



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

TITUACIÓN DE INGENIERO AGROPECUARIO

“Determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico en el cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.), bajo condiciones de secano, en el cantón Pindal provincia de Loja”.

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

Autor: Zari Arévalo, Bayron David

Director: Capa Mora, Edwin Daniel, Ing.

LOJA – ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ing.

Edwin Daniel Capa Mora

DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: Determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico en el cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.), bajo condiciones de secano, en el cantón Pindal provincia de Loja”, realizado por Zari Arévalo Bayron David, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, diciembre del 2014

.....
Ing. Capa Mora Edwin Daniel

CI. 1103819486

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Zari Arévalo Bayron David” declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: Determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico en el cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.), bajo condiciones de secano, en el cantón Pindal provincia de Loja, de la Titulación de Ingeniero Agropecuario, siendo Capa Mora Edwin Daniel, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

.....
Zari Arévalo Bayron David
1104582414

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor, dedico el presente trabajo de investigación a Dios y a mis Padres, quienes hicieron todo lo posible en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, siempre estaré agradecido con ustedes por su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles y por brindarme los recursos necesarios para financiar mis estudios.

Del mismo modo le dedico: a mí querido hijo Fabio Jhael, quién es la motivación de mis esfuerzos y también a mis hermanos, Mayra, Jessica, Jefferson y Roger, de quienes siempre he tenido su apoyo incondicional.

“La felicidad humana generalmente no se logra con grandes golpes de suerte, que pueden ocurrir pocas veces, sino con pequeñas cosas que ocurren todos los días”.

Benjamín Franklin

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dejar en constancia los más sinceros agradecimientos:

A la Universidad Técnica Particular de Loja, en la Titulación de Ingeniería Agropecuaria, a todo el personal docente que me brindo sus conocimientos durante mi vida estudiantil y de manera muy especial a mi Director de tesis, Daniel Capa M, quien fue un pilar fundamental en la dirección del cumplimiento de mi trabajo de investigación.

A los miembros del Proyecto, “I+D predicción de cosechas”, por permitirme formar parte de este grandioso proyecto, de manera muy especial, a los Ingenieros (as): Wellington Bastidas, Wendy Casanova y Amparo Cóndor, quienes me brindaron su apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mis Padres y Hermanos, con quienes estaré agradecido eternamente por el apoyo que me han regalado.

Por último expreso mi gratitud a las personas que directa o indirectamente, me apoyaron en mi vida estudiantil y en la realización de esta investigación: Yesenia, Jhon, Pablo, Ramiro, Martin, más amigos y compañeros, siempre estaré agradecido con ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	I
Certificación	II
Cesión de derechos	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Índice de contenidos	VI
Índice de tablas	VIII
Índice de figuras	IX
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Objetivos	5
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	6
1.1 Origen, evolución y distribución del maíz	7
1.2 Evolución	8
1.3 Taxonomía y morfología de la planta de maíz	9
1.4 Fenología del maíz	11
1.5 Requerimientos edafoclimáticos	15
1.6 Requerimientos hídricos	17
1.7 Balance hídrico	18
1.8 Fertilización del maíz	18
1.9 Principales insectos y enfermedades del maíz en el Ecuador	23
1.10 Variedades de maíz	26
1.11 Producción de maíz en el Ecuador	27
1.12 Generalidades del Diviner 2000	29
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1 Ubicación del ensayo	33
2.2 Materiales	33
2.3 Métodos	34
2.4 Diseño experimental	35
2.5 Tratamientos	36
2.6 Tipo de diseño	37
2.7 Fase agroclimática	37
2.8 Variables del estudio	39
2.9 Manejo específico del ensayo	41

