



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO
Y PRODUCTIVO, DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO
AMARILLO CON DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN LA
PARROQUIA NAMBACOLA DE LA PROVINCIA DE LOJA.

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

Autora: Karla Janeth Ochoa Robles

Directora: PhD. Mirian Irene Capa Morocho

Loja – Ecuador

2021

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TESIS

PhD. Mirian Irene Capa Morocho
DIRECTORA DE TESIS

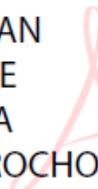
CERTIFICO:

Que después de haber orientado y revisado el trabajo de tesis titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y PRODUCTIVO, DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO CON DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN LA PARROQUIA NAMBACOLA DE LA PROVINCIA DE LOJA**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la egresada Karla Janeth Ochoa Robles, se autoriza su respectiva presentación en consideración a que el mismo se acoge a las normas y reglamentos generales de graduación exigido para la carrera de Ingeniería Agronómica.

En mi calidad de directora de Tesis, certifico que el trabajo de investigación desarrollado ha sido el trabajo propio de la egresada.

Loja, 7 de abril del 2021

MIRIAN
IRENE
CAPA
MOROCHO



Firmado
digitalmente por
MIRIAN IRENE
CAPA MOROCHO
Fecha: 2021.04.08
10:45:40 -05'00'

PhD. Mirian Irene Capa Morocho
DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **“Evaluación del comportamiento fenológico productivo, de cuatro híbridos de maíz duro amarillo con dos niveles de fertilización en la parroquia Nambacola de la provincia De Loja”** de la autoría de la señorita Karla Janeth Ochoa Robles, egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, misma que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por el tribunal en el documento final, por tal motivo se procede a la probación y calificación del trabajo de Tesis de Grado.

En tal virtud, nos permitimos certificar que, en el trabajo final consolidado de investigación está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por tal motivo, se autoriza continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 05 de julio del 2021

**FRANCISCO
JAVIER
GUAYLLAS
GUAYLLAS**

Firmado digitalmente
por FRANCISCO JAVIER
GUAYLLAS GUAYLLAS
DN: cn=FRANCISCO JAVIER
GUAYLLAS GUAYLLAS c=EC
l=QUITO o=BANCO CENTRAL
DEL ECUADOR ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE
Motivo: Apruebo este documento
Ubicación:
Fecha: 2021-07-05 08:29:05:00

Mg. Sc. Francisco Javier Guayllas Guayllas,

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



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

Mg. Sc Paulina Vanesa Fernández Guarnizo
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**ANGEL ROLANDO
ROBLES CARRION**

PhD. Ángel Rolando Robles Carrión
VOCAL

AUTORÍA

Yo, Karla Janeth Ochoa Robles, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y 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.



Firmado electrónicamente por:

**KARLA JANETH
OCHOA ROBLES**

Autora: Karla Janeth Ochoa Robles

Cédula: 1105245110

Fecha: 06 de julio del 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Karla Janeth Ochoa Robles, declaro ser autora de la tesis titulada: “**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y PRODUCTIVO, DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO CON DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN LA PARROQUIA NAMBACOLA DE LA PROVINCIA DE LOJA**”, como requisito para optar el grado de Ingeniero Agrónomo; por lo que autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera 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 cuales tenga 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 seis días del mes de julio del dos mil veinte y uno, firma el autor.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**KARLA JANETH
OCHOA ROBLES**

Autor: Karla Janeth Ochoa Robles

Cédula: 1105245110

Dirección: parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá, provincia de Loja

Correo Electrónico: ochoakarla1992@gmail.com

Teléfono: 0992155239

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Dra. Mirian Irene Capa Morocho PhD.

Tribunal de grado:

Mg. Sc. Francisco Javier Guayllas Guayllas

Presidente

Mg. Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo

Vocal

PhD. Ángel Rolando Robles Carrión

Vocal

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería Agronómica. A cada uno de los docentes que compartieron su sabiduría y me motivaron en el aula de clase para culminar de la mejor manera esta fase de mi vida.

A mis padres Rosa Robles y Sifrid Ochoa, por brindarme su apoyo incondicional durante el transcurso de la carrera y esperar nada menos que la excelencia por parte mía, además de ello agradezco a mi hija Mirella Pacheco quien es mi motivo de superación, hermanos, familiares y amigos que me brindaron su apoyo en este transcurso de mi vida.

Y de manera especial a mi directora de tesis la PhD. Mirian Irene Capa Morocho, principal colaboradora en este proceso, quien con su paciencia, conocimiento y asesoramiento se convirtió en mi guía durante el desarrollo de la investigación.

DEDICATORIA

A Dios por la vida, la salud, la sabiduría.

A mis padres por su esfuerzo y apoyo incondicional,

a mi hija, hermanos, familiares y amigos

quienes me han acompañado y apoyado a lo largo de mi vida
para culminar con éxito mis estudios hasta verme realizada como profesional.

Karla Janeth Ochoa Robles

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA	I
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TESIS	II
CERTIFICADO DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	III
AUTORÍA.....	IV
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
INDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
TITULO.....	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT.....	XVI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del cultivo de maíz	3
2.1.1. Importancia.....	3
2.1.2. Origen.....	3
2.1.3. Taxonomía.....	3
2.1.4. Descripción.....	4
2.1.5. Etapas fenológicas del cultivo.....	4
2.2. Híbridos.....	7
2.2.1. Ventajas del uso de híbridos.....	8
2.2.2. Desventajas del uso de híbridos.....	8
2.3. Fertilización y nutrición del maíz	9
2.3.1. Fertilización con nitrógeno (N).....	10
2.3.2. Fertilización con fósforo (P).....	10
2.3.3. Fertilización con potasio (K).....	10
2.3.4. Nutrientes secundarios y micronutrientes.....	11
2.4. Requerimientos edáficos.....	11
2.4.1. El pH del suelo.....	11
2.4.2. Rendimiento.....	12

2.5.	Investigaciones comparativas en distintos genotipos de maíz híbrido.....	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.	Ubicación del estudio.....	14
3.2.	Establecimiento del cultivo.....	15
3.3.	Diseño experimental	16
3.4.	Delineamiento del experimento	16
3.5.	Niveles de fertilización	16
3.6.	Metodología para el primer objetivo:.....	17
3.6.1.	Seguimiento fenológico	17
3.6.2.	Altura de la planta.....	18
3.6.3.	Diámetro del tallo	18
3.6.4.	Número de hojas	18
3.6.5.	Índice de área foliar (IAF).....	18
3.6.6.	Tiempo térmico.....	19
3.6.7.	Biomasa	19
3.7.	Metodología para el segundo objetivo:.....	19
3.7.1.	Cosecha y rendimiento.....	20
3.7.2.	Índice de cosecha	20
3.8.	Análisis estadístico.....	20
4.	RESULTADOS.....	21
4.1.	Seguimiento fenológico	21
4.2.	Altura de la planta.....	23
4.3.	Diámetro del tallo	23
4.4.	Número de hojas	24
4.5.	Índice de área foliar (IAF).	25
4.6.	Tiempo térmico.....	26
4.7.	Biomasa y peso seco a silking (floración femenina).....	28
4.8.	Cosecha y rendimiento.....	29
4.8.1.	Número de hileras / mazorca.	29
4.8.2.	Número de granos / hilera.....	29
4.8.3.	Peso del grano.	30
4.8.4.	Número de mazorcas /ha.....	30

4.9. Índice de cosecha	31
5. DISCUSIÓN	34
6. CONCLUSIONES	37
7. RECOMENDACIONES	38
8. BIBLIOGRAFÍA	39
9. ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases fenológicas del maíz	5
Figura 2. Ubicación del ensayo.....	15
Figura 3. Curva de crecimiento de los diferentes genotipos de maíz.....	22
Figura 4. Medidas del diámetro del tallo	24
Figura 5. Número de hojas.....	24
Figura 6. Índice de área foliar de los cuatro genotipos del cultivo de maíz	25
Figura 7. Índice de área foliar del cultivo de maíz con dos niveles de fertilización.....	26
Figura 8. Biomasa (A) y Peso seco (B) a silking del cultivo de maíz	28
Figura 9. Número de hileras / mazorca.....	29
Figura 10. Número de granos / hilera	29
Figura 11. Peso del grano (g).....	30
Figura 12. Número de mazorcas/ha	30
Figura 13. Rendimiento Kg/ha.....	31
Figura 14. Índice de cosecha	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estados vegetativos y reproductivos de maíz	5
Tabla 2. Escala utilizada de las fases fenológicas del maíz	17
Tabla 3. Fenología del cultivo de maíz de los genotipos: SOMMA (H1), NS82 (H2), DK 7088(H3), DK 7500 (H4)	22
Tabla 4. Integral térmica (IT) del cultivo de maíz, por etapa fenológica de diferentes híbridos..	27
Tabla 5. Análisis de correlación de Pearson aplicado a las variables fisiológicas con el rendimiento en los cuatro genotipos de maíz híbrido evaluados	33
Tabla 8. Análisis de correlación de Pearson aplicado a las variables número de grano por hilera y peso promedio del grano con relación al rendimiento en los cuatro genotipos de maíz híbrido evaluados.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	45
Tabla 1. Diseño experimental (DCA) con arreglo bifactorial del estudio realizado en cuatro híbridos de maíz bajo dos niveles de fertilización.	
Anexo 2	46
Tabla 2. Emergencia de cuatro genotipos del cultivo de maíz (días)	46
Anexo 3	47
Tabla 3. Altura de cuatro genotipos del cultivo de maíz (días)	47
Anexo 4	48
Tabla 4. Diámetro de cuatro genotipos del cultivo de maíz (días)	48
Anexo 5	49
Tabla 5. Área foliar (cm ²) de cuatro genotipos del cultivo de maíz bajo dos niveles de fertilización.	49

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y
PRODUCTIVO, DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO AMARILLO
CON DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN LA PARROQUIA
NAMBACOLA DE LA PROVINCIA DE LOJA**

RESUMEN

El cultivo de maíz es la principal gramínea de interés comercial en el país, varias investigaciones han permitido generar un mejor aprovechamiento de los recursos utilizados, la densidad y el buen manejo provee a las plantas excelentes condiciones para que se desarrollen y presenten alto rendimiento. Las condiciones ambientales pueden modificar las características fenológicas del maíz, así como la aplicación incorrecta de fertilización pueden afectar el rendimiento. El objetivo de la siguiente investigación consistió en evaluar el rendimiento de cuatro híbridos de maíz duro bajo dos tipos de fertilización: fertilización tradicional a base de nitrógeno y fertilización Ecuaquímica a base de N, P y K. El ensayo se estableció en el cantón Gonzanamá, parroquia Nambacola, barrio Piedra Grande, entre el periodo febrero – agosto del año 2020, bajo un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluó la fenología, crecimiento, índice de área foliar, integral térmica, biomasa, peso seco, número de mazorcas, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso del grano, rendimiento en cada tratamiento e índice de cosecha. En cuanto a la fenología se determinó que el genotipo DK 7088 es más precoz (197 días) en comparación con el genotipo SOMMA que fue el que más demoró para llegar a cada etapa fenológica con un total de 205 días. Referente al IAF el genotipo DK 7500 con fertilización a base de N, P y K presentó mayor índice de área foliar (7,14) en comparación con el genotipo SOMMA con fertilización a base de N, P y K (4,51). El genotipo DK 7088 con fertilización de N, P, y K fue el que tratamiento que mostró alto rendimiento (8 156 kg/ha), con respecto a los otros tratamientos. De tal manera que la presente investigación muestra la importancia del manejo tecnificado y el suministro adecuado de nutrientes que se le debe brindar al cultivo para incrementar el rendimiento y por ende mejorar la economía de los productores maiceros.

Palabras claves: *Zea Mays*, maíz híbrido, fenología, crecimiento, rendimiento

ABSTRACT

Maize is the main commercial grass crop in the country. Several researches have allowed to generate a better use of the resources used, density and good management provide excellent conditions for the plants to develop and present high yields. Environmental conditions can modify the phenological characteristics of maize, as well as the incorrect application of fertilisers can affect yield. The objective of the following research was to evaluate the yield of four hard maize hybrids under two types of fertilisation: traditional nitrogen based fertilisation and Ecuauímica fertilisation based on N, P and K. The trial was established in the canton of Gonzanamá, parish of Nambacola, Piedra Grande neighbourhood, between February and August 2020, under a completely randomized design with a bifactorial arrangement, with eight treatments and four replications. Phenology, growth, leaf area index (LAI), thermal integral, biomass, dry weight, number of rows per ear, number of grains per row, grain weight, yield in each treatment and harvest index were evaluated. Regarding phenology, it was determined that the genotype DK 7088 is earlier (197 days), compared to the genotype SOMMA, which took the longest to reach each phonological stage with a total of 205 days. Regarding the IAF, the genotype DK 7500 with fertilization based on N, P and K presented a higher leaf area index (7.14) in comparison with the genotype SOMMA with fertilization based on N, P and K (4.51). The genotype DK 7088 with N, P and K fertilization was the treatment that showed the highest yield (8 1556 kg/ha) compared to the other treatments. This research shows the importance of technical management and adequate supply of nutrients that should be provided to the maize to increase yields and thus improve the economy of corn growers.

