesivo (FAO, 1983).

Potasio (K)

A diferencia del fósforo, el potasio puede ser absorbido por las plantas tanto si es esparcido al voleo como si es colocado en surcos, debido a su alto contenido salino; los fertilizantes potásicos no deberían ser colocados muy cerca de la semilla, ya que podrían dañar el embrión y afectar la germinación, algunos de los fertilizantes potásicos más comunes (Tabla 6) son eficientes y de bajo precio, también los residuos de las plantas de maíz se dejan en el campo, y constituyen una importante fuente de potasio ya que solo el 30% de este elemento es tomado por el grano, el resto es devuelto al suelo en los tallos, las hojas y otras parte de las plantas (FAO, 2020).

Tabla 6. Los fertilizantes potásicos comúnmente disponibles, tomado de (FAO, 2020).

| Fertilizantes | % K ₂ O Total | K | Otros elementos presentes | |
|---|--------------------------|-----------|---------------------------|----------------------|
| | | (%) | (%) | |
| Cloruro de potasio (muriato), KCl | 60-62 | 49,8-51,5 | 2,5 | Cloro |
| Nitrato de potasio, KNO ₃ | 44 | 38,7 | 13,8 | Nitrógeno |
| Sulfato de potasio, K ₂ SO ₄ | 50-52 | 41,5 | 18 | Azufre |
| Sulfato de potasio-magnesio, K ₂ SO ₄ . MgSO ₄ | 22 | 18,3 | 11 22 | magnesio + azufre |

2.7.3. Aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio bajo labranza cero

Según Bandel *et al.*(1984), el método más económico de aplicar fertilizantes bajo el sistema de labranza cero es la aplicación superficial sin incorporarlos al suelo; al comparar métodos de aplicación de urea como fuente de nitrógeno concluyeron que los rendimientos eran más bajos cuando la urea fue esparcida al voleo en lugar de ser inyectada en el suelo. Además Violic *et al.* (1982) informaron de una respuesta positiva de los rendimientos de maíz cuando la aplicación de los fertilizantes nitrogenados fue localizada, los fosforados en pequeños gránulos tienen una mejor dispersión que los gránulos grandes cuando son incorporados al suelo, si bien los últimos son más aceptables y la solubilidad en el agua es mayor.

Con el aumento de las raíces en las capas superiores del suelo como consecuencia de la labranza cero con cobertura, las plantas pueden utilizar los nutrimentos concentrados en la superficie en forma más eficiente, siempre que haya una cantidad adecuada de humedad en el suelo que

permita un flujo masivo y la difusión del nutrimento. Se ha observado que el riesgo de bajos niveles de humedad en la superficie es menor con la labranza mínima con cobertura que con la labranza convencional, por esta razón, varios autores creen que la eficiencia del uso de los fertilizantes tiende a ser buena o mejor con la labranza mínima que bajo los sistemas convencionales (Lafitte, 1991).

2.7.4. Comparación de híbridos de maíz

Según Camargo *et al.* (2002), se han realizado estudios en híbridos de maíz, donde se verificó la confiabilidad relacionada con la estabilidad y homogeneidad en diferentes zonas. Según las experiencias, los híbridos presentaron mayor producción y rentabilidad a los agricultores. Además, los resultados de investigaciones en México indicaron que los híbridos fueron más productivos, con buen comportamiento agronómico, los cuales superaron en promedio de 3,32 t ha⁻¹ a los testigos (Valle *et al.*, 2005).

Con respecto al rendimiento de grano de los híbridos, los resultados obtenidos para rendimiento fluctuaron de 4,75 a 6,37 t ha⁻¹ con un promedio de 5,60 t ha⁻¹ (Guerra *et al.*, 2003).

Al realizar un análisis del comportamiento de cuatro híbridos, se pudo identificar que los híbridos T1 y T2 (Milho y Brasilia), demostraron comportamiento agronómico favorable, con rendimiento de 63 qq ha⁻¹, diámetro del tallo 2,06 cm e hileras por mazorca 14; en contraste, los tratamientos T3 y T2 (H - 551 y Brasilia) generaron 268 g por mil semillas (Ríos *et al.*, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

En el proyecto se usaron productos químicos de uso comercial, en la producción de maíz híbrido, tales como Herbicidas: glifosato, amina y gramoxone; insecticidas: Engeo y Affirm, además de los siguientes fertilizantes: Urea (0 – 0 – 46), Fertiberia (8 – 15 – 15- 12) y N32 (0 – 0 – 32), mismos que fueron sugeridos por la empresa Ecuquímica.

Para la medición de la temperatura se usó un sensor comercial automático (Elitech), con una capacidad de 3200 datos y una autonomía de batería de 12 meses en condiciones normales.

3.2. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el cantón Pindal (Figura 1), en la región sur del Ecuador, con una temperatura promedio de 23 °C, precipitación anual de 1300 mm, a 500 msnm en promedio. Se encuentra a 217 km de la ciudad de Loja, y es considerado una zona productora de maíz por excelencia, ya que reúne las condiciones adecuadas para el cultivo (GAD, 2014).

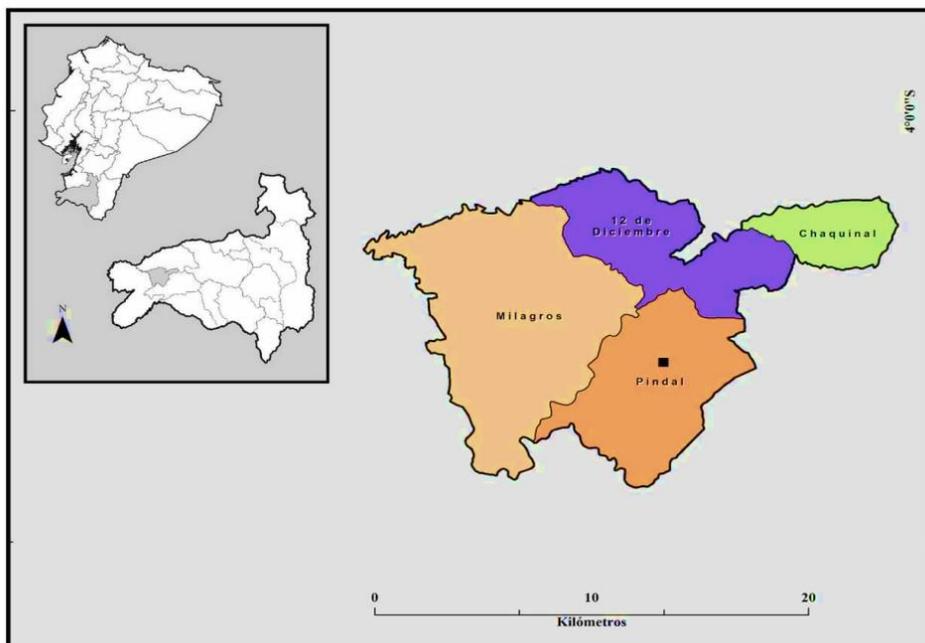


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio Pindal. Adaptado de GAD de Pindal (2014).

3.3. Diseño

El diseño experimental que se usó en la investigación fue en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo bifactorial (Figura 2), se evaluó el efecto del genotipo y de la fertilización, con 8 tratamientos y 4 repeticiones, con un total de 32 unidades experimentales. La dimensión de cada UE fue de 6 m de largo por 4 m de ancho. Los híbridos que se usaron fueron: DK 7088, SOMMA, NS 82, DK 7500 proporcionados por la empresa Ecuaquímica.

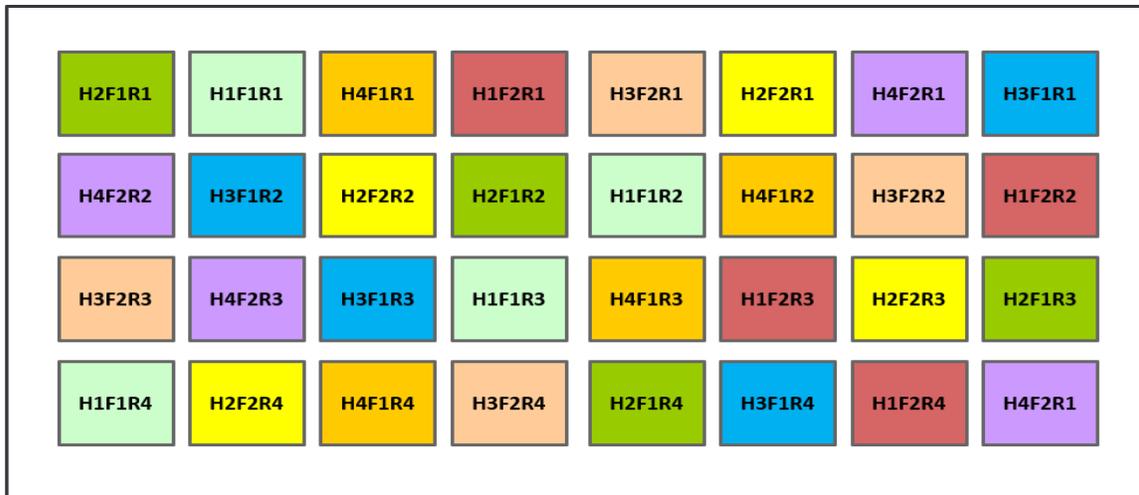


Figura 2. Diseño Completamente al Azar (DBCA). H = Genotipos (4 híbridos de maíz amarillo). F = Fertilización (2 niveles). R = Repeticiones (4).