2.10 Cosecha	45
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1 Análisis fenológico	48
3.2 Análisis fenométrico	53
3.3 Rendimientos	61
3.4 Humedad total retenida	63
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del maíz	9
Tabla 2. Principales enfermedades del maíz en el Ecuador	25
Tabla 3. Variedades de maíz cultivadas a nivel mundial	26
Tabla 4. Área sembrada de maíz en el Ecuador	28
Tabla 5. Características agronómicas del híbrido de maíz, Dekalb 7088	28
Tabla 6. Características agronómicas del híbrido INIAP-H-601	29
Tabla 7. Esquema de la división y codificación de los tratamientos	35
Tabla 8. Tratamientos con sus respectivas repeticiones	36
Tabla 9. Formato establecido para calcular la humedad total retenida	38
Tabla 10. Fertilizantes utilizados en la primera aplicación en el ensayo	45
Tabla 11. Fertilizantes utilizados en la segunda aplicación en el ensayo	45
Tabla 12. Fertilizantes utilizados en la tercera aplicación en el ensayo	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parque central del cantón Pindal	3
Figura 2. Teocinte, posible ancestro del maíz actual	8
Figura 3. Etapas fenológicas del maíz	11
Figura 4. Planta afectada por el gusano cogollero	23
Figura 5. Larva del barrenador del tallo	23
Figura 6. Oruga de la espiga del maíz	24
Figura 7. Barrenador menor del tallo de maíz	24
Figura 8. Ubicación del cantón Pindal en la provincia de Loja	33
Figura 9. Fotografía del ensayo tres semanas después de la siembra	36
Figura 10. Distribución al azar de las parcelas, en el presente ensayo	37
Figura 11. Equipo Diviner 2000 utilizado en la investigación	39
Figura 12. Medición de la altura del maíz	39
Figura 13. Planta de maíz con 6 hojas desarrolladas	40
Figura 14. Medición del diámetro del tallo de una planta de maíz	40
Figura 15. Semilla de maíz utilizada para la investigación	42
Figura 16. Bomba manual utilizada para el control de malezas e insectos	43
Figura 17. Arriba, Fertilizantes utilizados en la investigación. Abajo, fotografías de los bloques del ensayo luego de ser fertilizados	44
Figura 18. Promedios fenológicos del híbrido INIAP-H-601	48
Figura 19. Promedios fenológicos del híbrido Dekalb 7088	50
Figura 20. Desarrollo fenológico del maíz en el presente ensayo	52
Figura 21.- Altura de las plantas del híbrido INIAP-H-601	53
Figura 22.- Promedio de número de hojas verdes de los tratamientos del híbrido INIAP-H-601	54
Figura 23.- Promedios del diámetro del tallo en los tratamientos del híbrido INIAP 601	55
Figura 24. Promedios de la longitud de la mazorca, híbrido INIAP-H-601	56
Figura 25. Promedios del diámetro de la mazorca, híbrido INIAP-H-601	56
Figura 26. Promedios de la altura de la planta, híbrido Dekalb 7088.	57
Figura 27. Promedios del número de hojas verdes, híbrido Dekalb 7088.	58
Figura 28. Promedios del diámetro del tallo, híbrido Dekalb 7088	59
Figura 29. Promedios de la longitud de la mazorca, híbrido Dekalb 7088	59
Figura 30. Promedios del diámetro de la mazorca, híbrido Dekalb 7088	60
Figura 31. Promedios de rendimientos por planta y peso promedio de 200 granos o semillas del híbrido INIAP-H-601	61

Figura 32. Promedios de rendimientos por planta y peso promedio de 200 granos o semillas del híbrido Dekalb 7088	62
Figura 33. Promedios de la humedad total retenida, según la etapa fenológica y el tratamiento, del híbrido INIAP-H-601	63
Figura 34. Promedios de la humedad total retenida, según la etapa fenológica y el tratamiento, del híbrido Dekalb 7088	64