Key words: Zae mays, hybrid maize, phenology, growth, yield.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo duro constituye la principal materia prima para la elaboración de alimentos balanceados destinados a la industria animal, especialmente a la avicultura comercial, que es una de las actividades más dinámicas del sector agropecuario (Caviedes, 2019). El rendimiento promedio del maíz amarillo duro en los años 2015 y 2016, considerando dos ciclos de siembra fue de 5,76 t/ha. En el 2019 la superficie sembrada a nivel nacional fue de 274 465 ha, con una producción de 1,79 millones de toneladas y un rendimiento de 6,55 t/ha (MAG, 2020).

El productor ecuatoriano tiene a disposición una amplia gama de híbridos comerciales de maíz nacional e introducido, los cuales varían considerablemente en cuanto al costo de semilla, ciclo, textura de grano y tecnología incorporada respecto de la resistencia a plagas y enfermedades, a la vez que su potencial de rendimiento supera ampliamente el nivel de productividad alcanzado por los agricultores (Valarezo, 2019).

La creciente demanda por la gramínea ha llevado a buscar estrategias de aumento de la producción expresadas en mayores niveles de rendimiento. En Ecuador, el bajo rendimiento se debe a que los suelos destinados al cultivo carecen de nutrientes, por lo cual es esencial aplicar un programa de fertilización equilibrada, en donde se incluya nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), para obtener un alto potencial de rendimiento y una mejor rentabilidad (Jaime, 2015).

La provincia de Loja, tiene un amplio período de lluvias que va desde diciembre hasta junio, posee suelos con buena retención de humedad y temperaturas óptimas para el cultivo de maíz híbrido, sin embargo, se ha demostrado que los rendimientos son bajos, gracias a investigaciones realizadas se ha comprobado que se pueden incrementar la producción apreciablemente con el uso de una adecuada tecnología que incluye un mejor manejo de la densidad y la nutrición (Segura y Andrade, 2011).

Bajo este contexto, la presente investigación pretende generar información verídica sobre el comportamiento fenológico de los híbridos evaluados bajo las condiciones climáticas de la zona, aplicando una fertilización según los requerimientos nutricionales del cultivo y por ende obtener

un alto rendimiento. Con el propósito de cumplir la presente 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 la parroquia Nambacola.

Objetivos específicos

- Establecer el comportamiento fenológico de cada genotipo y su relación con el rendimiento y sus componentes.
- Identificar el híbrido de mayor potencial productivo ante la aplicación de los diferentes niveles de fertilización.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de maíz

2.1.1. Importancia.

Según Grande (2013), el maíz es uno de los principales granos en el Ecuador, es materia prima para la industria en donde se obtiene derivados como: harinas, aceites, bocaditos entre otros. A nivel económico los tipos de maíz más importantes son: el amarillo duro, dentado y harinoso. En efecto, la producción de maíz duro está destinada en un 70 % a la industria de alimentos de uso animal; seguidamente es utilizado para las exportaciones en un 22 %, para el consumo humano y producción de semillas es utilizado un 8 %. La industria procesadora de alimentos balanceados más importantes del país está reunida en AFABA (Asociación de Fabricantes de Alimentos Balanceados) que producen alimento balanceado para la industria avícola, camaronera y desarrollo ganadero (Mesías, 2015).

2.1.2. Origen.

Cazco (2006), menciona que el lugar de origen del maíz se ubica en el Municipio de Coxcatlán, en el Valle de Tehuacán, Estado de Puebla, en el centro de México. En Ecuador, se dice que el cultivo de maíz se desarrolló hace 6 500 años, gracias a investigaciones realizadas a partir de fitolitos en muestras de tierra, se descubre que en la Península de Santa Elena (Provincia de Santa Elena), los antiguos habitantes de la cultura “Las Vegas” ya cultivaban esta gramínea, empezando así una incipiente horticultura.

2.1.3. Taxonomía.

Según Aguilera (2010), la clasificación botánica del maíz es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Nombres Comunes: maíz, morochillo, maíz duro amarillo.

Nombre científico: *Zea mays*

2.1.4. Descripción.

Según Fuster (1974), en la gramínea el fruto y la semilla es un solo cuerpo llamado grano. La raíz es fibrosa. El tallo es erguido macizo y hueco, según las variedades. Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. Las flores femeninas se encuentran en las espigas axilares y las masculinas se encuentran en la floración terminal de la planta. Cada mazorca consiste en un tronco que está cubierto por filas de granos, la parte comestible de la planta.

2.1.5. Etapas fenológicas del cultivo.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI 2020), las condiciones climáticas y requerimientos hídricos inciden directamente en la fenología de la planta, el comienzo y fin de las etapas fenológicas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas. Conocimientos que son necesarios en el uso de modelos agroclimáticos, en el diseño y la planificación de riegos, en la programación de siembras, cosechas y en zonificaciones agroclimáticas.

Oñate (2016), manifiesta que el ciclo del cultivo en variedades mejoradas llega hasta los 270 días; sin embargo, el periodo depende del genotipo, del suelo y las condiciones ambientales.

Battani (2015), indica que el desarrollo de la planta de maíz se divide en dos: Etapa vegetativa (V) y Etapa reproductiva (R). La vegetativa se subdivide en estadios designados numéricamente V1, V2, V3, Vn, en donde “n” representa el número total de hojas. El primer estadio vegetativo se designa como VE (emergencia) y el último estadio vegetativo es designado como VT (panojamiento o espigado). Dentro de la etapa reproductiva tenemos: la primera subdivisión reproductiva se designa como R1 (floración) y la última subdivisión es designado R6 (madurez

fisiológica). En la Figura 1 y Tabla 1 se muestran los estados de desarrollo de maíz según la escala de Ritchie y Hanway (1982) (Villanueva, 2018).

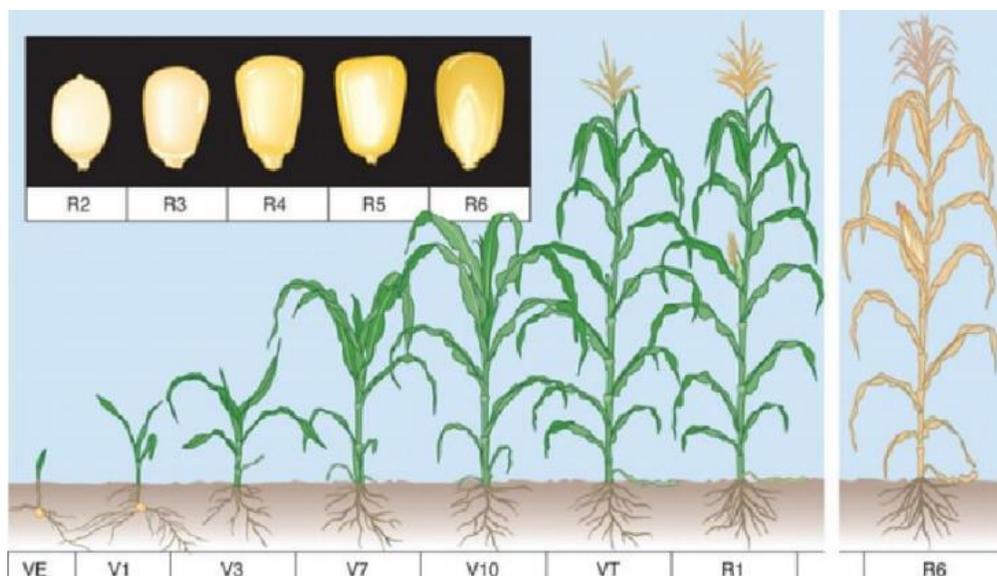


Figura 1. Fases fenológicas del maíz

Fuente: (INIAP, INIAP-103 "Mishqui Sara"). Estados vegetativos y reproductivos de maíz (Ritchie y Hanway, 1982).

Tabla 1. Estados vegetativos y reproductivos del maíz (Ritchie y Hanway, 1982)

Estados vegetativos	Estados reproductivos
VE Emergencia	R1 Emergencia de estigmas
V1 Primera hoja desarrollada	R2 Ampolla (blister)
V2 Segunda hoja desarrollada	R3 Grano lechoso
V3 Tercera hoja desarrollada	R4 Grano masoso
V(n) "n" ésima hoja	R5 Grano dentado
VT Panojamiento	R6 Madurez fisiológica

2.1.5.1.Etapas vegetativas:

- a. VE - Emergencia:** Es el crecimiento que sucede debajo de la tierra conforme el sistema radicular nodal comienza a crecer. Es decir, es el tiempo que acontece desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración promedio es de 6 a 8 días.
- b. V1 - Primera hoja:** luego de la emergencia en la etapa temprana se puede observar el cuello de la primera hoja, esta hoja tiene punta redondeada. Los estadios vegetativos son definidos por la hoja con lígula visible.
- c. V2 - Segunda hoja:** es cuando la planta presenta la segunda hoja con cuello visible.
- d. V3 - Tercera hoja:** existencia de la tercera hoja verdadera, es el inicio del proceso fotosintético, la semilla deja de ser la fuente de alimentación, la planta empieza a depender del crecimiento del sistema radicular.
- e. V(n) Enésima hoja:** finalmente la planta presenta un promedio de 14 hojas.
- f. VT Aparición de las panojas:** empieza con la visibilidad de la última rama de la panoja, teniendo en cuenta que los estigmas aún no han surgido. Las panojas por lo general aparecen 2 o 3 días antes del surgimiento de estigmas.

2.1.5.2.Etapa Reproductiva.

- a. R1 Aparición de los estigmas:** Los estigmas permanecen activos hasta ser polinizados. El polen cae desde la espiga hasta los estigmas, fertilizando el óvulo para producir un embrión. Se determina el número potencial de granos. La planta alcanza su máxima altura. Posterior a la fecundación, se produce la división celular en el embrión.
- b. R2 Ampollo (Blíster):** sucede entre los 10 a 14 días después de la aparición de los estigmas, los granos son blancos con humedad del 85 %.

- c. **R3 Grano lechoso:** ocurre entre los 18 a 22 días después de la aparición de los estigmas, los granos tienen apariencia lechosa y disminuyen el porcentaje de humedad a un 80 %. El embrión y el endospermo se pueden diferenciar visualmente en la disección.

- d. **R4 Grano masoso:** El almidón acumulado en los granos adquiere una consistencia masosa (aproximadamente 26 – 30 días después de floración). Ocurre una rápida acumulación de almidón y nutrientes, los granos poseen un 70% de humedad y comienzan a dentarse en su extremo superior. El material extraído de los granos al ser presionado es de consistencia masosa.

- e. **R5 Grano dentado:** se presenta entre los 35 a 42 días después de la aparición de los estigmas, este período de tiempo que ha transcurrido es la mitad de las etapas del desarrollo reproductivo, aquí los granos tienen una capa externa dura la cual cubre al núcleo de la semilla, cuando la semilla empieza a perder humedad se forma una hendidura en la parte superior del grano, pero en las semillas híbridas existe muy poca pronunciación de las hendiduras porque la semilla tiende a ser más dura.

- f. **R6 Grano maduro:** etapa que ocurre entre los 60 a 65 días después de la aparición de los estigmas, la humedad del grano se reduce notablemente a un 35 %, los granos alcanzan su madurez fisiológica lo que impide que el grano pierda o gane humedad.

2.2. Híbridos

Gostincar (1998), expresa que un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra que genéticamente no está emparentada con la primera. En las variedades híbridas, todos los individuos de la población son idénticos pero heterocigóticos, lo cual significa que no pueden reproducirse en individuos iguales a sí mismo. La semilla posee una configuración genética única, resultado de ambos progenitores, y produce una planta con ciertas características.

Cazco (2006), manifiesta que el maíz por ser una planta monoica permite realizar varias recombinaciones, mediante el cruce de las líneas genéticas de las mazorcas que actúan como madre y padre. Al unir las mejores características se obtiene una semilla modificada genéticamente, la

cual presenta un mayor rendimiento y rusticidad frente a enfermedades en comparación con las semillas criollas y sintéticas.

tadeo (2000), manifiesta que las semillas mejoradas son un insumo perfecto para el agricultor, pues tienen una baja estatura, son resistentes a enfermedades y sobre todo ayudan a obtener altos rendimientos, de esta manera mediante la relación de bajos costos y altos rendimientos se pretende cubrir las necesidades y mejorar la calidad de vida del agricultor. Cabe recalcar que existen híbridos específicos para cada zona.