El modelo estadístico que se usó es el siguiente:

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

3.4. Metodología general

Se procedió con la parcelación de cada unidad experimental, posterior a ello se realizó la siembra, con una densidad de 0,8 m entre surco y 0,2 m entre planta, una semilla por hoyo; esto se aplicó a cada uno de los cuatro genotipos usados. El control de malezas se realizó con una fumigación antes de la siembra, con glifosato en dosis de 200 ml/20 l de agua, luego con un herbicidas selectivos de hoja ancha de nombre comercial gramoxone + amida, 20 días después de la siembra y en dosis de 200 ml + 50 ml/20 l de agua, mientras que el control de insectos como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizó, 15 días después de la siembra con un productos comerciales llamado Engeo + Affirm, en dosis de 10 ml/20 l de agua y 25 g/20 l de

agua respectivamente, esto en general a todas las unidades experimentales, permitiendo así dar las mismas condiciones a todos los tratamientos.

Las mediciones de alturas y diámetros de plantas se realizaron cada semana en 5 plantas por UE, mientras que la mediciones de área foliar se realizó cada dos semanas en dos plantas por UE, desde el momento de la germinación hasta la floración.

La fertilización se realizó en dos niveles en cada genotipo, siendo F1 la fertilización tradicional con 150 kg ha⁻¹ de N, mientras que F2 aporta 125 kg ha⁻¹ N; 45 kg ha⁻¹ P y 45 kg ha⁻¹ K. En ambos casos, la fertilización se realizó en dos momentos: en las fases fenológicas V3 y V8, en F1 distribuidas en un 50% del total de N en cada aplicación, mientras que en F2, en la primera aplicación, se proporcionó 25% de N, 100% de P y 100% de K y en la segunda aplicación, se proporcionó 75% de N.

3.5. Metodología para cada objetivo

3.5.1. Metodología para el primer objetivo específico:

“Establecer el comportamiento fenológico de los cuatro híbridos, su relación con el rendimiento y sus componentes”

3.5.1.1. Seguimiento fenológico

Establecido el cultivo se realizó el seguimiento fenológico y análisis del crecimiento y desarrollo hasta la floración, utilizando como referencia para la determinación del estado fenológico la escala (Tabla 1) de CIMMYT (2003) y Lafitte (1994), con la cual se registró los cambios fenológicos.

Desde el inicio del ciclo del cultivo se observaron los cambios relativos que presentaron los distintos genotipos y el tiempo que tomó el paso de una etapa a otra, comenzando el registro con la aparición de las hojas verdaderas y finalizando con la aparición de los órganos reproductivos y fruto. Cabe mencionar que se consideró el cambio de los estados fenológicos cuando el 50% de las plantas de la UE se encontraron en la nueva etapa.

3.5.1.2. Registro de temperatura

Se registró diariamente la temperatura media, usando un sensor de temperatura “Elitech” ubicado en el centro del experimento a 1 m del nivel del suelo.

3.5.1.3. Tiempo térmico

La temperatura acumulada se calculó como unidades de tiempo térmico (TT) mediante la sumatoria de la temperatura media diaria y usando una temperatura base de 10 °C (Garay y Cruz, 2015).

$$TT (\text{°C d}) = \sum n (T_m - T_b)$$

Donde (TT) es el tiempo térmico, (T_m) la temperatura media diaria, (T_b) temperatura base y (n) el número de días. Con los datos de TT se cuantificó la duración de las etapas fenológicas de cada híbrido.

3.5.2. Metodología para el segundo objetivo específico:

“Identificar el híbrido de mayor potencial productivo ante la aplicación de dos niveles de fertilización”

3.5.2.1. Cosecha y rendimiento

La cosecha se realizó de forma manual, en las hileras centrales en cinco metros lineales de cada parcela, esto cuando el cultivo ya cumplió su ciclo vegetativo y cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica en cada parcela experimental (Izquierdo, 2012).

Para el análisis de rendimiento, se cuantificó las mazorcas recolectadas en 5 m lineales, en los cuales se tomó los siguientes datos: número de hileras por mazorca, largo de mazorca, peso bruto de 5 mazorcas y peso al granel de una muestra representativa, con estos datos se transformaron a kg ha^{-1} , al momento del pesado de grano, tenía un 13 % (Izquierdo, 2012).

3.6. Análisis estadístico

Para el análisis de la información, se realizó ANOVA con sus respectivas pruebas de cumplimiento de supuestos, para los datos en los que se encontró diferencias estadísticas significativas se aplicaron pruebas de comparación múltiple como Tukey y DGS (5 %).

4. RESULTADOS

4.1. Crecimiento de la planta.

En la Tabla 7, se muestran el resumen del análisis de varianza del efecto del genotipo y fertilización, además de su interacción, en la cual se muestran diferencias significativas (P-Valor <0,05) entre genotipos, en diámetro, área foliar y altura de planta, mediante test de Tukey, se determinó que los híbridos muestran un desarrollo similar con respecto al diámetro de tallo (Figura 3), a excepción del híbrido SOMMA que presenta menor diámetro con un promedio de 20,38 mm, también la interacción genotipo/fertilización, mientras que la repetición no mostró diferencia significativa.

Tabla 7. Resumen de análisis de varianza de las variables de crecimiento.

| Variable | FV | SC | CM | F | P - Valor |
|--------------------------|-------------------------|--------------|------------|----------|------------------|
| Diámetro de tallo | Genotipo | 191,13 | 63,71 | 9,36 | 0,0004 |
| | Fertilización | 66,13 | 66,13 | 9,72 | 0,0052 |
| | Repetición | 43,13 | 15,38 | 2,26 | 0,1112 |
| | Genotipo /fertilización | 13,63 | 4,54 | 0,67 | 0,0498 |
| Altura de planta | Genotipo | 9975,61 | 3325,20 | 95,08 | <0,0001 |
| | Fertilización | 1212,78 | 1212,78 | 34,68 | <0,0001 |
| | Repetición | 115,62 | 38,54 | 1,10 | 0,3704 |
| | Genotipo /fertilización | 352,96 | 117,65 | 0,3707 | 0,0380 |
| Área foliar | Genotipo | 205987818,73 | 6866239,58 | 83,16 | <0,0001 |
| | Fertilización | 149385,78 | 149385,78 | 1,81 | 0,1929 |
| | Repetición | 639565,60 | 213191,87 | 2,58 | 0,0805 |
| | Genotipo /fertilización | 112095,63 | 37365,21 | 0,45 | 0,7182 |

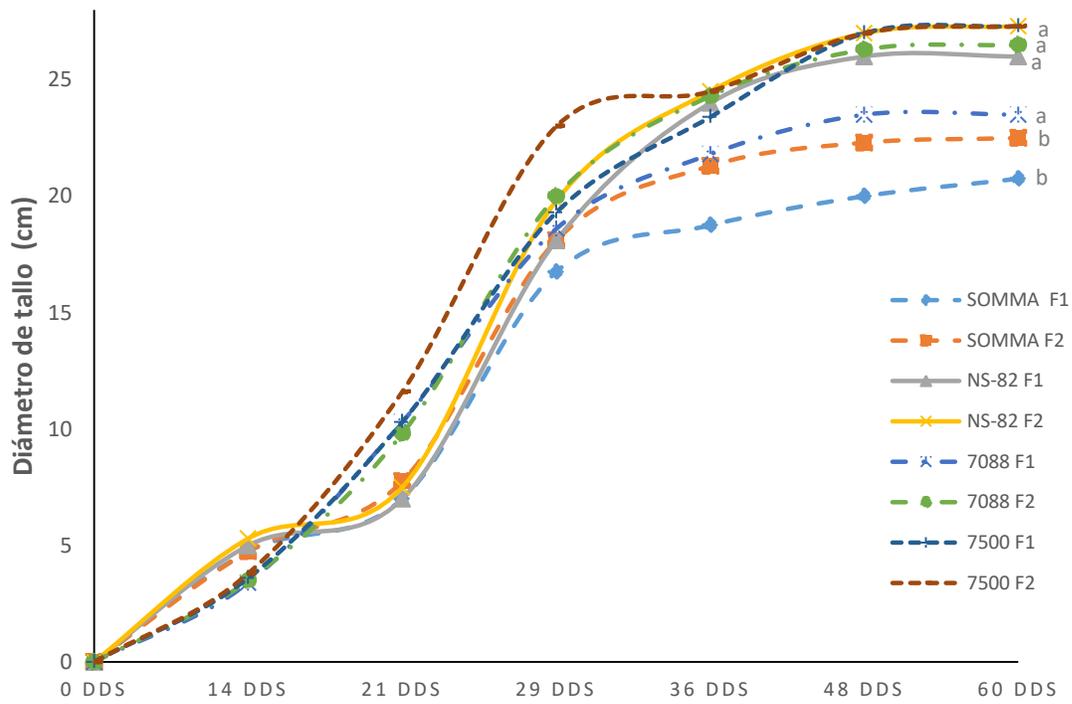


Figura 3. Curva de diámetro de planta (cm)