RESUMEN

Como parte del proyecto “I+D predicción de cosechas” se desarrolló el trabajo de fin de titulación: “Determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico en el cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.), bajo condiciones de secano, en el cantón Pindal provincia de Loja”. En el cual se determinó diferencias entre dos tratamientos con combinaciones de fertilizantes más un testigo sin fertilizantes, los cuales fueron aplicados a dos híbridos de maíz duro (INIAP-H-601 y Dekalb 7088), cada tratamiento tuvo tres repeticiones dando un total de 18 parcelas. Semanalmente se realizó el levantamiento de información. Como resultado se observó que los tratamientos con fertilización completa presentaron: mayor desarrollo, mayor rendimiento, mayor precocidad y menor consumo de agua. En lo que corresponde al híbrido INIAP-H-601 el tratamiento con fertilización completa presentó 117 días de duración del ciclo de vida y una estimación de rendimiento de 5.991,45 Kg/ha. Por otra parte el híbrido Dekalb 7088 con el tratamiento de fertilización completa, presentó: 123 días de duración del ciclo de vida y una estimación de rendimiento de 7.920,45 Kg/ha.

Palabras clave: *Fenología vegetal, fenometría vegetal, índice de balance hídrico y producción.*

ABSTRACT

As part of the "R & D crop forecasting" work order titration was developed: "Determination of phenological phases fenométricas and rate of water balance in durum maize (*Zea mays* L.) under conditions rainfed Pindal canton province of Loja". In which differences between the two treatments plus a combination of fertilizer control treatment, two hybrid applied to hard corn (INIAP-H-601 and Dekalb 7088) was determined, each treatment had three replicates for a total of 18 plots where weekly gathering information are made. As results were observed with complete fertilization treatments showed: higher growth, higher performance, increased earliness and lower water consumption. As relates to the hybrid INIAP-H-601 with complete fertilization treatment filed 117 days duration of the life cycle, and an estimate of yield 5991.45 Kg / ha. Moreover the hybrid Dekalb 7088 with complete fertilization treatment, provided 123 days of the life cycle, and an estimate of yield 7920.45 Kg / ha.

Key words: *Plant phenology, plant fenometric, water balance hydric, production.*

INTRODUCCIÓN



Figura 1. Parque central del cantón Pindal.

Fuente: El Autor.

El cantón Pindal se encuentra ubicado al sur occidente de la provincia de Loja, limitando al norte con el cantón Puyango, al sur y este con el cantón Celica y al oeste con el cantón Zapotillo. Posee un clima subtropical seco y tropical seco, la temperatura media anual es de 24 °C y se extiende desde los 550 a 1.200 msnm (Aguilera, 2013).

La mayor parte de la población del cantón Pindal se dedica a la agricultura y ganadería, siendo el cultivo de maíz duro la principal fuente de ingresos con 7.919 hectáreas de dicho cultivo y una producción anual de alrededor de 920.780 quintales, lo que ha permitido convertirse en uno de los principales productores de esta gramínea en nuestro país (Ortega, 2012).

La escasa información meteorológica del sector y la falta de estudios sobre el impacto de los factores agroclimáticos en los cultivos de maíz duro son las principales falencias que tienen los organismos encargados de impulsar y mejorar la producción de maíz duro en este sector (Aguilera, 2013), por lo que la ejecución de este proyecto permitirá tener conocimientos sobre la incidencia de los factores agroclimáticos y nutricionales en la producción de maíz duro y por medio del cual se podrá elaborar calendarios para la producción del cultivo de acuerdo a las actuales condiciones agroclimáticas que se vienen presentando. Además se tendrá conocimiento del índice de balance hídrico del cultivo de maíz duro del año en curso en este sector.

Es importante analizar la influencia medio ambiental y el componente nutricional dentro de la producción agrícola, en este estudio se analizó las repercusiones que tienen distintas combinaciones de nutrientes en el cultivo de dos híbridos de maíz duro (INIAP-H-601 y Dekalb 7088) bajo el mismo manejo y ubicación geográfica.