2.2.1. Ventajas del uso de híbridos.

Castañedo (1990), manifiesta que entre las ventajas de los híbridos en relación con las variedades criollas y las sintéticas se pueden citar las siguientes: baja estatura para facilitar su cosecha, mayor resistencia a plagas y enfermedades, mayor precocidad, mayor uniformidad en su desarrollo y mayor rendimiento.

2.2.2. Desventajas del uso de híbridos.

Castañedo (1990), dice que entre las desventajas se puede señalar: el desarrollo influenciado por el ambiente, un mayor costo en compra de semillas, una nutrición específica y la necesidad de asesoría técnica para poder obtener un mayor aprovechamiento.

Actualmente se utilizan muchos híbridos de maíz, concretamente en el siguiente trabajo de investigación se van a utilizar las siguientes cuatro variedades:

2.2.2.1. Maíz amarillo híbrido DK 7088: Híbrido tropical de grano amarillo de alto rendimiento y estabilidad en las regiones maiceras del Ecuador. Planta de porte medio con tolerancia al acame. Excelente sanidad a las principales enfermedades tropicales. Grano semidentado de excelente calidad y color (ECUAQUÍMICA, 2020).

2.2.2.2.Maíz amarillo híbrido DK 7500: Según ECUAQUÍMICA (2020), las características del híbrido DK 7500 son:

- Buen potencial de rendimiento.
- Buena emergencia y establecimiento de población inicial.
- Mazorca grande y grano semidentado de buena calidad.
- Buen enraizamiento.
- Buena relación tusa/grano.
- Excelente cobertura de mazorca.

- De 16 a 18 el promedio de hileras de granos por mazorca.
- Buen desempeño en regiones de alta luminosidad y baja precipitación y siembras de verano.
- Días a cosecha 120 a 125 días en la temporada de invierno y 130 a 135 días en la siembra de verano.

2.2.2.3.Maíz amarillo híbrido NS 82: El híbrido de maíz NS 82, es de origen brasileño y entre sus principales características es su alto potencial de rendimiento, su rusticidad, presenta una gran estabilidad ante condiciones no favorables, además es un híbrido que precisa pocas plantas en su población, es decir es flexible en las densidades de siembra (Zamora, 2018).

2.2.2.4.Maíz amarillo híbrido SOMMA: El híbrido de maíz SOMMA es de excelente adaptación a las condiciones de la costa ecuatoriana. Su principal característica es el color anaranjado intenso del grano, planta de porte bajo, su mazorca es cilíndrica, el promedio de hileras de grano en la mazorca es de 14 a 16.

2.3.Fertilización y nutrición del maíz

Las plantas requieren cierta nutrición que obtienen del suelo donde se encuentran distribuidas y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, y

zinc); los elementos absorbidos en mayor cantidad por las plantas son los primarios (Rodríguez y Flores, 2004).

2.3.1. Fertilización con nitrógeno (N).

El nitrógeno es el pilar de la nutrición del cultivo, debido a que se considera un nutriente limitante y además el más requerido en los cultivos de maíz, por lo que controla la producción. Un cultivo fertilizado con la dosis recomendada brindará altos rendimientos mejorando así las ganancias. El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente del aire, y en forma orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales (Morejón et. al., 2017). La forma en la cual las plantas absorben el nitrógeno es en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-). Las plantas con escasez de nitrógeno presentan un color amarillo. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS, 1997).

2.3.2. Fertilización con fósforo (P).

La planta absorbe el fósforo como iones orto-fosfato primario (H_2PO_4^-) y en pequeñas cantidades como orto-fosfato secundario (HPO_4), se debe romper el fósforo y combinarlo con otros químicos para que sea aprovechado por las plantas, además la absorción de este elemento depende mucho del pH. Las plantas deficientes de fósforo son de crecimiento lento y presentan hojas rojizas en edades tempranas (Miller, 1997), aunque se hace más notable en las hojas viejas (INPOFOS, 1997). Una planta fertilizada con la cantidad necesaria de este elemento tendrá un crecimiento vigoroso y una maduración acelerada. Al existir una deficiencia de este elemento las hojas presentarán un color rojizo, lo cual se debe a que el proceso de fotosíntesis está afectado. Además de ello, las deficiencias de zinc y hierro han sido atribuidas en ciertos casos a un exceso de fosfatos (Latsague, Saez, y Mora, 2014).

2.3.3. Fertilización con potasio (K).

Según INPOFOS (1997), el potasio es absorbido por la planta de forma iónica (K^+) a diferencia del N y P que forman compuestos orgánicos. El nitrógeno y el potasio son absorbidos en cantidades semejantes, en promedio 240 kg de K_2O por hectárea, aunque la exportación en los

granos es en menor cantidad para el potasio. La deficiencia de este elemento hace que las mazorcas se estrechen y terminen en punta, en consecuencia, la parte superior tiene pocos granos, y el tamaño de espiga, número y peso de grano son los componentes más afectados. La disponibilidad de potasio en edades tempranas del cultivo asegura plantas con mayor resistencia.

2.3.4. Nutrientes secundarios y micronutrientes.

Los macronutrientes Ca, Mg y S, debido a las cantidades absorbidas por las plantas son considerados como secundarios, pero no por esto dejan de ser importantes para alimentación de la planta, es común pensar que los micronutrientes como el B, Cu, Cl, Fe, Mn, Mo y Zn, al requerirse en cantidades pequeñas no influyen en el desarrollo de la planta, pero esto es incorrecto ya que si alguno de ellos no está disponible el rendimiento del cultivo se verá afectado negativamente (INPOFOS, 1997).

2.4. Requerimientos edáficos.

El maíz se adapta a diferentes tipos de suelos, mediante la utilización del genotipo y la fertilización adecuada se puede obtener buenas cosechas (INPOFOS, 1997). Este cultivo requiere de suelos profundos, ricos en materia orgánica. En general los suelos adecuados para este cultivo son los suelos francos, fértiles, profundos y bien drenados (Ortigoza, López, y González, 2019)

2.4.1. El pH del suelo.

INPOFOS (1997), define al pH del suelo como la relativa condición básica o ácida. El pH cubre un rango de 0 a 14. Los suelos con un pH de 6 a 7 son óptimos para este cultivo, suelos con pH inferior a 5,5 presentan problemas de exceso de aluminio, magnesio y fósforo, mientras que suelo con pH superior a 7 presentan deficiencia de hierro, manganeso y zinc.

2.4.2. Rendimiento

Josse (2019), menciona que la superficie utilizada para la siembra del cultivo de maíz es de 350 mil toneladas, de las cuales en época lluviosa se siembran 230 mil toneladas y en época seca 20 mil toneladas. Ecuador presenta una tasa de incremento en los últimos años de 31,72 %, estas producciones se encuentran concentradas en las provincias de los Ríos, Guayas y Manabí. Cabe recalcar que actualmente en el año 2019 la superficie a nivel nacional sembrada fue de 274 465 hectáreas con una producción de 1 798 694 toneladas (MAG, 2020).

El promedio de producción en Ecuador para el 2021 será de 6,04 t/ ha, cuando en igual período del año pasado fue de 5,97 t/ha. La producción de maíz a nivel mundial es más grande que cualquier otro cereal. Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas MAG (2020).

2.5. Investigaciones comparativas en distintos genotipos de maíz híbrido

Según Tirado y Narro (2018), en un estudio realizado en Cajamarca (Perú) se evaluaron las respuestas de 14 cultivares de maíz a través de 27 ambientes de prueba para identificar a los genotipos de alto rendimiento con amplia y específica adaptación, obteniendo los mejores resultados para los genotipos G11, G12, G6, G10 y G4. El genotipo G8 mostró adaptación específica para entornos favorables y G9 lo hizo para entornos desfavorables.

En un estudio ejecutado por Cadena (2010), en la provincia del Guayas se probaron tres híbridos de maíz: Trueno NB 7443, INIAP 551 y Brasilia 8501, y encontró que este último superó al INIAP 551 con 588 kg/ha; el híbrido Trueno fue el que alcanzó el menor rendimiento.

Valle (2014), menciona que en estudios realizados en la provincia de Manabí con dos híbridos triples 2B-688 e INIAP H-602, encontró rendimientos de 10768 kg/ha para el primer híbrido y de 9736 kg/ha para el segundo híbrido.

En estudios en Ecuador, realizados por Magallón (2013), en la zona de Ventanas con los híbridos de maíz Tornado NB 7254, Agricom 104 y Triunfo NB-7253, encontró que los dos

últimos genotipos presentaron un buen comportamiento agronómico y de rendimiento con valores superiores a los 4000 kg/ha.

Rodríguez (2013), en Santa Elena, encontró que los híbridos de maíz en estado de choclo que tuvieron una buena respuesta agronómica fueron: AGRI-201, AGRI-104 y TRUENO-7443, con respecto al testigo INIAP-551.

Guncay (2014), en un experimento evaluando materiales de maíz en estado de choclo en la provincia del Azuay, concluyó que, en el grupo de materiales introducidos, los híbridos Tornado y Agri-104 presentaron mayor número de mazorcas/ha y peso de mazorcas, mientras que, dentro de los híbridos nacionales, el más destacado fue el cultivar INIAP-601 que presentó mayor número de mazorcas/ha y peso de mazorcas/ha.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se realizó una investigación descriptiva causal donde se pudo demostrar cómo actúan cuatro híbridos de maíz amarillo duro en campo; durante la experimentación se tomaron datos de las diferentes variables tanto fenológicas como productivas.

3.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la provincia de Loja, cantón Gonzanamá, Parroquia Nambacola, barrio Piedra Grande. La ubicación es de 4° y 4° 11'3" de latitud sur y entre los 79° 32' y 79° 32'40" de longitud occidental, con una altitud de 1820 msnm (Figura 2). La parroquia Nambacola posee un clima sub-tropical, característico de la región andina, influenciada por factores como una temperatura promedio de 21° C, con una precipitación media anual de 1 098,8 mm y una humedad relativa del 85 %; siendo estos factores los que determinan las condiciones de desarrollo de la biodiversidad (GAD Parroquial de Nambacola, 2015).

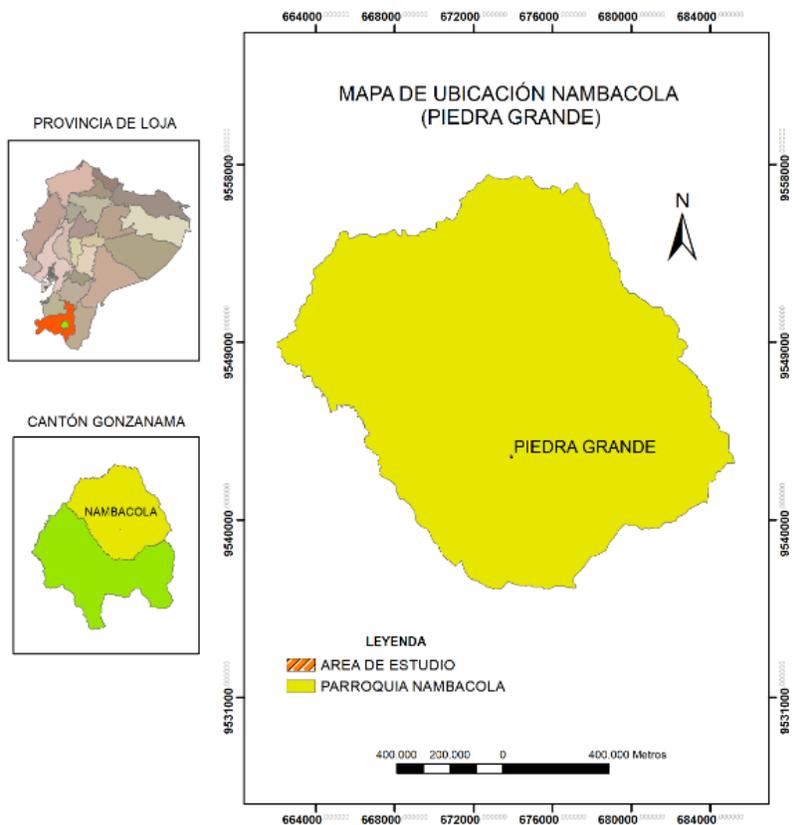


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.
Fuente: el autor (2021)

3.2. Establecimiento del cultivo

El cultivo se desarrolló en condiciones de secano, entre el periodo febrero – agosto del año 2020, las semillas de los cuatro híbridos de maíz amarillo DK 7088, SOMMA, NS 82; DK 7500, que fueron proporcionadas por la empresa Ecuaquímica. Se establecieron 1 200 plantas de cada variedad aplicando dos niveles de fertilización. Con el fin de homogeneizar las unidades experimentales de forma que se reduzca la variabilidad y se exprese mejor el efecto de los tratamientos, se realizó el mismo manejo referente a preparación del suelo, controles fitosanitarios y control de malezas.