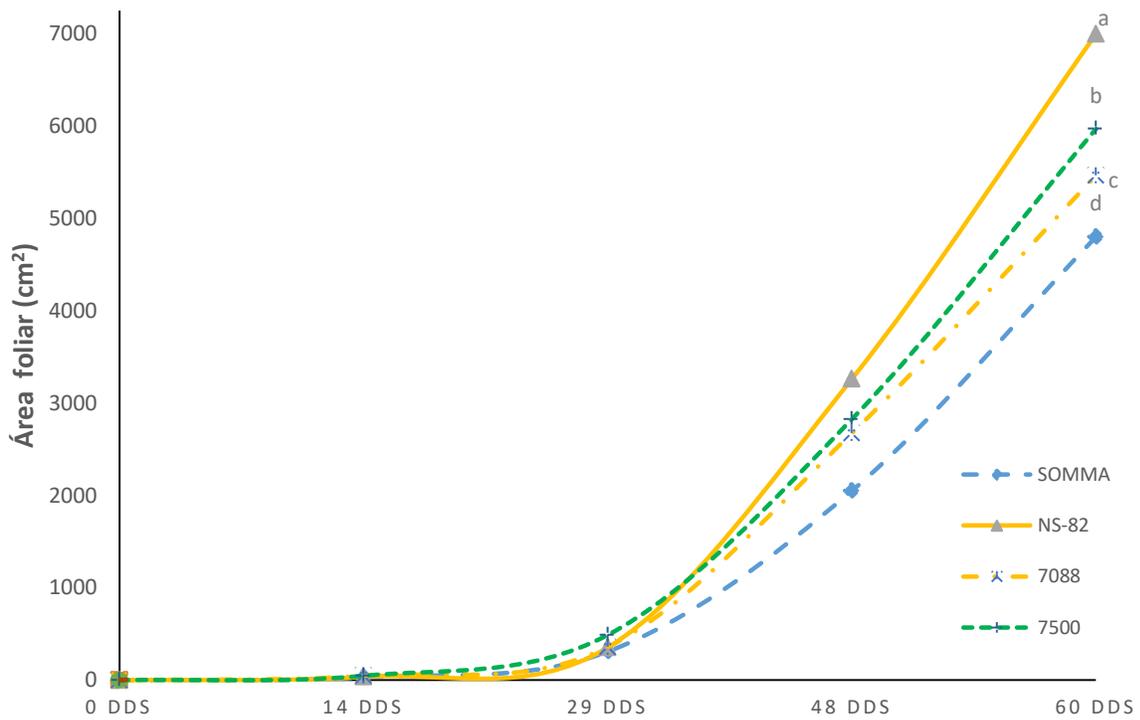


Figura 4. Curva de Área foliar cm²

El híbrido NS – 82 mostró una relativa mayor altura de planta (Figura 5) con un promedio de 195,75 cm y el híbrido SOMMA con F1 (Tradicional) con 134,7 cm en promedio, fue quien obtuvo la menor altura, además NS – 82 mostro una mayor área foliar (Figura 4) con una media de 6997 cm² y el híbrido SOMMA la menor área foliar con una media de 4799 cm², independientemente del nivel de fertilización.

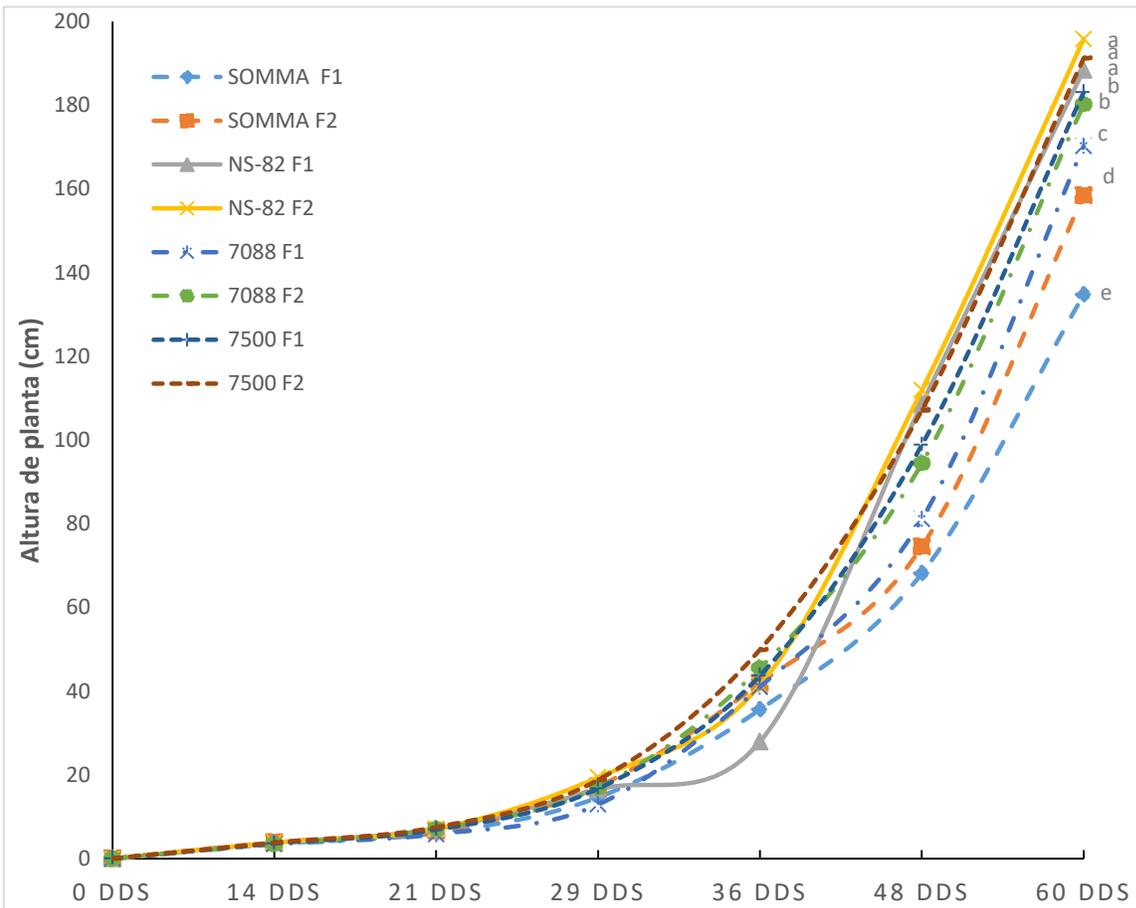


Figura 5. Altura de planta (cm)

Tabla 8. Altura de planta a los 60 días después de la siembra, test de DGS al 5%.

| Genotipo | Fertilización | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|----------|---------------|---------|----|------|-------|
| NS-58 | Ecuaquímica | 195,75 | 4 | 2.96 | a |
| 7500 | Ecuaquímica | 191,20 | 4 | 2.96 | a |
| NS-58 | Tradicional | 188,35 | 4 | 2.96 | a |
| 7500 | Tradicional | 183,05 | 4 | 2.96 | b |
| 7088 | Ecuaquímica | 180,10 | 4 | 2.96 | b |
| 7088 | Tradicional | 170,15 | 4 | 2.96 | c |
| SOMMA | Ecuaquímica | 158,40 | 4 | 2.96 | d |
| SOMMA | Tradicional | 134,70 | 4 | 2.96 | e |

En la Tabla 8, se muestra la prueba DGS, donde el híbrido SOMMA con fertilización tradicional, mostró una menor altura con 134,7 cm con respecto al resto de tratamientos, mientras que los híbridos NS – 82 y 7500 mostraron una mayor altura, en los dos nivel de fertilización.

4.2. Seguimiento fenológico

La Figura 6 expresa la acumulación térmica efectiva, en cada fase fenológica del crecimiento, de cada uno de los híbridos, en lo que se expresa que los híbridos NS – 82, 7088 y 7500 necesitan la misma acumulación térmica en cada fase fenológica, por otro lado, el híbrido SOMMA necesita una menor acumulación térmica para cambiar de fase fenológica, por lo que su ciclo es más corto, en comparación al resto de híbridos estudiados, además la fenología también es influenciada por otros factores, como fertilización, humedad relativa o precipitación, la cual varía desde 600 mm hasta 1500 mm por año y donde los periodos más secos son durante los meses de julio a diciembre, en cuanto los meses con las mayores precipitaciones del año son enero, febrero, marzo y abril, con mayor precipitación de febrero hasta abril, y los menos lluviosos de mayo a noviembre (Anexo 5).

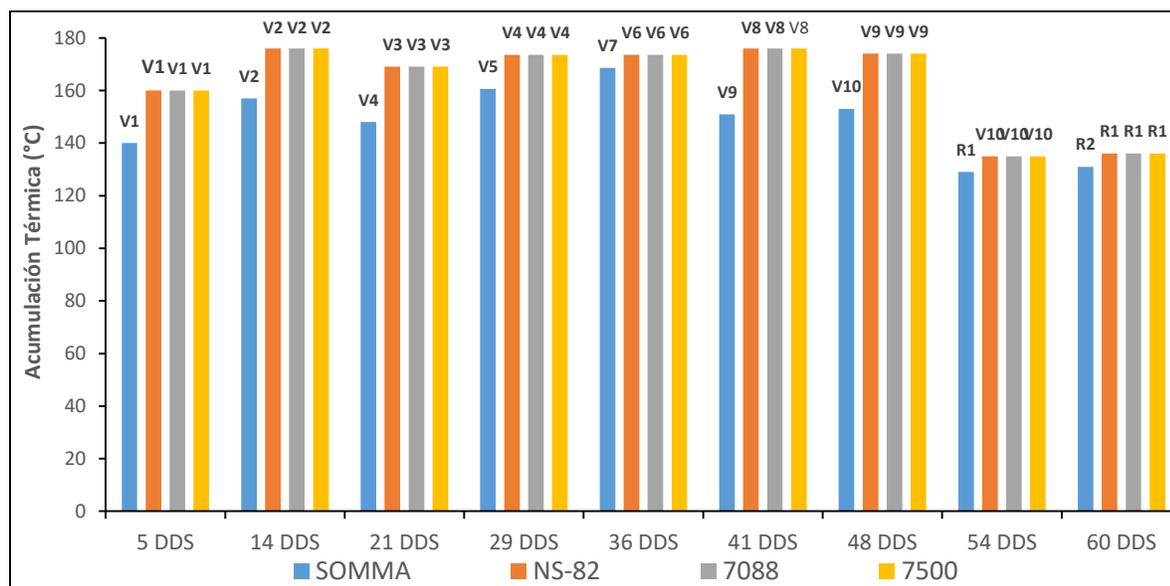


Figura 6. Acumulación térmica en °C y fases fenológicas.