Lo antes mencionado servirá de apoyo directo a los productores de maíz duro de este sector, por otra parte el proyecto apoyará a cumplir con los objetivos planteados en el proyecto macro “Incidencias del cambio climático en la producción de maíz duro del Ecuador”, planteado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

OBJETIVOS

Como parte del proyecto general denominado “I+D Predicción de Cosechas” desarrollado por la coordinación de tres instituciones gubernamentales de nuestro país; Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se implementó un ensayo en el cantón Pindal de la provincia de Loja sobre el cultivo de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) específicamente INIAP-H-601 y Dekalb 7088, con nueve tratamientos de combinación de fertilizantes. Como tesista del INAMHI me desempeñe en la determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico, de los híbridos de maíz duro, bajo condiciones de secano, con dos combinaciones de fertilizante más un testigo.

Objetivo general

- Realizar un análisis fenológico, fenométrico y determinar el índice de balance hídrico de dos híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) con dos combinaciones de fertilizantes y un testigo, cultivadas en el cantón Pindal, bajo condiciones de secano.

Objetivos específicos

- Determinar las fases fenológicas en el ciclo de vida del maíz duro asociadas a las variables climatológicas.
- Determinar y cuantificar las estructuras fenométricas del maíz duro asociadas a las variables climatológicas.
- Evaluar climatológicamente el Requerimiento hídrico para el cultivo de maíz duro utilizando un modelo de Índice de Balance Hídrico (IBH).

CAPÍTULO 1
MARCO TEÓRICO

1.1 Origen, evolución y distribución del maíz

En lo referente al origen del maíz hoy en día hay varias discrepancias, se cree que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores entre 7.000 y 10.000 años atrás, ya que en México se han encontrado pólenes con antigüedad de 7.400 a 6.700 años antes de nuestra era y las semillas más viejas de 5.000 años de antigüedad igualmente encontradas en México, según Paliwal (2011), en su investigación titulada “Origen, evolución y difusión del maíz” cita tres distintas teorías sobre el origen del maíz, entre ellas tenemos:

1.1.1 Origen asiático.- se cree que el maíz se habría originado en Asia en la región del Himalaya producto de un cruzamiento entre *Coix spp.* y algunas *Andropogóneas*, probablemente especies de *Sorghum*, ambos parentales con cinco pares de cromosomas, esta teoría no tiene mucho apoyo debido a que la mayoría de los estudios consideran que el maíz es originario del nuevo mundo (Paliwal, 2001).

1.1.2 Origen andino.- esta hipótesis plantea que el maíz se habría originado en los Andes de Bolivia, Perú y Ecuador, esto debido a la presencia de maíz reventón en América del sur y a la amplia diversidad genética presente en los maíces latinos especialmente en las partes altas del Perú, la principal contradicción a esta hipótesis es que no existe ningún pariente salvaje cercano al maíz (Paliwal, 2011 y Sánchez, 2011).

1.1.3 Origen mexicano.- la mayoría investigadores creen que el maíz es originario de México esto debido a que el maíz y el teocinte (*Zea mays sp mexicana.*) han coexistido desde la antigüedad y las dos especies presentan una diversidad muy amplia en esta región, esta teoría está justificada debido al hallazgo de polen en mazorcas de maíz en cuevas de zonas arqueológicas (Salvador, 2001; Paliwal, 2011 y Serratos, 2012).

Otras personas creen que el origen del maíz es México pero consideran que el teocinte no es el ancestro principal sino que es un maíz silvestre que hoy ya ha desaparecido (Paliwal, 2011).