Se utilizó una densidad de 60 000 plantas por ha, se sembraron 150 plantas por unidad experimental, con una semilla por golpe y a una distancia de 0,80 m entre hilera y 0,20 m entre planta, considerando un total de 30 plantas por hilera y una distancia de 1,5 metros entre unidad experimental.

3.3. Diseño experimental

En la investigación se implementó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo bifactorial, debido a que se evaluó el efecto de la fertilización y el genotipo.

3.4. Delineamiento del experimento

Se evaluaron las plantas del centro de cada una unidad experimental, sin considerar el borde de la parcela. El diseño está estructurado de la siguiente manera:

La unidad experimental está conformada por una parcela de 4 metros por 6 metros, los tratamientos se distribuyeron de forma aleatoria en el campo de cultivo, constituidos por dos tipos de fertilización por cada genotipo, dentro de las fertilizaciones, se aplicó una fertilización tradicional solo a base de nitrógeno y la segunda un kit recomendado por Ecuaquímica a base de NPK. Se realizaron cuatro repeticiones para cada variedad de semillas, con un total de 32 unidades experimentales (Anexo 1).

Unidad experimental: Parcelas de 4 x 6 m

Tratamientos: ocho

Factor A: Genotipos: DK 7088, SOMMA, NS 82, DK 7500

Factor B: Fertilización: Tradicional (N) y kit Ecuaquímica (N-P-K)

Número de unidades experimentales: 32

3.5. Niveles de fertilización

La fertilización se realizó con dos niveles, la primera (F1) de forma tradicional, es decir aplicando 100 kg N/ha a los 20 días después de la germinación y 100kg N/ha a los 45 días después de la germinación.

El segundo nivel (F2), es con el tratamiento recomendado por Ecuaquímica, que consiste en la aplicación de 50 kg/ha de K, 50 kg/ha de P y 25 kg/ha de N a los 20 días después de la emergencia y 100 kg/ha de N a los 45 días después de la germinación.

3.6. Metodología para el primer objetivo:

- Establecer la fenología de cada genotipo y su relación con el rendimiento y sus componentes.

3.6.1. Seguimiento fenológico

Establecido el cultivo se realizó el seguimiento fenológico y análisis del crecimiento y desarrollo del cultivo utilizando como referencia para la determinación del estado fenológico la escala elaborada por la Universidad de Iowa (Ritchie y Hanway, 1982). Con esta escala se registraron semanalmente los cambios fenológicos, lo que permitió una adecuada planificación de los muestreos de campo (Tabla 2).

Tabla 2. Escala utilizada de las fases fenológicas del maíz, de acuerdo a Ritchie y Hanway (1982).

Etapas vegetativas		Etapas reproductivas	
VE	Emergencia	R1	Aparición de los estigmas
V1	Primera hoja	R2	Blíster
V2	Segunda hoja	R3	Grano lechoso
V3	Tercera hoja	R4	Grano pastoso
V(n)	Enésima hoja	R5	Grano dentado
VT	Aparición de las panojas	R6	Grano maduro

Se observaron los cambios relativos y el tiempo que tomó el paso de una etapa a otra, comenzando el registro con la aparición de la primera hoja verdadera, y finalizando con la aparición de los órganos reproductivos y fruto.

Para el análisis del crecimiento se midieron las siguientes variables:

3.6.2. Altura de la planta

Se seleccionaron cinco plantas de manera al azar, ubicadas en el centro de la parcela con la finalidad de evitar el efecto borde en cada tratamiento y con una cinta métrica se midió la altura de la planta, variable registrada con una frecuencia de 8 días.

3.6.3. Diámetro del tallo

Se tomó mediciones con el uso de un calibrador proskit cada 15 días.

3.6.4. Número de hojas

Se contabilizó el número de hojas a partir de los 15 días hasta la antesis, variable registrada con una frecuencia de 8 días.

3.6.5. Índice de área foliar (IAF)

Se seleccionaron dos plantas por unidad experimental, se realizaron las mediciones con la ayuda de un flexómetro y con los datos obtenidos se calculó el área foliar, para lo cual se multiplicó el largo y el ancho de cada hoja y por el factor 0,75, se promediaron los resultados obtenidos por planta. Así mismo se determinó el área de suelo ocupado por la planta, midiendo el largo y ancho de la proyección de la planta sobre el suelo y multiplicando ambos valores. Finalmente, el IAF se calculó dividiendo el área foliar de la planta entre el área de suelo ocupada. La toma de datos se realizó cada 15 días hasta que el cultivo llegó a floración, y cada siete días post floración como en estudios realizados por Birch *et al.* (1999), con el fin de encontrar resultados relevantes que permitan explicar el índice de cosecha, y el rendimiento.

3.6.6. Tiempo térmico

Se lo realizó diariamente a las 18:00 pm., mediante el uso de un sensor térmico “Pro`skit” que fue ubicado en el centro del cultivo a una altura de dos metros, el cual almacena diariamente la información de temperatura máxima y mínima, evaluando el cambio de una fase fenológica a otra.

La temperatura acumulada se calculó como unidades de tiempo térmico (TT) mediante la sumatoria de la temperatura media, usando una temperatura base de 8° C (Arista *et al.*, 2018). El TT se lo calculó con la siguiente fórmula:

$$TT (\text{°C d}) = \sum n (Tm - Tb)$$

Donde TT es el tiempo térmico, Tm la temperatura media diaria, Tb la temperatura base y n el número de días. Con los datos de TT se calculó la duración de las etapas fenológicas en los cuatro genotipos.

3.6.7. Biomasa

Se tomó una planta por tratamiento, en tres repeticiones, las plantas se secaron a 60° C en estufa hasta que llegaran a un peso constante. Con los datos de peso seco obtenidos se estimó la tasa de acumulación de biomasa usando un modelo bilineal sometido a condiciones de límite como el utilizado por Calderini, Lizana, y Sandaña (2014).

3.7. Metodología para el segundo objetivo:

- Identificar el híbrido de mayor potencial productivo ante la aplicación de los diferentes niveles de fertilización aplicados.

3.7.1. Cosecha y rendimiento

La cosecha se realizó de forma manual, se cosecharon las hileras centrales en cinco metros lineales de cada parcela, cuando el cultivo cumplió su ciclo vegetativo y cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica en cada parcela experimental. Para el análisis de rendimiento se tomaron los siguientes datos: número de filas por mazorca, granos por línea y peso de grano, estos datos se expresaron en kg/ ha, cuyo peso se lo ajustó al 13 % de humedad, a partir de la humedad registrada con un medidor portátil de humedad modelo H-FS1, posteriormente se empleó la siguiente fórmula utilizada por Izquierdo (2012):

$$\text{peso ajustado} = \frac{\text{peso del grano} * (100 - \text{humedad del grano})}{100 - \text{humedad deseada}}$$

3.7.2. Índice de cosecha

El rendimiento deriva de la relación Fuente – Destino y queda determinado por la forma en que el cultivo asigna la biomasa acumulada durante su crecimiento, entre el órgano de cosecha (espiga) y el resto de la planta. La relación se expresa por el Índice de Cosecha (IC), para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{IC} = \frac{\text{Rendimiento en grano (g/m}^2\text{)}}{\text{Biomasa aérea total (g/m}^2\text{)}}$$

3.8. Análisis estadístico

Para la construcción de los gráficos de las dinámicas de aparición de hojas y elongación del tallo se utilizó el software InfoStat. Para evaluar el efecto de los factores genotipo y nutrición sobre las variables de altura de planta y duración de los estados fenológicos, se realizó la comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad, posterior a ello se evaluó mediante ANOVA ($\alpha=0,05$) y se aplicó un análisis de comparación de medias – TEST de TUKEY al 95 % para determinar qué tratamiento fue más significativo en relación con las variables evaluadas. Para deducir el comportamiento fenológico de cada genotipo y su relación con el rendimiento se aplicó un

análisis de correlación Pearson, con el propósito de observar si existe una asociación positiva o negativa y que tan fuerte se presenta conforme a los datos obtenidos en campo.

4. RESULTADOS

4.1. Seguimiento fenológico

La Tabla 3, muestra la fenología de cuatro genotipos: SOMMA, NS82, DK 7088, DK 7500 a lo largo del ciclo del cultivo de maíz, donde se observan diferencias más notables entre dos genotipos como son: DK 7088, alcanzó más rápido el cambio de fase fenológico, por lo tanto, con menor ciclo (197 días), en comparación con el genotipo SOMMA que fue el que más demoró para llegar a cada etapa fenológica con un total de 205 días.

Tabla 3. Fenología del cultivo de maíz de los genotipos: SOMMA (H1), NS82 (H2), DK 7088(H3), DK 7500 (H4) establecidos en Nambacola, Loja.

FASES FENOLÓGICAS		GENOTIPOS							
		H3: 7088		H2: NS82		H4: 7500		H1: SOMMA	
		FECHA	DÍAS	FECHA	DÍAS	FECHA	DÍAS	FECHA	DÍAS
SIEMBRA		1/2/2020	0	1/2/2020	0	1/2/2020	0	1/2/2020	0
Emergencia	VE	8/2/2020	8	8/2/2020	8	8/2/2020	8	12/2/2020	12
4 hojas verdaderas	V4	21/3/2020	50	25/3/2020	54	27/3/2020	56	29/3/2020	58
8 hojas verdaderas	V8	5/4/2020	65	9/4/2020	69	11/4/2020	71	13/4/2020	73
12 hojas verdaderas	V12	16/4/2020	76	20/4/2020	80	22/4/2020	82	24/4/2020	84
16 hojas verdaderas	V16	30/4/2020	90	4/5/2020	94	6/5/2020	96	8/5/2020	98
Floración Masculina	VT	5/5/2020	95	9/5/2020	99	11/5/2020	101	13/5/2020	103
Floración Femenina	R1	15/5/2020	105	19/5/2020	109	21/5/2020	111	23/5/2020	113
Ampolla (Blíster)	R2	22/5/2020	112	26/5/2020	116	28/5/2020	118	30/5/2020	120
Grano lechoso	R3	10/6/2020	131	14/6/2020	135	16/6/2020	137	18/6/2020	139
Grano pastoso	R4	25/6/2020	146	29/6/2020	150	1/7/2020	152	3/7/2020	154
Grano dentado	R5	11/7/2020	162	15/7/2020	166	17/7/2020	168	19/7/2020	170
madurez fisiológica	R6	15/8/2020	197	19/8/2020	201	21/8/2020	203	23/8/2020	205
TOTAL			197		201		203		205

4.2. Altura de la planta

En la figura 3, se presenta la altura media de las plantas de maíz expresadas en cm desde la emergencia hasta los 98 DDE, en las cuales todos los genotipos indicaron un promedio de altura de 180 cm al final del estudio. (Ver anexo 3).

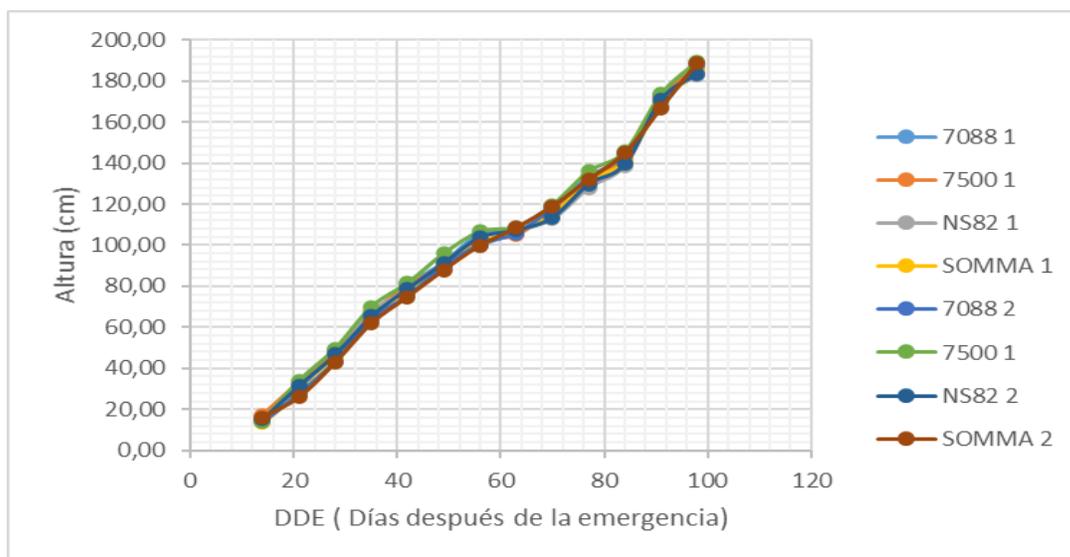
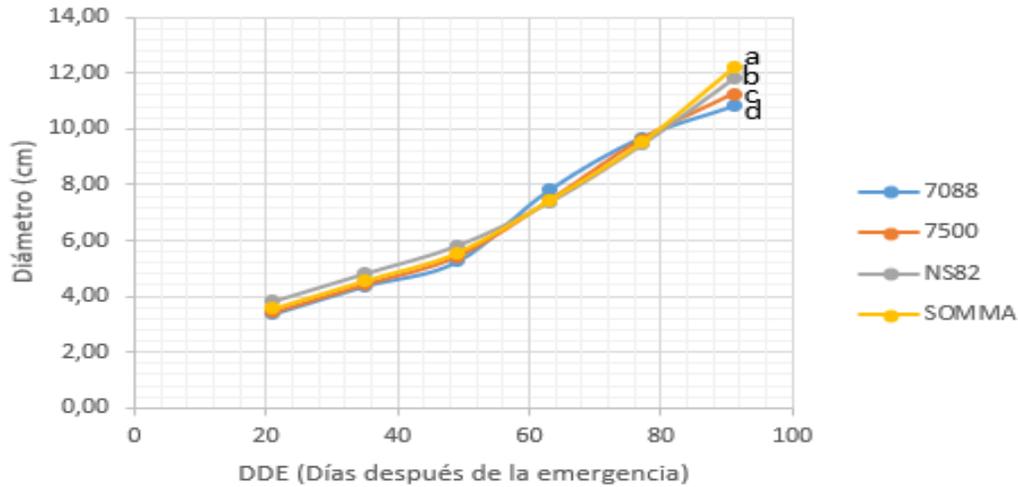


Figura 3. Curva de crecimiento de los diferentes genotipos de maíz, bajo dos niveles de fertilización.