4.3. Registro de Temperatura

Por medio del uso de un sensor automatizado “Elitech” (Figura 7), se pudo obtener los datos de temperatura de la zona, obteniendo el pico máximo (40 °C) y mínimo (15 °C), además de la temperatura promedio (24,5 °C),

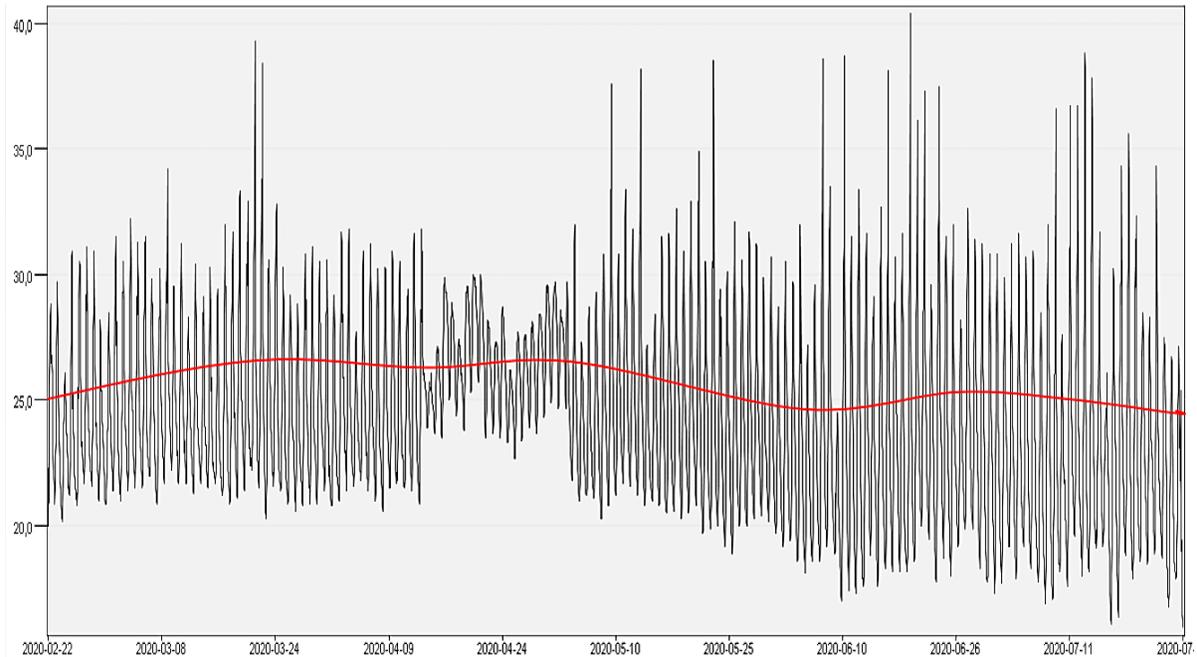


Figura 7. Gráfica de actividad térmica en el estudio, marcando la temperatura promedio.

4.4. Tiempo térmico

En la Figura 8 se expresa la acumulación térmica efectiva en el desarrollo de la planta, usando la temperatura promedio de cada día, con una acumulación térmica promedio, en cada fase fenológica, de 149 °C en para el híbrido SOMMA y 167 °C para el resto de híbridos estudiados.

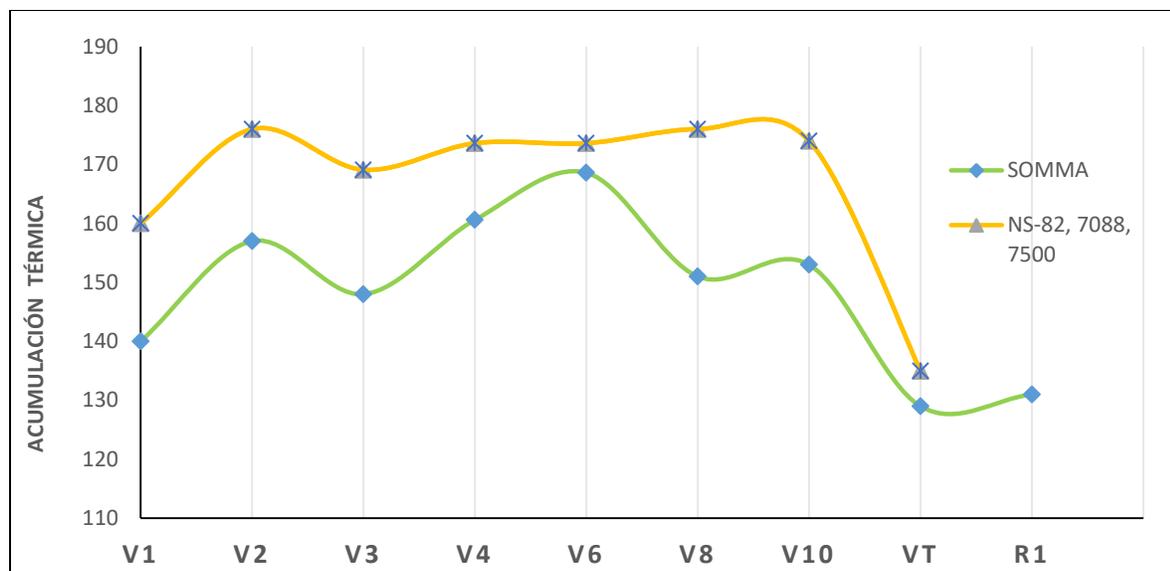


Figura 8. Gráfica de acumulación térmica con respecto a las fases fenológicas.

4.5. Rendimiento

Tabla 9. Resumen de análisis de varianza de las variables de rendimiento.

| Variable | FV | SC | CM | F | P - Valor |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------|----------|---------|-----------|
| Diámetro de mazorca | Genotipo | 0,74 | 0,25 | 15,76 | <0,0001 |
| | Fertilización | 0,07 | 0,07 | 4,459 | 0,0462 |
| | Repetición | 0,02 | 0,01 | 0,50 | 0,6873 |
| | Genotipo /fertilización | 0,09 | 0,03 | 1,93 | 0,4155 |
| Largo de mazorca | Genotipo | 32,48 | 10,83 | 44,87 | <0,0001 |
| | Fertilización | 7,78 | 5,78 | 23,95 | 0,0001 |
| | Repetición | 1,88 | 0,63 | 1,76 | 0,1861 |
| | Genotipo /fertilización | 1,27 | 0,42 | 1,76 | 0,1861 |
| Número de hileras | Genotipo | 13,22 | 4,41 | 8,29 | 0,0008 |
| | Fertilización | 1,16 | 1,16 | 2,19 | 0,1538 |
| | Repetición | 8,27 | 2,76 | 5,19 | 0,1077 |
| | Genotipo /fertilización | 2,41 | 0,80 | 1,51 | 0,2411 |
| N. de mazorcas en 5 m lineales | Genotipo | 54,25 | 18,08 | 29,78 | <0,0001 |
| | Fertilización | 2,00 | 2,00 | 3,29 | 0,0838 |
| | Repetición | 0,25 | 0,08 | 0,14 | 0,9366 |
| | Genotipo /fertilización | 0,25 | 0,08 | 0,14 | 0,9366 |
| Peso bruto | Genotipo | 293125,75 | 97708,58 | 5564,42 | <0,0001 |

| | | | | | |
|--|----------------------------|-------------|-------------|----------|---------|
| de 5 mazorcas | Fertilización | 2850,12 | 2850,12 | 162,31 | <0,0001 |
| | Repetición | 113,25 | 37,75 | 2,15 | 0,1243 |
| | Genotipo /fertilización | 2327,62 | 775,87 | 44,19 | <0,0001 |
| Peso granel de 5 mazorcas | Genotipo | 137059,34 | 45686,45 | 10524,95 | <0,0001 |
| | Fertilización | 12680,28 | 12680,28 | 2921,20 | <0,0001 |
| | Repetición | 1,59 | 0,53 | 0,12 | 0,9459 |
| Peso promedio una mazorca al granel | Genotipo | 5482,37 | 1827,46 | 10524,95 | <0,0001 |
| | Fertilización | 507,21 | 507,21 | 2921,20 | <0,0001 |
| | Repetición | 0,06 | 0,02 | 0,12 | 0,9459 |
| Rendimiento en kgha⁻¹ | Genotipo | 39789818,84 | 13263272,95 | 276,34 | <0,0001 |
| | Fertilización | 3209944,53 | 3209944,53 | 66,88 | <0,0001 |
| | Repetición | 17304,84 | 5768,28 | 0,12 | 0,9472 |
| | Genotipo /fertilización | 563759,09 | 187919,70 | 3,92 | 0,0229 |

En la tabla 9, se muestra el resumen del análisis de varianza del efecto del genotipo y fertilización, además de su interacción, en la cual se muestra diferencias significativas (P-Valor <0,05) entre genotipos, en todas las variables evaluadas, además no se muestra diferencias significativa en las repeticiones, excepto en el número de hileras. La interacción genotipo/fertilización mostró una diferencia significativa en cuanto a peso promedio de mazorca y rendimiento en kgha⁻¹.

Con respecto al diámetro y largo de mazorcas, se aprecia diferencias entre los genotipos (Figura 9), donde según el test de Tukey existen, el híbrido NS – 82 (H2) mostró un mayor diámetro, con un promedio de 4,84 cm con F2 (Tabla 10) y un mayor largo de mazorca con un promedio de 16,88 cm (Tablas 11).



Figura 9. Muestra obtenida y analizada de cada UE.