4.3. Diámetro del tallo

En la Figura 4, se observan diferencias estadísticas significativas, el genotípico al final del estudio (91 días después de la emergencia) (p -valor = 0,02). El genotipo que presentó mayor diámetro fue SOMMA (12,19 cm) en comparación del genotipo DK 7088 (10,81cm) que fue el que presentó un menor diámetro. (Ver anexo 4).



Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P-valor <0,05)
Figura 4. Medidas del diámetro de los diferentes genotipos del cultivo de maíz.

4.4. Número de hojas

En la figura 5, se muestran que el número de hojas no muestran dependencia del nivel del genotipo, ni fertilización, tampoco de la interacción genotipo-fertilización durante todo el periodo de crecimiento del cultivo. Al final del estudio (91 DDE), el genotipo DK 7088 alcanzó la media más alta de 16 hojas en comparación del genotipo NS82 que presentó la media más baja de 15 hojas. El número de hojas de la planta no se muestra dependiente del nivel de fertilización, tampoco de la interacción genotipo- fertilización.

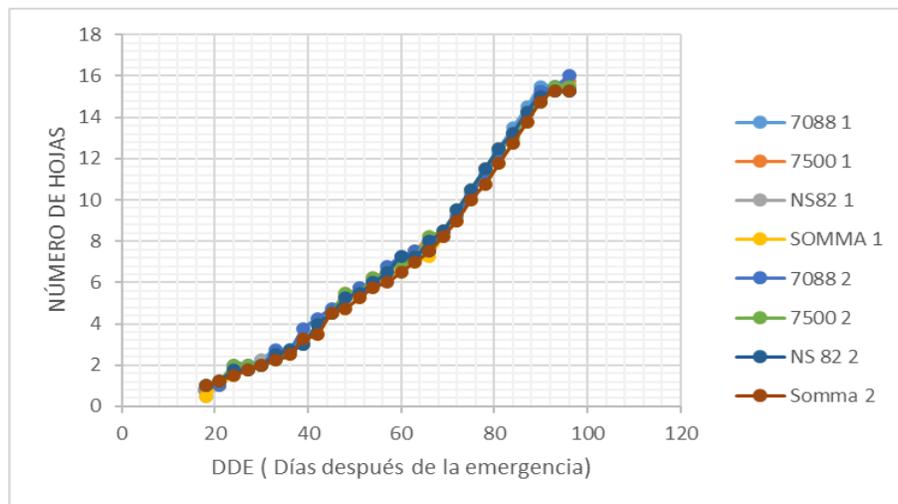
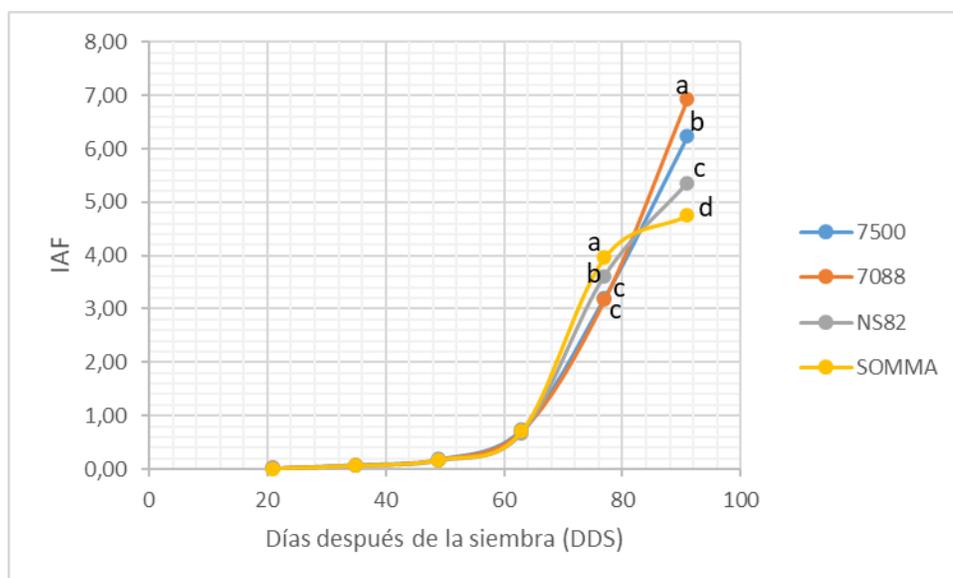


Figura5. Número de hojas de cuatro genotipos de maíz bajo dos niveles de fertilización

4.5. Índice de área foliar (IAF).

Según el IAF del cultivo de maíz los resultados muestran diferencias significativas en los días 77 y 91 respecto al genotipo, nivel de fertilización e interacción genotipo-fertilización. (Ver anexo 6).

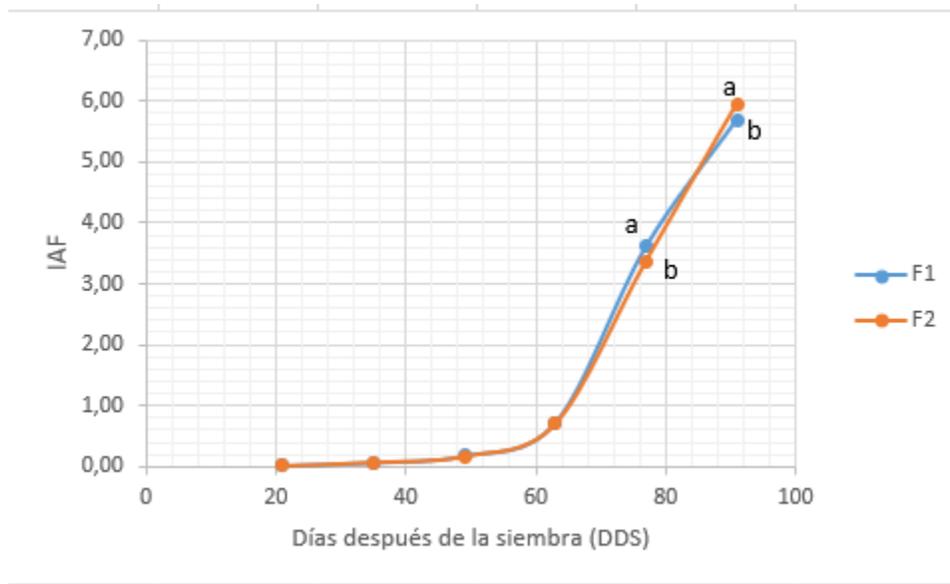
La figura 6 muestra las diferencias se presentan desde los 77 días después de la siembra (p-valor <0,05). El mayor IAF se obtiene a los 91 días, destacándose el genotipo DK 7800 (6,93), mientras que el genotipo SOMMA (4,75), presenta la menor IAF.



Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P-valor <0,05)

Figura 6. Índice de área foliar de los cuatro genotipos del cultivo de maíz

Los genotipos con fertilización Ecuaquímica en base a N, P y K presentó mayor índice de área foliar (5,95) en comparación con los genotipos que se practicó la fertilización tradicional en base a N (5,69) (Figura 7).



Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P-valor <0,05)
Figura 7. Índice de área foliar del cultivo de maíz con dos niveles de fertilización

En la interacción genotipo-fertilización el genotipo DK 7500 con fertilización a base a N, P y K presentó mayor índice de área foliar (7,14) en comparación con el genotipo SOMMA con fertilización a base a N, P y K (4,51).

4.6. Tiempo térmico

En la Tabla 4, se presenta la integral térmica calculada a partir de la temperatura media durante el ciclo de cultivo, entre los tratamientos evaluados no existen diferencias significativas en la acumulación de °C en los diferentes genotipos. Sin embargo, el genotipo que necesitó mayor acumulación de °C día fue SOMMA (2 741, 8° C), en comparación con el genotipo DK 7088 (2 668° C) que necesitó la menor cantidad de °C día.

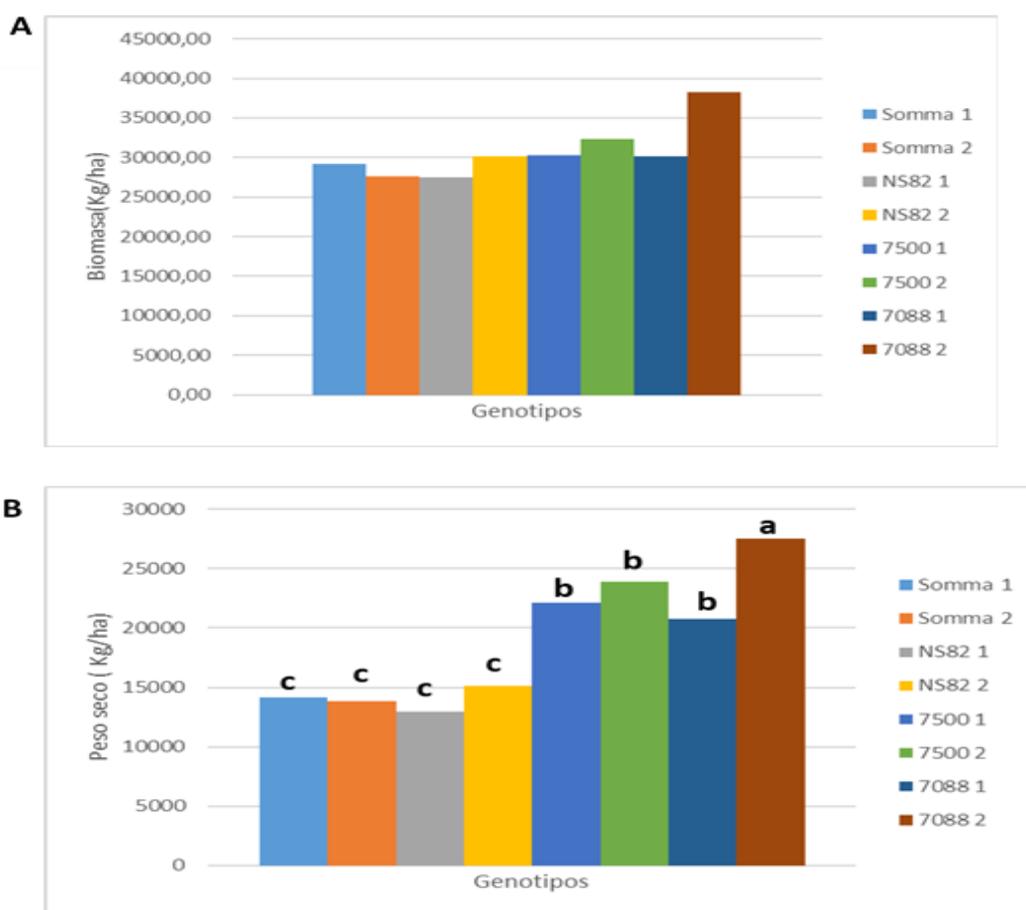
Tabla 4. Integral térmica (IT) del cultivo de maíz, por etapa fenológica de diferentes híbridos.

FENOFASE	SOMMA (H1)		NS82 (H2)		DK 7500 (H3)		DK 7088 (H4)	
	IT °C	°C	IT°C	°C	IT °C	°C	IT °C	°C
		(Acum)		(Acum)		(Acum)		(Acum)
Siembra - Emergencia	179,9	179,9	115,1	115,1	131,6	115,1	98,6	115,1
Emergencia - 4 HV *	631,7	811,6	656,0	7 71,05	659,7	791,3	630,7	729,3
4 HV - 8HV	175,1	986,7	160,4	931,4	160,35	951,7	153,3	882,5
8 HV - 12HV	148,6	1 135,2	157,1	1 088,5	151,3	1 103,0	157,1	1 039,6
12HV - 16 HV	201,5	1 336,7	198,0	1 286,4	201,9	1 304,8	196,6	1 236,1
16HV - Floración Masculina	53,4	1 390,1	61,8	1 348,2	54,7	1 359,5	80,2	1 316,3
Floración Masculina- Floración Femenina	97,1	1 487,2	100,7	1 448,9	97,2	1 456,7	107,6	1 423,9
Floración Femenina - Ampolla (Blíster)	97,0	1584,1	74,2	1 523,1	88,2	1 544,9	67,3	1 491,2
Ampolla (Blíster) - Grano lechoso	283,2	1 867,3	297,9	1 821,0	289,9	1 834,7	281	1 772,2
Grano lechoso - Grano pastoso	230,7	2 098,0	215,8	2 036,8	224,1	2 058,8	218,8	1 991,0
Grano pastoso - Grano dentado	245,4	2 343,4	251,6	2 288,3	250,4	2 309,1	246,5	2 237,5
Grano dentado - madurez fisiológica	398,4	2 741,8	407,9	2 696,2	399,9	2 709,0	430,5	2 668,0
Total (Siembra - Cosecha)	2 741,8		2 696,2		2 709,0		2 668,0	

4.7. Biomasa y peso seco a silking (floración femenina)

No se observa diferencias significativas en cuanto a la biomasa en los diferentes genotipos, tampoco muestra dependencia de la fertilización, ni interacción genotipo-fertilización. Aunque la mayor biomasa la presentó el genotipo DK 7088 con fertilización a base de N, P Y K con un valor de 38 261,8 kg/ha en comparación con el genotipo NS82 con fertilización a base de nitrógeno que fue el que menor biomasa presentó con un valor de 27 484,6 kg/ha (Figura 8).

En lo que refiere al peso seco observamos que no se muestra dependiente del genotipo ni del nivel de fertilización, pero si observamos diferencias estadísticas significativas en la interacción genotipo- fertilización encontrándose que el genotipo DK 7088 con fertilización en base a N, P Y K, presentó la media más alta de 27 511,1 kg/ha, en comparación del genotipo NS82 con fertilización a base de nitrógeno que presentó la media más baja de 12 931,7 kg/ha. (Figura 8).



Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P-valor <0,05)

Figura 8. Biomasa (A) y Peso seco (B) a silking del cultivo de maíz.

4.8. Cosecha y rendimiento

4.8.1. Número de hileras / mazorca.

El análisis del número de hileras por mazorca, no muestra dependencia del genotipo ni del nivel de fertilización, tampoco de la interacción genotipo- fertilización. En general el estudio indica un promedio entre 15 y 16 hileras por mazorca, (Figura 9).

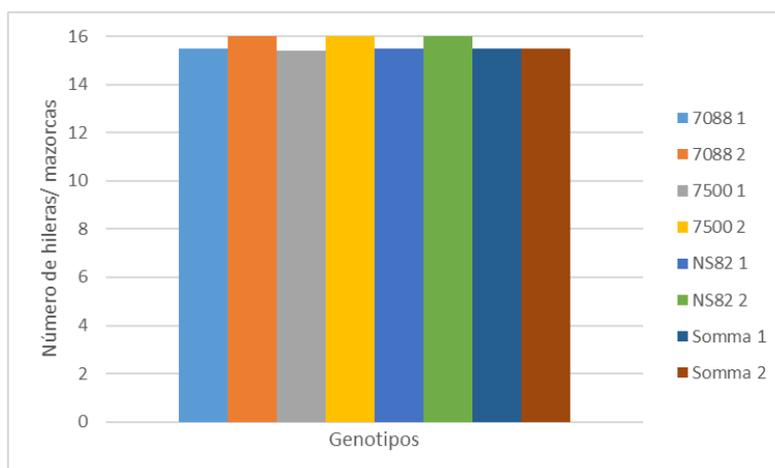


Figura 9. Número de hileras por mazorca de cuatro híbridos de maíz bajo dos niveles de fertilización.

4.8.2. Número de granos / hilera.

El número de granos por hilera, no se muestra dependiente del genotipo ni del nivel de fertilización, tampoco de la interacción genotipo-fertilización, mostrando en general un promedio entre 34 y 35 granos por hilera, (Figura 10).

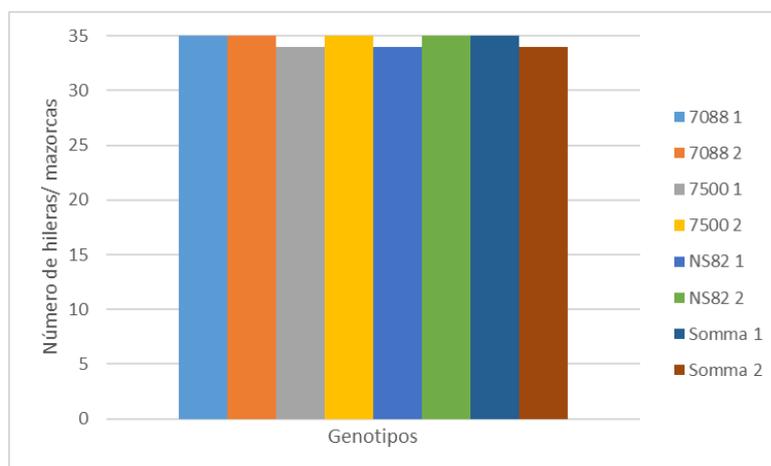


Figura 10. Número de granos por hilera de cuatro híbridos de maíz bajo dos niveles de fertilización.

4.8.3. Peso del grano.

De igual manera, la variable peso de 100 granos no presenta diferencias estadísticas significativas en cuanto al genotipo ni del nivel de fertilización, tampoco de la interacción genotipo- fertilización. El peso de 100 granos del genotipo DK7088 con fertilización a base de N, P y K alcanzo la mayor media con un valor de 49,3 gramos en comparación con el genotipo SOMMA fertilización a base de nitrógeno que obtuvo la media más bajo con un valor de 48,6 gramos (Figura 11).

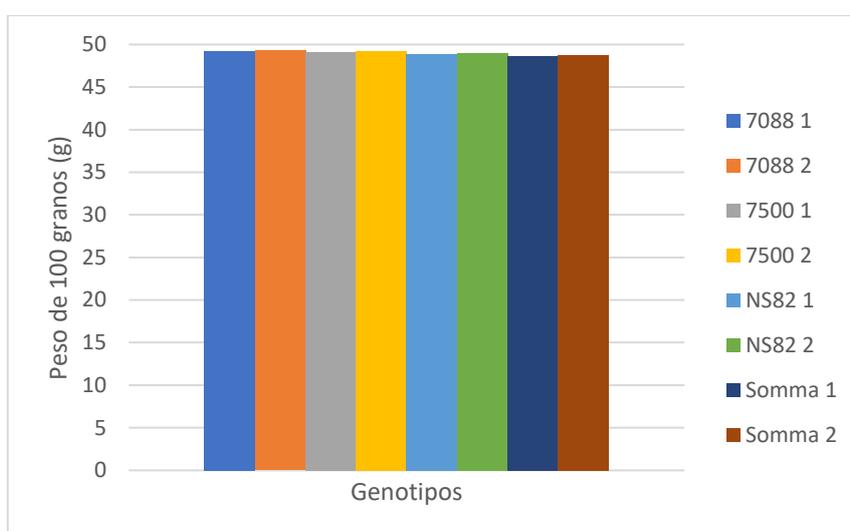
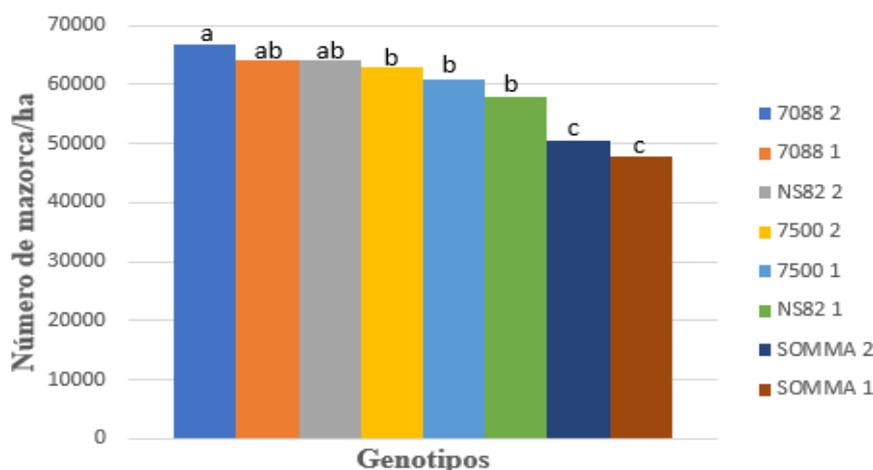


Figura 11. Peso de 100 granos (g) de cuatro híbridos de maíz bajo dos niveles de fertilización.

4.8.4. Número de mazorcas /ha.

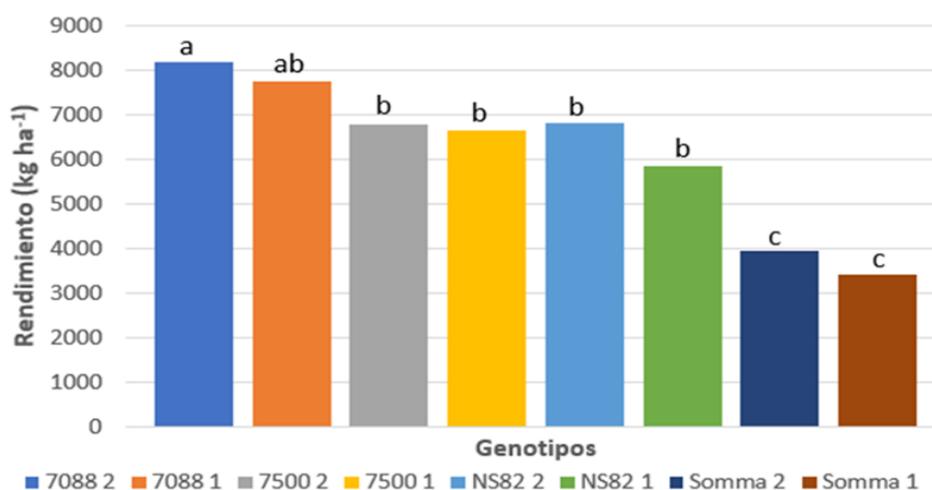
No existe dependencia del genotipo ni del nivel de fertilización, pero si se observa diferencias estadísticas significativas en la interacción genotipo- fertilización (p -valor $<0,05$), mostrando que el genotipo DK 7088 con fertilización Ecuaquímica (en base de N, P y K) alcanzó las medias más altas de 66667 mazorcas/ha. en comparación con SOMMA bajo la fertilización tradicional (en base a N) que mostró la media más baja de 47917 mazorcas/ha (Figura 12).



Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P-valor <0,05)

Figura 12. Número de mazorcas por ha de cuatro híbridos de maíz bajo dos niveles de fertilización.

El análisis del rendimiento indica que no existe dependencia del genotipo ni del nivel de fertilización, pero si se observa diferencias estadísticas significativas en la interacción genotipo- fertilización (p -valor <0,05), mostrando que el genotipo DK 7088 con fertilización Ecuauquímica alcanzó las medias más altas de 8156 kg/ha, en comparación con SOMMA que mostró la media más baja de 3421 kg/ha. (Figura 13).



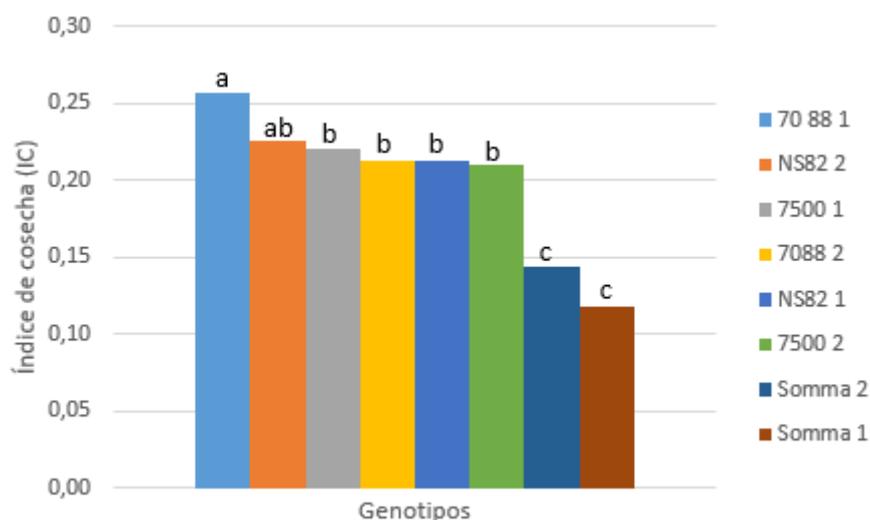
Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P-valor <0,05)

Figura 13. Rendimiento de cuatro híbridos de maíz establecidos en Nambacola, bajo dos niveles de fertilización.