Tabla 10. Diámetro de mazorca por genotipo, test de Tukey al 5%.

| Genotipo | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|----------|---------|----|------|-------|
| NS-82 | 4,84 | 8 | 0,28 | a |
| SOMMA | 4,53 | 8 | 0,28 | b |
| 7088 | 4,54 | 8 | 0,28 | b |
| 7500 | 4,45 | 8 | 0,28 | b |

Tabla 11. Largo de mazorca por genotipo, test de Tukey al 5%.

| Genotipo | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|----------|---------|----|------|-------|
| NS-82 | 16,88 | 8 | 0,17 | a |
| SOMMA | 15,08 | 8 | 0,17 | b |
| 7088 | 14,56 | 8 | 0,17 | b c |
| 7500 | 14,29 | 8 | 0,28 | c |

Con lo referente a la fertilización, Ecuaquímica presenta un mayor diámetro (Tabla 12) y largo (Tabla 13) de mazorca con respecto a la fertilización tradicional.

Tabla 12. Diámetro de mazorca por fertilización, test de Tukey al 5%.

| Fertilización | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|---------------|---------|----|------|-------|
| Ecuaquímica. | 4,63 | 16 | 0,03 | a |
| Tradicional. | 4,53 | 16 | 0,03 | b |

Tabla 13. Largo de mazorca por fertilización, test de Tukey al 5%.

| Fertilización | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|---------------|---------|----|------|-------|
| Ecuaquímica. | 15,63 | 16 | 0,12 | a |
| Tradicional. | 14,78 | 16 | 0,12 | b |

Con respecto al número de mazorcas en 5 m lineales, existe diferencia significativa según el genotipo (Tabla 9), según el test de Tukey, el híbrido SOMMA mostró que tiene un menor promedio con 21,63 mazorcas (Tabla 14). También según el test de Tukey, el híbrido 7088 tiene mayor número de hileras que el híbrido NS-82 (Tabla 15).

Tabla 14. Número de mazorcas en 5 m lineales por genotipo, test de Tukey al 5%.

| Genotipo | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|----------|---------|----|------|-------|
| NS-82 | 24,75 | 8 | 0,28 | a |
| 7088 | 24,63 | 8 | 0,28 | a |
| 7500 | 24,50 | 8 | 0,28 | a |
| SOMMA | 21,63 | 8 | 0,28 | b |

Tabla 15. Número de hileras por genotipo, test de Tukey al 5%.

| Genotipo | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|----------|---------|----|------|-------|
| 7088 | 18,59 | 8 | 0,26 | a |
| 7500 | 17,91 | 8 | 0,26 | a b |
| SOMMA | 17,43 | 8 | 0,26 | b c |
| NS-82 | 16,84 | 8 | 0,26 | c |

Existe diferencia estadísticamente significativa en la interacción genotipo/fertilización, con respecto al peso bruto de 5 mazorcas (Tabla 9), además con el test de Tukey, se determinó que el híbrido NS – 82 con F2 tiene un mayor peso bruto de mazorca (882,5 g), mientras que el híbrido SOMMA presentó el menor promedio (Tabla 16) en sus dos niveles de fertilización.

Tabla 16. Peso bruto de 5 mazorca, test de Tukey al 5%.

| Genotipo | Fertilización | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|----------|---------------|---------|----|------|-------|
| NS-82 | Ecuacuímica | 883,50 | 4 | 2,10 | a |
| NS-82 | Tradicional | 844,25 | 4 | 2,10 | b |
| 7500 | Ecuacuímica | 753,25 | 4 | 2,10 | c |
| 7500 | Tradicional | 722,25 | 4 | 2,10 | d |
| 7088 | Ecuacuímica | 720,50 | 4 | 2,10 | d |
| 7088 | Tradicional | 710,50 | 4 | 2,10 | e |
| SOMMA | Ecuacuímica | 596,25 | 4 | 2,10 | f |
| SOMMA | Tradicional | 592,00 | 4 | 2,10 | f |

Existe diferencia estadísticamente significativa en la interacción genotipo/fertilización, con respecto al peso al granel de 5 mazorcas (Tabla 9), además con el test de Tukey, se determinó que el híbrido NS – 82 con F2 tiene un mayor promedio (639,5 g), mientras que el híbrido SOMMA presentó el menor promedio (Tabla 17) en sus dos niveles de fertilización.

Tabla 17. Peso al granel de 5 mazorca, test de Tukey al 5%.

| Genotipo | Fertilización | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|----------|---------------|---------|----|------|-------|
| NS-82 | Ecuacuímica | 693,50 | 4 | 1,04 | a |
| 7088 | Ecuacuímica | 631,50 | 4 | 1,04 | b |
| 7500 | Ecuacuímica | 631,50 | 4 | 1,04 | b |
| NS-82 | Tradicional | 629,25 | 4 | 1,04 | b |
| 7500 | Tradicional | 588,25 | 4 | 1,04 | c |
| 7088 | Tradicional | 583,25 | 4 | 1,04 | d |
| SOMMA | Ecuacuímica | 485,25 | 4 | 1,04 | e |
| SOMMA | Tradicional | 481,75 | 4 | 1,04 | e |

Existe diferencia estadísticamente significativa en la interacción genotipo/fertilización, con respecto al peso de mazorca al granel (Tabla 9), además con el test de Tukey, se determinó que el híbrido NS – 82 con F2 tiene un mayor peso de mazorca (138,7 g), mientras que el híbrido SOMMA presentó el menor promedio (Tabla 18) en sus dos niveles de fertilización.

Tabla 18. Peso de mazorca al granel, test de Tukey al 5%.

| Genotipo | Fertilización | Mediana | n. | E.E. | Letra |
|-----------------|----------------------|----------------|-----------|-------------|--------------|
| NS-82 | Ecuaquímica | 138,70 | 4 | 0,21 | a |
| 7088 | Ecuaquímica | 126,30 | 4 | 0,21 | b |
| 7500 | Ecuaquímica | 126,30 | 4 | 0,21 | b |
| NS-82 | Tradicional | 125,85 | 4 | 0,21 | b |
| 7500 | Tradicional | 117,65 | 4 | 0,21 | c |
| 7088 | Tradicional | 116,65 | 4 | 0,21 | d |
| SOMMA | Ecuaquímica | 97,05 | 4 | 0,21 | e |
| SOMMA | Tradicional | 96,35 | 4 | 0,21 | e |

Con respecto al rendimiento, existe diferencia estadísticamente significativa en la interacción genotipo/fertilización (Tabla 9), el híbrido NS – 82 con la fertilización de Ecuaquímica, según el test de Tukey, tiene un mayor rendimiento con 8668,5 kg ha⁻¹, mientras que los híbridos 7088 y 7500 en la fertilización tradicional, se mantienen en una producción promedio de 7138 kg ha⁻¹, además el híbrido SOMMA presenta una menor producción en ambos niveles de fertilización (Figura 10), además la fertilización de Ecuaquímica arrojó un mejor rendimiento a nivel de cada genotipo.

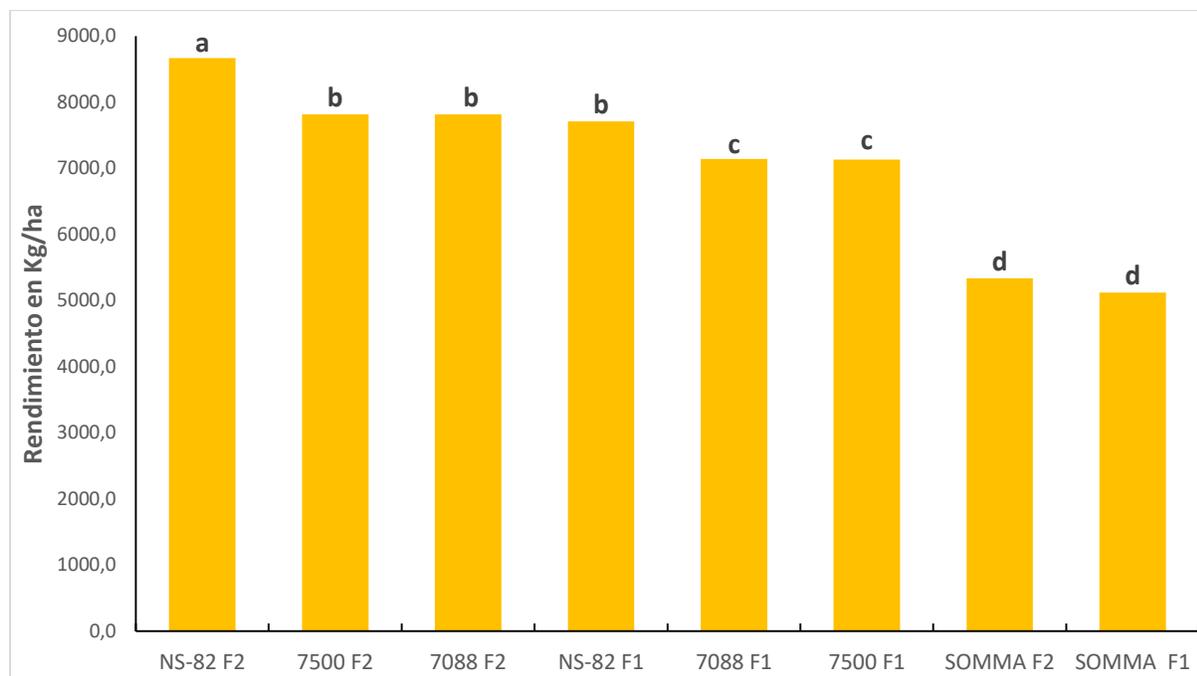


Figura 10. Promedio de rendimiento en Kg ha⁻¹ de cada tratamiento con prueba DGS.

5. DISCUSIÓN

Para el diámetro de tallo (mm), todos los híbridos alcanzaron diámetros estadísticamente similares (24 a 26 mm), a excepción del híbrido SOMMA que presentó un diámetro de tallo menor (20,75 F1 y 22,5 F2), sin embargo Carpio (2018) menciona que el híbrido SOMMA posee un tallo resistente. Por otro lado, Termunde (1963) menciona que el diámetro del tallo disminuye significativamente al aumentar la población de plantas por ha.

Para el área foliar (cm^2), el híbrido que presentó la mayor área foliar fue el híbrido NS – 82 (F2: 7126,5 cm^2 y F1: 6868,2 cm^2), mientras que el híbrido que menor área foliar presentó fue el híbrido SOMMA, el cual independientemente del nivel de fertilización, presentó una media de área foliar de 4799 cm^2 , estos valores se aproximan a los valores de área foliar de nueve genotipos de maíz estudiados por Camacho, Garrido y Lima (1995), los cuales van desde 5327 a 8411 cm^2 y que concuerda con los valores obtenidos en la investigación

Con respecto a la altura de planta (cm), mayor altura fue NS – 82 con ambas fertilizaciones (F2 y F1) con 195,8 cm y 188,4 cm respectivamente y el híbrido 7500 (F2) con 191,2 cm, mientras que el híbrido que obtuvo la menor altura fue el híbrido SOMMA tanto con F1 como con F2 (134,7 y 158,4 cm respectivamente). Lo que difiere con lo que mencionan Martínez et al (1999), donde indican que los híbridos estudiados en México tienen una altura que va desde los 182 cm hasta los 264 cm. Asimismo en otro estudio por Gordón et al (2006) en Panamá indican que la altura de catorce híbridos de maíz estuvo en el rango de 204 cm y 264 cm. Mientras que en un estudio realizado en Pindal por Molina (2010), se obtuvo como resultado que la altura de planta de los híbridos evaluados fue de 190 cm (testigo 2) y 203 cm (testigo 1) y de 214,33 cm (T3), 218 cm (T6), 220,67 cm (T4), 221 cm (T2), 243 cm (T5) y de 247 cm (T1), por lo que concuerda con la presente investigación, siendo alturas promedio en los híbridos de maíz actuales.

Para el seguimiento fenológico, se mostró que el híbrido SOMMA presentó una mayor precocidad llegando a R1 a los 54 DDS, a diferencia de los híbridos "NS – 82", "7088" y "7500" que llegaron a la fase R1 a los 60 DDS, así mismo que Syngenta (2018), menciona que el híbrido SOMMA tiene una precocidad considerable en relación a otros híbridos, por lo que

coincide con lo obtenido en el trabajo de investigación realizadas, siendo importante para planes de manejo intensivo o de varios ciclos de cultivo en un mismo año.

El híbrido que presentó un largo mayor de mazorca fue NS – 82, con 16,88 cm, lo que coincide con la ficha técnica del híbrido en cuestión (Syngenta, 2018), el cual expresa un largo de mazorca de 17 cm en promedio, no se logró obtener valores al largo teórico por condiciones adversas, debido a la pandemia, lo cual imposibilitó el correcto mantenimiento del proyecto, debido a las restricciones de movilidad.

Con respecto al rendimiento, se obtuvo que en la zona de estudio el híbrido que obtuvo un mayor rendimiento fue NS 82 con $8668,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (F2) y el híbrido con el menor rendimiento en ambas fertilizaciones fue SOMMA con 5118 kg ha^{-1} (F1) y $5337,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (F2), obteniendo un mejor rendimiento , con el tratamiento de Ecuaquímica en cada uno de los genotipos, debido a que, al parecer, en el híbrido SOMMA, la semilla no presentó un vigor esperado. Esto difiere con un estudio realizado en Pindal por Molina (2010), el cual indica que el híbrido SOMMA, el mayor rendimiento fue del testigo 2, con un tratamiento similar a F2, el mismo que obtuvo un rendimiento de 5690 kg ha^{-1} y el menor rendimiento fue del testigo 1, el cual fue de 4890 kg ha^{-1} , por lo que intuimos que el híbrido SOMMA, es un híbrido de bajo rendimiento en especial, para zonas maiceras.

6. CONCLUSIONES

- ✓ Existe diferencia significativa en la interacción fertilización/genotipo con respecto a diámetro y altura de planta, mientras que en área foliar solo existe diferencia entre genotipos.
- ✓ El híbrido NS – 82, mostró mejores características, como diámetro de tallo o área foliar y rendimiento, es un material genético adecuado para la zona de estudio.
- ✓ Con respecto al seguimiento fenológico, los híbridos mostraron un similar desarrollo fenológico (60 DDS a R1), excepto el híbrido SOMMA, el cual expreso una mayor precocidad (54 DDS a R1).
- ✓ El Híbrido SOMMA, requiere una menor acumulación térmica para llegar a fase de floración y fructificación.
- ✓ El híbrido SOMMA con una menor AF y producción final, no se adaptó bien a las condiciones climáticas de la zona donde se realizó la investigación, por lo que no se recomienda.
- ✓ Los híbridos 7088 y 7500 tienen un rendimiento promedio para la zona, de ser necesario, se puede usar uno de estos dos híbridos.
- ✓ El híbrido NS – 82, mostró una mejor adaptación a las condiciones climáticas, además de tener una mayor producción final usando la fertilización F2.

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer otros estudios en otras zonas, aledañas con diferentes condiciones climáticas, con el fin de poder estudiar el crecimiento vegetativo en diferentes pisos altitudinales de la provincia de Loja.
- ✓ Probar otros híbridos existentes en el mercado como Emblema, Triunfo, DK 7508, Centella, que también son usados en el medio, para tener una mejor comprensión del comportamiento de otros híbridos en la zona.
- ✓ Establecer nuevas recomendaciones de fertilización buscando un mayor rendimiento y rentabilidad al agricultor.
- ✓ Usar una mayor densidad de plantación, para incrementar los rendimientos.
- ✓ Realizar un plan de manejo fitosanitario, para evitar pérdidas por plagas y enfermedades

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bandel, V.A., Mulford, F.R. y Bauer, H.J. (1984). Influence of fertilizer source and placement on no-tilled corn. *Fert. Issues*, 2: 38-43.
- Beal, W. (1880). Indian corn. *Mich. State Board Agr. Ann. Rpt.*, 19: 279-289.
- Benacchio, S.S. (1982). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. De Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Camacho, R.G., Garrido, O. y Lima M.G. (1995). Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea Mays L.*) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz.
- Camargo I., Gordón R., & Franco T. (2002). Confiabilidad de nuevos híbridos de maíz, en Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 13(1), 7-11. [Fecha de Consulta; 9 de Junio de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43713102>
- Carpio Cedeño Carlos Alberto. (2018). Evaluación de la calidad nutricional de los ensilajes en bolsa de los híbridos de maíz (*Zea mays*) Somma y Trueno aplicando dos aditivos en la zona de Colimes-Ecuador. Facultad de ciencias para el desarrollo. Universidad de Guayaquil. Los Ríos, Ecuador. 61 pp.
- Chang, J.H. (1968). *Climate and agriculture. An ecological survey.* Aldine Publishing Company. Chicago, Illinois, USA. 304 p.
- CIMMYT. (2003). Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. (1979). Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje No. 33. FAO. Roma. 212 p.
- FAO. (1983). Maximizing fertilizer use efficiency. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bull.* 6. Rome.

- FAO. (1994). ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy N.Y., U.S.A. 607 p
- FAO. (2018) Origen, evolución y difusión del maíz [En línea]. [Fecha de consulta 19 de enero 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s03.htm>
- FAO. (2020) Morfología del maíz tropical [En línea]. [Fecha de consulta 14 de enero 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x7650s04.htm>
- GAD PINDAL. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pindal 2019 – 2023.
- García, F. (2011). Fertilización de Maíz en la Región Pampeana. Recuperado. Obtenido de <http://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/fertilizacion-de-maiz-en-la-region-pampeana>
- González (1984). Especies vegetales de importancia económica en México. Ed. Porrúa. México, 305 p.
- Gordón, R. et al. (2006). Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 17(2): 189-199. ISSN: 1021-7444
- Guerra F., Fuentes M. y Cruz O. (2003). Evaluación de híbridos experimentales de maíz del PRMen Centroamérica. Agronomía Mesoamericana, 14(1) ,21-25. [Fecha de Consulta 9 de Junio de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43714104>
- INEC (2011). Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador ESPAC. Recuperado el 15 de Enero del 2013 en: <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/main.html>
- INIAP (1990). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC Híbrido de maíz para la zona central del Litoral. Boletín Pichilingue. Quevedo – Ecuador.
- INIAP (2009). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC, H-553 Guía de Híbrido de Maíz para la Zona Central del litoral. Plegable divulgativo N° 304. E. E. T. Pichilingue. Quevedo – Ecuador

- Lafitte, R.H. (1991). CIMMYT training handout, extracted from J.R. Landon. México, DF, Broo Weber y Bleiholder ker Agric. Int.
- MAG (2014).Prácticas de manejo del Maíz. Ministerio de agricultura y ganadería. Ecuador.
- Martínez, R. et al. (1999). Rendimiento de nuevos híbridos de maíz para la zona de transición de México. Molina, R. (2010). Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro, INIAP H-601, INIAP H 553, HZCA 317, HZCA 318, AUSTRO 1, frente a dos testigos, AGRI 104 y DEKALB DK 7088, sembrados por el agricultor local, en San Juan – Cantón Pindal – provincia de Loja. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Azuay, Ecuador. 85 pp.
- Moreno D., R. (1992). Criterio para la interpretación de resultados de análisis de suelos. Documento de circulación interna. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Toluca. Toluca, Edo. De México. 25 p.
- Paliwal, R.L. (1986). CIMMYT's expanded maize improvement program. In R.N. Wedderburn & C. De Leon, eds. Proc. 2nd Asian Reg. Maize Workshop, Indonesia, p. 125-140.
- Purseglove, J.W. (1985). Tropical crops: Monocotyledons. Longman Scientific and Technical.
- Racines, M., Mendoza, L., Yáñez, F. (2011). Retorno económico de la investigación y transferencia de tecnologías. Ecuador: caso maíz duro de Quito. 60 p.
- Ríos A., Machimba M., Molina A., y Montenegro (2007). Evaluación agronómica de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays L.*). La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, (6),30-33.[fecha de Consulta 9 de Junio de 2020]. ISSN: 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4760/476047390006>
- Sánchez, P. (1976). Properties and management of soils in the tropics. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
- Skora Neto, F. (1993). Controle de plantas daninhas empleadas. In I Encontro Latino Americano Sobre Plantio Direto na Pequena Propiedad de, 22-26 Nov. 1993. Ponta Grossa, PR, Brasil. Instituto Agronómico do Parana.
- Syngenta. (2018). Somma Semilla híbrida de maíz amarillo. San Borondón Ecuador: Syngenta.