4.9. Índice de cosecha

En la Figura 14, se muestra que en el índice de cosecha no existe dependencia del genotipo ni del nivel de fertilización, pero si se observa diferencias estadísticas significativas en la interacción genotipo- fertilización con un (p -valor <0,05), mostrando que el genotipo DK 7088

con fertilización tradicional (en base de nitrógeno) tiene el índice de cosecha más alto de 0,3 en comparación con el genotipo SOMMA con fertilización tradicional que mostró un índice de cosecha más bajo de 0,1



Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (P-valor <0,05)

Figura 14. Índice de cosecha (IC) de 4 genotipos de maíz bajo dos niveles de fertilización.

El análisis de correlación de Pearson estableció que el rendimiento esté relacionado estadísticamente y positivamente al número de granos por hilera y al peso promedio del grano (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de correlación de Pearson aplicado a las variables número de grano por hilera y peso promedio del grano con relación al rendimiento en los cuatro genotipos de maíz híbrido evaluados.

	R²	p-valor
#GRANO*HILERA - RENDIMIENTO	0,11	0,4125
PESO GRANO - RENDIMIENTO	0,49	0,2451

Determinado el rendimiento de los cuatro híbridos evaluados, se estimaron las correlaciones de las variables fenológicas con el rendimiento, donde se consideraron las correlaciones positivas como se muestra en la Tabla 6.

Se aplicó un análisis de correlación de Pearson $>0,6$, con un nivel de significancia $p < 0,05$. Las variables que presentaron una correlación positiva con el rendimiento son: altura de la planta e índice de área foliar.

Tabla 6, Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento y las variables morfológicas y fisiológicas

	R²	p-valor
ALTURA DE PLANTA	0,99	<0,0001
ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	0,96	<0,0001

5. DISCUSIÓN

En la presente investigación, el ciclo fenológico de los genotipos varía entre 197 y 205 días, siendo datos superiores a los reportados por Ecuaquímica (2016), en donde menciona que el ciclo de la semilla de maíz híbrido ATL 200 es de 130 a 140 días. Además, Sigcha (2017), menciona que el ciclo del maíz híbrido tiene un promedio entre 108 y 119 días. Las diferencias se deben a que la parroquia Nambacola tiene temperaturas medias anuales de 21° C y una altitud de 1 800 msnm., en comparación con el estudio realizado por Sigcha en la provincia de Orellana la cual tiene una temperatura media más alta de 25 °C con una altitud de 450 msnm, por ende el ciclo fenológico en este trabajo tiende a tener mayor duración debido a las condiciones climáticas.

Así mismo la altura, diámetro y número de hojas juegan un papel muy importante, los valores máximos alcanzados se reportan a los 98 días después de la emergencia, con una altura promedio de 1,80 m. y el número máximo de hojas alcanzado fue de 16 hojas, valor que no concuerda con lo mencionado por Pérez (2019), quién indica que en su investigación realizada en el km 48 de la vía Duran-Tambo, en los predios de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil, con una temperatura promedio de 25° C, analizó el Híbrido Trueno y Nidera, en donde utilizó una fertilización mediante banda incorporada obtuvo una altura promedio del híbrido de maíz de 2,78m. Además, Briones (2019), en su investigación realizada en el cantón Simón Bolívar –Guayas, con una temperatura promedio de 24,7° C, menciona que obtuvo una altura promedio de 1,97 m., esto se debe a que las plantas de maíz alcanzan un crecimiento máximo cuando aumentan las temperaturas del ambiente acercándose a la temperatura óptima y disminuyen su crecimiento en lugares con menor amplitud térmica.

El índice de área foliar (IAF) es la expresión numérica consecuencia de la división del área de las hojas y el área del suelo sobre el cual se encuentra establecido el cultivo, expresión que permite evaluar la capacidad fotosintética de las plantas, además de ello permite estudiar la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales (Intagri, 2016). En la investigación en la interacción genotipo-fertilización se obtuvo un IAF de 4,51 y 7,14, estos valores son similares a los mencionados por Romani (2009), quién menciona que obtuvo un IAF de 4,8 y 6,5, en su investigación realizada en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

El efecto de la temperatura en el desarrollo del cultivo se evalúa con la integral ($^{\circ}\text{C}$ día) durante el desarrollo del cultivo (Díaz, 2012). Entre los tratamientos evaluados no existen diferencias significativas en la acumulación de $^{\circ}\text{C}$ en los diferentes genotipos. Sin embargo, se obtuvo la integral térmica media de 2 704,9 valor similar al mencionado por Verdú *et al.* (1989), quien indica que en su investigación en donde utilizó 50 híbridos de maíz obtuvo una integral térmica de 2 356,2 $^{\circ}$ C. Cabe recalcar que la integral térmica depende del genotipo, hay híbridos que requieren más o menos acumulación de $^{\circ}\text{C}$.

Los componentes del rendimiento del maíz están determinados por características biométricas de la mazorca como: número de hileras y número de granos por hilera, varios estudios así lo corroboran, sobre todo los realizados por Ferraris y Couretot (2004) y Rivetti (2006). En lo que refiere al número de hileras por mazorca se presenta un promedio entre 15 y 16 hileras por mazorca, valores que están dentro del rango establecido por Dávila (2016), quien, en su investigación realizada en la Universidad Católica de Santiago, menciona que obtuvo un promedio de 14,3 hileras por mazorca en maíz híbrido DK 7088. Por otro lado, Sigcha (2017), menciona que obtuvo un promedio de 17,5 hileras por mazorca en maíz híbrido DK 7088. Estudios realizados por Zamora (2018), en maíz híbrido NS 82 reportan un número de 16 hileras por mazorca.

En cuanto al número de granos por hilera se muestra un promedio entre 34 y 35 granos por hilera y el peso de 100 granos alcanzó la mayor media de 49 gramos, valores similares a lo mencionado por Dávila (2016), en donde indica que obtuvo un promedio de 40 granos por hilera y un peso promedio de 48,6 gramos en su investigación realizada en la Universidad Católica de Santiago en maíz híbrido DK 7088, con una temperatura promedio de 25 $^{\circ}$ C, altitud de 8 msnm, con fertilización NPK.

En lo que respecta al rendimiento el genotipo DK 7088 con fertilización Ecuauímica alcanzó las medias más altas de 8 156 kg/ha., en comparación con SOMMA que mostró la media más baja de 3 421 kg/ha., valores inferiores a los reportados por Sigcha (2017), quien menciona que en su trabajo de investigación realizado en el cantón Loreto, provincia de Orellana, con altitud de 450 msnm, temperatura promedio de 25 $^{\circ}$ C y precipitación anual de 3 500 mm, el genotipo DK 7088 obtuvo un rendimiento de 11 148,50 kg/ha, y para SOMMA 8 919,54 kg/ha. Los bajos rendimientos obtenidos en este trabajo se atribuyen a las condiciones climáticas muy marcadas en estas dos localidades de estudio, siendo el factor principal el riego.

El rendimiento deriva de la relación Fuente – Destino y queda determinado por la forma en que el cultivo asigna o particiona la biomasa acumulada durante su crecimiento, entre el órgano de cosecha (espiga) y el resto de la planta. La relación se expresa por el Índice de Cosecha (IC). Para el índice de cosecha se obtuvo un promedio entre 0,1 y 0,3, valores que no coinciden con la investigación realizada en Tucumán (2012), para un maíz con un rendimiento granífero de 750 grs/m² de biomasa aérea total (incluye grano), en donde el IC fue de 0,46 Martín y Liendo (2004). Los IC varían entre 0,35 y 0,48.

Los análisis de correlaciones indicaron la relación del número de granos por hilera y el peso promedio del grano con el rendimiento, teniendo en cuenta que mayor número de granos y peso tiene un efecto altamente significativo, ya que una parte de la variación en rendimiento se atribuye al número y peso del grano (Troyer y Brown, 1986).

6. CONCLUSIONES

La duración de las etapas fenológicas estuvo influenciada por los factores climáticos de la localidad, particularmente, por el factor temperatura que determina la duración de la etapa vegetativa y reproductiva de los genotipos. El híbrido DK 7088 fue el que necesitó menor acumulación térmica para su desarrollo, mostrando un ciclo temprano de 197 días, mientras que el híbrido SOMMA necesitó mayor acumulación con un desarrollo fenológico tardío (205 días), lo que permitió el desarrollo de una mayor área foliar, mayor peso de granos y rendimiento.

El genotipo DK 7088 con fertilización Ecuaquímica (en base de N, P y K) presentó la media más alta de número de mazorcas 66 667 por hectárea y de rendimiento 8 156 kg/ha, para las condiciones medioambientales de la parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá, mientras que SOMMA no se adaptó bien a las condiciones climáticas mostrando menor número de 47 917 mazorcas por ha y un rendimiento de 3 421 kg/ha.

7. RECOMENDACIONES

- Efectuar nuevas investigaciones con la utilización de nuevos genotipos de híbridos maíz con mayores características productivas en la misma localidad debido a que la zona es principalmente productora de maíz y que esta información pueda ser aplicada por los agricultores como una alternativa para asegurar la productividad e ingresos económicos, mejorando así la calidad de vida.
- Promover en los agentes vendedores de insumos agropecuarios la importancia de dar a conocer los requerimientos climáticos, duración del ciclo fenológico y fertilización, con el objetivo de brindar al productor la opción de elegir el híbrido de maíz que mejor se acople a sus necesidades y obtener los mejores rendimientos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Abad, S., Alegre, J., Salas, C., y Eguez, J. (2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 25-32. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.03>.

Aguilar, J. (2010). *Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (Zea mays L.) con cuatro niveles de fertilización en la parroquia La Concepción cantón Mira* [Ingeniería en Agropecuaria]. Universidad Técnica del Norte.

Briones, E. (2019). *Influencia de la cianamida cálcica como fertilizante nitrogenado sobre la producción de grano de maíz en la zona de Simón Bolívar, Guayas* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica ce Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6181>

Calderini, D., Lizana, C., y Valle, S. (2012). *Sistemas de producción de trigo y cebada: Decisiones de manejo en base a conceptos ecofisiológicos para optimizar el rendimiento, la calidad y el uso de los recursos*. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Caviedes, G. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: Retos y oportunidades. *ACI*, 11(17), 116-123. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100/1415>

Dávila, G. (2016). *Evaluación agronómica de tres híbridos de maíz (Zaea mays L.) en lotes comerciales en la zona de Mata de Cacao. Provincia de Los Ríos* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5404/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-69.pdf>

de la Casa, A., Bressanini, L., Rodríguez, Á., y Martínez, J. (2007). Uso del Índice de Área Foliar y del porcentaje de cobertura del suelo para estimar la radiación interceptada en papa. *Agricultura Técnica*, 67(1), 78-85. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000100010>

Díaz, E., Loeza, J., Campos, J., Morales, E., Domínguez, A., & Franco, O. (2013). Radiation use efficiency, net assimilation rate and thermal integral as a function of phosphorus in maize (*Zea mays* L.). *Agrociencias*, 47(2), 135-146.

Ecuaquímica. (2019a). *Maíz híbrido DK7088*.
<http://www.ecuanoticias.com.ec/dekalb7088.html>

Ecuaquímica. (2019b). *Semilla de maíz híbrido DK 7500*.
<http://www.ecuaquímica.com.ec/producto/semilla-de-maiz-híbrido-dk-7500/>

Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Chuck, B., Bremer, C., Famham, D., DeBruin, J., Strachan, S., y Carter, P. (2015). *Maíz: Crecimiento y desarrollo*. PIONEER; pdf.
https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Spain/images/Agronomy/maiz_crecimiento_desarrollo.pdf

Ferraris, G. (2004). *Ensayo comparativo de híbridos comerciales de maíz en el área de Colón-Wheelwright*. INTA. https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2013/02/Maiz_híbridos_2011.pdf

Fuster, E. (1974). *Botánica* (Primera). Editorial Kapelusz.

Gómez, R. (2015). *Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (Zea mays) con fertilización química en el cantón Valencia 2013*. [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

González, A., y Ávila, J. (2014). El maíz en Estados Unidos y en México: Hegemonía en la producción de un cultivo. *Argumentos*, 27(75), 215-237.

Grande, C., y Orozco, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1), 97-110. <https://doi.org/10.21500/22563202.604>

Guevara, A., Barcenas, G., Salazar, F., González, E., y Suzán, H. (2005). Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencias*, 39(4), 431-439.

Guncay, C. (2014). *Evaluación agronómica de seis híbridos de maíz (Zea mays L.) en estado de choclo, en la zona de Molleturo, provincia del Azuay*. [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5843/1/GUNCAYLuceroCARLOS.pdf>

INTAGRI. (2016). *El Índice de Área Foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz*. INTAGRI.

Izquierdo, R. (2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe-Ecuador* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario]. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.

Jaime, F. (2015). *Evaluación del impacto ambiental por uso inadecuado de fertilizantes químicos en cultivo de maíz de la parroquia Anegado. Propuesta de manejo ambiental.* [Magister en Administración Ambiental]. Universidad de Guayaquil.

Josse, J. (2019). *Expectativas de la cosecha de maíz 2019.* Revista El Productor. <https://elproductor.com/wp-content/uploads/2019/04/revista%20abril%20maiz.pdf>

Lancashire, P., Bleiholder, H., Van Den Boom, T., Langelüddeke, P., Stauss, R., Elfriede, W., y Witzenger, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119(1), 561-601. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>

Martín, G., y Liendo, M. (2004). *Maíz, fisiología y cultivo* (Primera Edición). Universidad Nacional de Tucumán.

Martínez, D. (2015). Ecofisiología del cultivo de maíz. En *El cultivo de maíz en San Luís* (INTA, p. 31). Universidad Nacional de San Luís.

Mesías, W. (2015). *Fertilización química del híbrido de maíz (Zea mays L.) DEKALB 7088 en la zona de Ventanas.* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2403/1/T-UTEQ-0313.pdf>

Morejon, M., Herrera, J., Ayra, C., González, P., Rivera, R., Fernández, Y., Peña, E., Téllez, P., Rodríguez, C., y De La Noval, B. (2014). Alternativas en la nutrición del maíz transgénico FR-BT1 de (*Zea mays* L.): Respuesta en crecimiento, desarrollo y producción. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 146-155.

Oñate, L. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. Blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20371.pdf>

Ortigoza, J., López, C., y González, J. (2019). *Guía Técnica: Cultivo de maíz*. Proyecto paquetes tecnológicos.

Pérez, J. (2019). *Efecto de diferentes formas de aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Guayaquil.

Pino, M. (2019). *Plan Estratégico Institucional 2017-2021*. MAG. https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/AM_068_PEI2.pdf

Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. (p. 286). (2015). GAD Parroquial-Nambacola, Loja.

Quiroz, J. (2010). Sistemas de sombra de cacao con maderables. *Estación Experimental Litoral Sur (INIAP)*, 151.

Ritchie, S., y Hanway, J. (1982). How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. *Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report*, 48.

Rivetti, A. (2007). Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 39(1), 29-39.

Rodríguez, J. (2013). *Comportamiento agronómico de cinco híbridos de maíz (Zea mays L.) en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Guayaquil.

Rodríguez, M., y Flórez, V. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. *Noticias Básicas de Ferti-riego*, 25-36.

Romani, M. (2016). *Efecto de la época de siembra y la densidad poblacional sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento de híbridos de maíz con germoplasma tropical, tropical x templado y templado en el área de riego del Río Dulce, Santiago del Estero* [Maestría en el Área de Producción Vegetal, Universidad de Buenos Aires]. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5971>

Salvagiotti, F., Pedrol, H., y Castellarín, J. (2006). Utilización del método del balance de nitrógeno para la recomendación de la fertilización nitrogenada en maíz. *Informaciones Agronómicas (INPOFOS)*, 38, 11-13.

Sandal, M. (2014). *Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (Zea mays L.). En el cantón pueblo viejo provincia de Los Ríos* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/478/1/T-UTEQ-0027.pdf>

Segura, M., & Andrade, L. (2011). *Efecto de las condiciones Agrometeorológicas sobre un cultivar criollo y dos híbridos de maíz en cuatro fechas de siembra* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario]. Escuela Politécnica del Ejército.

SENAMHI. (2013). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/docTec-2013-senamhi.pdf>

Sigcha, G. (2017). *Evaluación del rendimiento de cuatro híbridos de maíz duro a tres distancias de siembra (Zea mays L.) en el cantón Loreto, provincia de Orellana*. [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6580/1/13T0841.pdf>

Tirado, C., Vásquez, V., y Narro, L. (2018). Análisis de la interacción genotipo por ambiente para rendimiento de maíz (*Zea mays L.*) en ensayos multi-ambiente. *Revista Oficial de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo*, 19(1), 125-136.

Troyer, A., y Marrón, W. (1976). Selection for early flowering in corn: Seven fate synthetics. *Crop Science*, 16(6), 767-772. <https://doi.org/10.2135/cropsci1976.0011183X001600060007x>

Valarezo, P. (2017). *Evaluación de tres híbridos de maíz Zea mays L. con tres distancias de siembra* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Guayaquil.

Valle, J. (2014). *Comportamiento agronómico de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con tres niveles de nitrógeno* [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Guayaquil.

Verdú, A., Casaña, F., Sánchez, E., y Bosch, L. (1996). La clasificación de los maíces híbridos según la influencia térmica. *Boletín Agropecuario*, 52-56.

Villanueva, J. (2018). *Optimización de la fertilización del maíz forrajero (Zea mays.) en marcos castellanos, Michoacán* [Previo a obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola sustentable]. Instituto Politécnico Nacional.

Weber, E., y Bleiholder, H. (1990). Erläuterungen zu den BBCH-dezimal-codes für die entwicklungsstadien von mais, raps, faba-bohne, sonnenblume und erbse-mit abbildungen. *Gesunde Pffflanzen*, 42(9), 308-321.

Zamora, C. (2018). *Determinación del efecto de la densidad de siembra y estructura del dosel de híbridos de maíz (Zea mays L.), en el nivel de productividad, época lluviosa*. [Previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3312/1/T-UTEQ-0142.pdf>

9. ANEXOS

Anexo 1.

Tabla 1. Diseño experimental (DCA) con arreglo bifactorial del estudio realizado en cuatro híbridos de maíz bajo dos niveles de fertilización.

H2 F1 R1	H1 F1 R1	H1 F2 R1	H4 F1 R1	H3 F2 R1	H2 F2 R1	H4 F2 R1	H3 F1 R1
H4 F2 R2	H3 F1 R2	H2 F2 R2	H2 F1 R2	H1 F1 R2	H4 F1 R2	H3 F2 R2	H1 F2 R2
H3 F2 R3	H4 F2 R3	H3 F1 R 3	H1 F1 R3	H4 F1 R3	H1 F2 R3	H2 F2 R3	H2 F1 R3
H1 F1 R4	H2 F2 R4	H4 F1 R4	H3 F2 R4	H2 F1 R4	H3 F1 R4	H1 F2 R4	H4 F2 R4

Anexo 2.

Tabla 2. Emergencia de cuatro genotipos del cultivo de maíz (días)

DDS	GENOTIPOS			
	SOMMA	NS82	DK 7500	DK 7088
0	3,7	6,9	4,4	3,0
1	6,1	10,7	7,4	5,8
2	10,0	16,2	12,3	11,2
3	16,0	23,9	19,9	20,3
4	24,6	33,9	30,5	34,1
5	36,1	45,8	43,9	51,4
6	49,7	58,6	58,5	68,5
7	63,9	70,8	72,2	81,9
8	76,7	81,4	83,4	90,8
9	87,0	89,7	91,4	95,9
10	94,4	95,8	96,7	98,6
11	99,4	100,0	100,0	100,0

Anexo 3.

Tabla 3. Altura de cuatro genotipos del cultivo de maíz (días)

DDE	Fertilización 1				Fertilización 2				<i>P-value</i>		
	SOMMA (H1)	NS82 (H2)	DK7088 (H3)	DK 7500	SOMMA (H1)	NS82 (H2)	DK7088 (H3)	DK 7500	Fertilización	Genotipo	Fertilización * genotipo
14	13,40	14,65	16,35	17,40	16,15	15,3	13,95	14,25	0,674	0,944	0,777
21	28,13	31,50	29,875	33,38	25,875	31,625	27,75	33,88	0,726	0,309	0,784
28	44,45	46,30	48,9	48,35	42,75	46,85	43,45	49,55	0,386	0,116	0,223
35	64,13	67,50	65,875	66,88	61,875	65,375	63,75	69,88	0,703	0,392	0,767
42	76,45	78,30	80,9	80,35	74,75	78,85	75,45	81,55	0,369	0,097	0,183
49	90,125	91,63	91,875	90,50	87,875	91,375	89,75	95,88	0,933	0,607	0,801
56	101,45	99,38	105,9	102,10	99,75	103,85	100,45	106,55	0,745	0,224	0,052
63	107	106,75	107,25	105,12	108,38	107,25	105,87	108,87	0,640	0,989	0,995
70	115,1	112,75	116,3	116,85	118,9	113,45	118,35	119,55	0,123	0,079	0,205
77	131,75	127,87	133,5	131,37	131,88	129,75	132,87	135,87	0,529	0,457	0,810
84	141,1	138,75	142,3	142,85	144,9	139,45	144,35	145,55	0,192	0,181	0,429
91	169,1	170,30	172,9	172,35	166,75	170,85	167,45	173,55	0,482	0,433	0,690
98	185,1	182,75	186,3	186,85	188,9	183,45	188,35	189,55	0,238	0,262	0,571

Anexo 4.

Tabla 4. Diámetro de cuatro genotipos del cultivo de maíz (días)

DDE	Fertilización 1				Fertilización 2				<i>P-value</i>		
	SOMMA	NS82	DK7088	DK 7500	SOMMA	NS82	DK7088	DK 7500	Fertilización	Genotipo	Fertilización * genotipo
21	3,5	4,13	3,38	3,5	3,63	3,5	3,375	3,38	0,31	0,19	0,24
35	4,5	5,13	4,38	4,5	4,63	4,5	4,375	4,38	0,32	0,21	0,26
49	5,5	6,13	5,38	5,5	5,63	5,5	5,125	5,38	0,30	0,30	0,49
63	7,5	7,63	8,13	7,5	7,38	7,125	7,5	7,38	0,28	0,75	0,89
77	9,5	9,38	9,75	9,5	9,50	9,5	9,625	9,75	0,72	0,72	0,95
91	12,13	12,13	10,63	11	12,25	11,5	11	11,50	0,78	0,02	0,11

Anexo 5.

Tabla 5. Área foliar (cm²) de cuatro genotipos del cultivo de maíz bajo dos niveles de fertilización.

DDS	SOMMA	Fertilización 1			Fertilización 2			Fertilización	<i>P-value</i>		
		NS82	DK7088	DK 7500	SOMMA	NS82	DK7088		DK 7500	Genotipo	Fertilización * genotipo
21	15,9	21,2625	28,27	29,3484	19,2656	17,9484	28,3781	21,0844	0,981	0,9997	1,000
35	91,40	104,19	105,42	128,7	106,78	94,7766	120,09	127,76	0,9677	0,998	1,000
49	274,6	264,52	280,57	296,63	274,7	238,28	284,27	297,53	0,9645	0,9946	1,000
63	1127,9	1104,01	1151,92	1201,64	1135,21	1050,65	1135,53	1184,12	0,8686	0,9264	0,9993
77	6983,5	6072,47	5072,93	4980,73	5696,25	5515,62	5079,72	5301,72	0,002	<0001	<0001
91	7997,6	8154,28	10763	9511,41	7211,72	8991,75	11423	10454	0,0008	<0001	<0001

Anexo 6.

Tabla 6. Índice de área foliar (cm²/cm²) de cuatro genotipos del cultivo de maíz bajo dos niveles de fertilización

DDS	SOMMA	Fertilización 1			Fertilización 2			Fertilización	<i>P-value</i> Genotipo	Fertilización * genotipo	
		NS82	DK7088	DK 7500	SOMMA	NS82	DK7088				DK 7500
21	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,9866	0,9999	1,000
35	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,08	0,08	0,9675	0,9980	1,000
49	0,17	0,17	0,18	0,19	0,17	0,15	0,18	0,19	0,9645	0,9946	1,000
63	0,70	0,69	0,72	0,75	0,71	0,66	0,71	0,74	0,8686	0,9264	0,9993
77	43,65	37,95	31,71	31,13	35,60	34,47	31,75	33,14	0,002	<0,0001	<0,0001
91	49,99	50,96	67,27	59,45	45,07	56,20	71,39	65,34	0,0008	<0,0001	<0,0001

Anexo 7. Actividades realizadas en el cultivo de maíz en la parroquia Nambacola, barrio Piedra Grande.



Figura 1. Diseño de la unidad de estudio
(29/02/2020)



Figura 2. Etiquetado de plantas
(14/02/2020)



Figura 3. Medida de variables agronómicas
(22/02/2020)



Figura 4. Fertilización tradicional (N)
(22/02/2020)



Figura 5. Fertilización (N, P y K) (22/02/2020)



Figura 6. Etapa fenológica del cultivo
(31/03/2020)



Figura 7. Delimitación del área a cosechar
(29/08/2020)



Figura 7. Cosecha (29/08/2020)