- Terán, G. (2008). Corrección del anteproyecto de tesis Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de fertilización en la parroquia La Concepción, cantón Mira.
- Termunde, D. E., Shank, D. B. y Dirks, V. A. (1963). Effects of population levels on yield and maturity of maize hybrids grown of the Northern Greats Plains. *Agronomy Journal* 55 (6): 551-55
- Valle T, Oscar H, (2005). Comportamiento agronómico de híbridos de maíz en dos municipios de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1),7-12.[fecha de Consulta 9 de Junio de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43716102>
- Violic A.D., Kocher, F., Palmer, A.F. y Nibe, T. (1982). Experimentación en Labranza-Cero en Maíz en la Región Costera del Norte de Veracruz. Reunión Latino-americana de Ciencias Agrícolas, ALCA, Chapingo, México.
- Yara E. (2019). Nutrición del Maíz. Km. 1.5 vía a Zamborondón Edificio Del Portal Piso 1 Oficina 107 EC092302 Guayaquil, Ecuador.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1. Evidencia fotográfica



Figura 11. Preparación y parcelación del terreno.



Figura 12. Rotulado de las parcelas.



Figura 13. Control de las unidades experimentales.



Figura 14. Eliminación de malezas.



Figura 15. Medición de 5 m lineales en surcos centrales.



Figura 16. Cosecha de unidades experimentales.



Figura 17. Muestreo de mazorcas en 5 m lineales.



Figura 18. Muestra de cada unidad experimental.



Figura 19. Calidad del grano en cada tratamiento.

9.2. Anexo 2. Tabla de datos de rendimiento

| Genotipo | Fertilización | Repetición | Tratamiento | Nº mazorcas | Prom. Largo | Prom. Diám. | Prom. Nº hileras | PB (5 mazorcas) | PG (5 mazorcas) | peso mazorca | Kgha ⁻¹ | qqha ⁻¹ |
|----------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------------|--------------------|
| Somma | Tradicional | 1 | 1 | 22 | 15 | 4,7 | 16,7 | 600 | 481 | 96,2 | 5291 | 116,5 |
| Somma | Tradicional | 2 | 1 | 21 | 15 | 4,5 | 16,7 | 600 | 480 | 96 | 5040 | 111,0 |
| Somma | Tradicional | 3 | 1 | 22 | 15 | 4,5 | 18,0 | 590 | 481 | 96,2 | 5291 | 116,5 |
| Somma | Tradicional | 4 | 1 | 20 | 14 | 4,5 | 18,0 | 595 | 485 | 97 | 4850 | 106,8 |
| Somma | Ecuauquím. | 1 | 2 | 22 | 15 | 4,3 | 17,3 | 590 | 485 | 97 | 5335 | 117,5 |
| Somma | Ecuauquím. | 2 | 2 | 21 | 15,8 | 4,5 | 17,3 | 591 | 486 | 97,2 | 5103 | 112,4 |
| Somma | Ecuauquím. | 3 | 2 | 22 | 15,3 | 4,6 | 18,7 | 589 | 486 | 97,2 | 5346 | 117,8 |
| Somma | Ecuauquím. | 4 | 2 | 23 | 15,5 | 4,6 | 16,7 | 598 | 484 | 96,8 | 5566 | 122,6 |
| NS-58 | Tradicional | 1 | 3 | 24 | 16,8 | 5,0 | 17,3 | 846 | 629 | 125,8 | 7548 | 166,3 |
| NS-58 | Tradicional | 2 | 3 | 25 | 18 | 4,7 | 14,7 | 840 | 630 | 126 | 7875 | 173,5 |
| NS-58 | Tradicional | 3 | 3 | 25 | 15,8 | 4,8 | 17,3 | 842 | 630 | 126 | 7875 | 173,5 |
| NS-58 | Tradicional | 4 | 3 | 24 | 16,2 | 4,7 | 18,7 | 849 | 628 | 125,6 | 7536 | 166,0 |
| NS-58 | Ecuauquím | 1 | 4 | 25 | 17,3 | 4,8 | 16,7 | 886 | 692 | 138,4 | 8650 | 190,5 |
| NS-58 | Ecuauquím | 2 | 4 | 26 | 17,3 | 4,7 | 16,0 | 879 | 694 | 138,8 | 9022 | 198,7 |
| NS-58 | Ecuauquím | 3 | 4 | 24 | 16,8 | 5,1 | 17,3 | 889 | 696 | 139,2 | 8352 | 184,0 |
| NS-58 | Ecuauquím | 4 | 4 | 25 | 16,8 | 4,9 | 16,7 | 880 | 692 | 138,4 | 8650 | 190,5 |
| 7088 | Tradicional | 1 | 5 | 24 | 13,2 | 4,3 | 18,7 | 710 | 587 | 117,4 | 7044 | 155,2 |
| 7088 | Tradicional | 2 | 5 | 24 | 14,3 | 4,4 | 17,3 | 712 | 584 | 116,8 | 7008 | 154,4 |
| 7088 | Tradicional | 3 | 5 | 25 | 13,8 | 4,3 | 18,0 | 708 | 582 | 116,4 | 7275 | 160,2 |
| 7088 | Tradicional | 4 | 5 | 25 | 15 | 4,5 | 18,0 | 712 | 580 | 116 | 7250 | 159,7 |
| 7088 | Ecuauquím | 1 | 6 | 25 | 15,2 | 4,5 | 18,7 | 721 | 631 | 126,2 | 7888 | 173,7 |
| 7088 | Ecuauquím | 2 | 6 | 25 | 15,3 | 4,7 | 19,3 | 719 | 632 | 126,4 | 7900 | 174,0 |
| 7088 | Ecuauquím | 3 | 6 | 24 | 14,7 | 4,7 | 20,0 | 720 | 630 | 126 | 7560 | 166,5 |
| 7088 | Ecuauquím | 4 | 6 | 25 | 15 | 4,6 | 18,7 | 722 | 633 | 126,6 | 7913 | 174,3 |
| 7500 | Tradicional | 1 | 7 | 23 | 13,7 | 4,4 | 17,3 | 720 | 590 | 118 | 6785 | 149,4 |
| 7500 | Tradicional | 2 | 7 | 25 | 13,7 | 4,5 | 17,3 | 718 | 588 | 117,6 | 7350 | 161,9 |
| 7500 | Tradicional | 3 | 7 | 25 | 13,6 | 4,5 | 18,0 | 723 | 585 | 117 | 7313 | 161,1 |
| 7500 | Tradicional | 4 | 7 | 24 | 13,3 | 4,2 | 18,0 | 730 | 590 | 118 | 7080 | 155,9 |
| 7500 | Ecuauquím | 1 | 8 | 25 | 14,3 | 4,5 | 18,7 | 750 | 631 | 126,2 | 7888 | 173,7 |
| 7500 | Ecuauquím | 2 | 8 | 24 | 15,5 | 4,5 | 16,7 | 745 | 629 | 125,8 | 7548 | 166,3 |
| 7500 | Ecuauquím | 3 | 8 | 25 | 15 | 4,5 | 19,3 | 758 | 632 | 126,4 | 7900 | 174,0 |
| 7500 | Ecuauquím | 4 | 8 | 25 | 15,2 | 4,5 | 18,0 | 760 | 634 | 126,8 | 7925 | 174,6 |

9.3. Anexo 3. Datos generados por sensor automático de temperatura.

| Data Report | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| File created on:2020-11-27 08:59:26 | | | | | |
| Device Information | | | | | |
| Device Model | RC-5 | Logging Interval | 3600 | StartTime | 2020-02-22 05:51:32 |
| Total Space | 32000 | Press Button | Disable | Temperature Unit | °C |
| Storage Mode | N/A | Alarm Tone | N/A | | |
| Button Tone | N/A | Logging interval shortened if N/A | | | |
| Trip Description | | | | | |
| Serial Number | EFE196E00953 | | | | |
| Trip Description | RC-5 Data Logger | | | | |
| Alarm Settings | | Alarm Status | | | |
| H1:60,0°C | Normal | | | | |
| Ideal Zone | | | | | |
| L1:-30,0°C | Normal | | | | |
| Summary | | | | | |
| Data Points | 3661 | | Mean Kinetic Temperature (K) | 25,1 | |
| First Reading | 2020-02-22 05:51:32 | | Last Reading | 2020-07-27 08:51:32 | |
| Maximum(Temperature) | 40,4°C | | Minimum(Temperature) | 16,1°C | |
| Average(Temperature) | 24,4°C | | Recorded Period | 156D 3H 0M 0S | |

Figura 20. Datos de temperatura máxima, mínima y promedio.

9.4. Anexo 4. Datos parciales de temperatura, en el ciclo del cultivo.

| No. | Time | Temperatura °C |
|-----|---------------------|----------------|
| 1 | 2020-02-22 05:51:32 | 22,5 |
| 2 | 2020-02-22 06:51:32 | 20 |
| 3 | 2020-02-22 07:51:32 | 22,3 |
| 4 | 2020-02-22 08:51:32 | 20,8 |
| 5 | 2020-02-22 09:51:32 | 21 |
| 6 | 2020-02-22 10:51:32 | 23,7 |
| 7 | 2020-02-22 11:51:32 | 25,4 |
| 8 | 2020-02-22 12:51:32 | 27,9 |
| 9 | 2020-02-22 13:51:32 | 27,5 |
| 10 | 2020-02-22 14:51:32 | 28,2 |
| 11 | 2020-02-22 15:51:32 | 28,8 |
| 12 | 2020-02-22 16:51:32 | 26,9 |
| 13 | 2020-02-22 17:51:32 | 26,5 |
| 14 | 2020-02-22 18:51:32 | 26,8 |
| 15 | 2020-02-22 19:51:32 | 26,6 |
| 16 | 2020-02-22 20:51:32 | 26,4 |
| 17 | 2020-02-22 21:51:32 | 26 |
| 18 | 2020-02-22 22:51:32 | 23 |
| 19 | 2020-02-22 23:51:32 | 22,9 |
| 20 | 2020-02-23 00:51:32 | 22,1 |

| | | |
|----|---------------------|------|
| 21 | 2020-02-23 01:51:32 | 22,2 |
| 22 | 2020-02-23 02:51:32 | 22 |
| 23 | 2020-02-23 03:51:32 | 21,6 |
| 24 | 2020-02-23 04:51:32 | 21,4 |
| 25 | 2020-02-23 05:51:32 | 20,9 |
| 26 | 2020-02-23 06:51:32 | 21,7 |
| 27 | 2020-02-23 07:51:32 | 22,1 |
| 28 | 2020-02-23 08:51:32 | 22,8 |
| 29 | 2020-02-23 09:51:32 | 23,4 |
| 30 | 2020-02-23 10:51:32 | 24,8 |
| 31 | 2020-02-23 11:51:32 | 27 |
| 32 | 2020-02-23 12:51:32 | 28,3 |
| 33 | 2020-02-23 13:51:32 | 29,7 |
| 34 | 2020-02-23 14:51:32 | 29,2 |
| 35 | 2020-02-23 15:51:32 | 27,9 |
| 36 | 2020-02-23 16:51:32 | 26,2 |
| 37 | 2020-02-23 17:51:32 | 25,5 |
| 38 | 2020-02-23 18:51:32 | 24 |
| 39 | 2020-02-23 19:51:32 | 23,5 |
| 40 | 2020-02-23 20:51:32 | 22,7 |
| 41 | 2020-02-23 21:51:32 | 22,2 |
| 42 | 2020-02-23 22:51:32 | 21,8 |
| 43 | 2020-02-23 23:51:32 | 21,4 |
| 44 | 2020-02-24 00:51:32 | 21,2 |
| 45 | 2020-02-24 01:51:32 | 20,9 |
| 46 | 2020-02-24 02:51:32 | 20,6 |
| 47 | 2020-02-24 03:51:32 | 20,4 |
| 48 | 2020-02-24 04:51:32 | 20,3 |
| 49 | 2020-02-24 05:51:32 | 20,3 |
| 50 | 2020-02-24 06:51:32 | 20,2 |
| 51 | 2020-02-24 07:51:32 | 20,8 |
| 52 | 2020-02-24 08:51:32 | 22,2 |
| 53 | 2020-02-24 09:51:32 | 23,3 |
| 54 | 2020-02-24 10:51:32 | 24 |
| 55 | 2020-02-24 11:51:32 | 24,4 |
| 56 | 2020-02-24 12:51:32 | 24,5 |
| 57 | 2020-02-24 13:51:32 | 25,4 |
| 58 | 2020-02-24 14:51:32 | 26,1 |
| 59 | 2020-02-24 15:51:32 | 26 |
| 60 | 2020-02-24 16:51:32 | 25,4 |
| 61 | 2020-02-24 17:51:32 | 24,7 |
| 62 | 2020-02-24 18:51:32 | 24,1 |
| 63 | 2020-02-24 19:51:32 | 23,8 |
| 64 | 2020-02-24 20:51:32 | 23,5 |
| 65 | 2020-02-24 21:51:32 | 23,6 |
| 66 | 2020-02-24 22:51:32 | 23,1 |
| 67 | 2020-02-24 23:51:32 | 22,6 |
| 68 | 2020-02-25 00:51:32 | 22,1 |
| 69 | 2020-02-25 01:51:32 | 21,6 |

| | | |
|-----|---------------------|------|
| 70 | 2020-02-25 02:51:32 | 21,4 |
| 71 | 2020-02-25 03:51:32 | 21,5 |
| 72 | 2020-02-25 04:51:32 | 21,3 |
| 73 | 2020-02-25 05:51:32 | 21,9 |
| 74 | 2020-02-25 06:51:32 | 21,2 |
| 75 | 2020-02-25 07:51:32 | 21,7 |
| 76 | 2020-02-25 08:51:32 | 22,8 |
| 77 | 2020-02-25 09:51:32 | 24,3 |
| 78 | 2020-02-25 10:51:32 | 26,2 |
| 79 | 2020-02-25 11:51:32 | 27,5 |
| 80 | 2020-02-25 12:51:32 | 28,1 |
| 81 | 2020-02-25 13:51:32 | 30,7 |
| 82 | 2020-02-25 14:51:32 | 30,9 |
| 83 | 2020-02-25 15:51:32 | 28,4 |
| 84 | 2020-02-25 16:51:32 | 24,7 |
| 85 | 2020-02-25 17:51:32 | 25,2 |
| 86 | 2020-02-25 18:51:32 | 24,4 |
| 87 | 2020-02-25 19:51:32 | 23,8 |
| 88 | 2020-02-25 20:51:32 | 23,4 |
| 89 | 2020-02-25 21:51:32 | 22,7 |
| 90 | 2020-02-25 22:51:32 | 22,1 |
| 91 | 2020-02-25 23:51:32 | 21,8 |
| 92 | 2020-02-26 00:51:32 | 21,5 |
| 93 | 2020-02-26 01:51:32 | 21,4 |
| 94 | 2020-02-26 02:51:32 | 21,3 |
| 95 | 2020-02-26 03:51:32 | 21,1 |
| 96 | 2020-02-26 04:51:32 | 21 |
| 97 | 2020-02-26 05:51:32 | 21,3 |
| 98 | 2020-02-26 06:51:32 | 20,8 |
| 99 | 2020-02-26 07:51:32 | 21,5 |
| 100 | 2020-02-26 08:51:32 | 23,1 |
| 101 | 2020-02-26 09:51:32 | 25,5 |
| 102 | 2020-02-26 10:51:32 | 25,1 |
| 103 | 2020-02-26 11:51:32 | 28,6 |
| 104 | 2020-02-26 12:51:32 | 28,9 |
| 105 | 2020-02-26 13:51:32 | 30,3 |
| 106 | 2020-02-26 14:51:32 | 30,5 |
| 107 | 2020-02-26 15:51:32 | 30 |
| 108 | 2020-02-26 16:51:32 | 30,4 |
| 109 | 2020-02-26 17:51:32 | 27,5 |
| 110 | 2020-02-26 18:51:32 | 26 |
| 111 | 2020-02-26 19:51:32 | 25,2 |
| 112 | 2020-02-26 20:51:32 | 24,6 |
| 113 | 2020-02-26 21:51:32 | 23,2 |
| 114 | 2020-02-26 22:51:32 | 23,1 |
| 115 | 2020-02-26 23:51:32 | 23,3 |
| 116 | 2020-02-27 00:51:32 | 23 |
| 117 | 2020-02-27 01:51:32 | 22,5 |
| 118 | 2020-02-27 02:51:32 | 22,5 |

| | | |
|-----|---------------------|------|
| 119 | 2020-02-27 03:51:32 | 22,3 |
| 120 | 2020-02-27 04:51:32 | 22 |
| 121 | 2020-02-27 05:51:32 | 21,8 |
| 122 | 2020-02-27 06:51:32 | 21,7 |
| 123 | 2020-02-27 07:51:32 | 22,9 |
| 124 | 2020-02-27 08:51:32 | 23,5 |
| 125 | 2020-02-27 09:51:32 | 24,4 |
| 126 | 2020-02-27 10:51:32 | 25,5 |
| 127 | 2020-02-27 11:51:32 | 27,2 |
| 128 | 2020-02-27 12:51:32 | 29,2 |
| 129 | 2020-02-27 13:51:32 | 28,6 |
| 130 | 2020-02-27 14:51:32 | 29,3 |
| 131 | 2020-02-27 15:51:32 | 31,1 |
| 132 | 2020-02-27 16:51:32 | 27,6 |
| 133 | 2020-02-27 17:51:32 | 27,3 |
| 134 | 2020-02-27 18:51:32 | 25,4 |
| 135 | 2020-02-27 19:51:32 | 24,4 |
| 136 | 2020-02-27 20:51:32 | 24,3 |
| 137 | 2020-02-27 21:51:32 | 23,9 |
| 138 | 2020-02-27 22:51:32 | 23,7 |
| 139 | 2020-02-27 23:51:32 | 23,2 |
| 140 | 2020-02-28 00:51:32 | 22,9 |
| 141 | 2020-02-28 01:51:32 | 22,5 |
| 142 | 2020-02-28 02:51:32 | 22,2 |
| 143 | 2020-02-28 03:51:32 | 22,1 |

9.5. Anexo 5. Mapa de precipitación, del cantón Pindal, (GAD PINDAL, 2019)