Por otra parte Vavilov, uno de los más grandes genetistas del siglo XX, quien tomando en cuenta aspectos como, lugares geográficos donde aún se sigue cultivando el maíz asociado con los focos primarios del origen de este cultivo, define que el maíz tiene su origen en el centro sur de México hasta la mitad del territorio de centro América, de igual forma también considera al teocinte como ancestro común. Esto nos indica que la mayoría de las investigaciones se inclinan a que el maíz es originario de México, además es la teoría más popular y aceptada, pero el debate sobre el origen del maíz aun continua, en los últimos años no ha tenido muchos avances debido a que las

investigación sobre maíz van encaminadas a mejorar la producción del mismo (León, 2000; Sánchez, 2011 y Serratos, 2012).



Figura 2. Teocinte, posible ancestro del maíz actual.

Fuente: Arte y Antropología (2013)

1.2 Evolución

El maíz en un principio era una pequeña mazorca de 3 o 4 centímetros con unos pocos granos muy distintos al maíz que conocemos actualmente, el mismo que hace 7.000 años los indígenas mexicanos ya utilizaban para su alimentación, 1.000 años después éste maíz primitivo ya estaba domesticado, la evolución natural y las habilidades agrícolas de los ancestros mexicanos indujeron a que esas mazorcas primitivas se transformen en unas mazorcas más parecidas a las que hoy conocemos, teniendo un cultivo de gran variedad y permitiendo a sus variedades vivir en ambientes geográficos diferentes (Salvador, 2001 y Serratos, 2012).

1.2.1 Difusión o distribución del maíz

La difusión de plantas entre distintas regiones del continente en el periodo precolombino se dio por medio del contacto entre sus habitantes, en principio el maíz se difundió entre lo que hoy es México, el sur de los Estados Unidos y Guatemala, a continuación de esto, las tribus americanas llevaron este cultivo hacia América Latina y el Caribe, por último el cultivo fue llevado a norte América, se calcula que 1.000 años antes de nuestra era (AE), el maíz ya estaba difundido en todo el continente americano (Vargas, 2011).

Cuando Cristóbal Colón llegó a Cuba en el año 1492 los agricultores americanos, ya estaban cultivando variedades seleccionadas de maíz. Cuando regresó a España en 1493, probablemente llevó consigo semillas de varios cultivares locales de maíces

duros, ya que para el tercer viaje de Cristóbal Colón en Castilla España ya se cultivaba el maíz y comenzaba a difundirse por todo Europa, siete años más tarde también se difundió en Asia (Vargas, 2011).

Se cree que los navegantes portugueses fueron quienes introdujeron el maíz a África, de esta manera se difundió a nivel mundial, hay datos que en menos de 300 años el maíz se propagó a través de todo el mundo (Bonilla, 2008 y Vargas, 2011).

1.3 Taxonomía y morfología de la planta de maíz

1.3.1 Taxonomía del maíz

Tabla 1.- Taxonomía del maíz.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>

Fuente: INIA (2008)

La planta de maíz duro es alta, con abundantes hojas y un sistema radicular fibroso, normalmente con un solo tallo que tiene hasta 30 hojas. Se desarrollan una o dos yemas laterales en la axila de las hojas de la mitad superior de la planta, las mismas que se convierten en inflorescencia femenina la cual desarrolla una mazorca, esta es la parte de la planta que almacena reservas. La parte superior de la planta termina en una inflorescencia masculina o panoja, esta tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas las que producen abundantes granos de polen. Las principales partes de la planta son raíz, tallo, hojas, inflorescencias y grano o fruto (Yzarra y López, 2012).

1.3.2 Raíz

Está compuesta por tres clases de raíces las cuales son: las raíces seminales, raíces secundarias o adventicias y raíces aéreas (SEDAF, 1998).

Las raíces seminales.- Se desarrollan a partir de la radícula de la semilla, 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. El sistema de raíces seminales mencionado antes puede continuar activo durante toda la vida de la planta, pero sus funciones son insignificantes (Yzarra y López, 2012).

Raíces secundarias o adventicias.- Comienzan a formarse a partir de la corona por encima de las raíces primarias hasta llegar a siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo (SEDAF, 1998). Estas raíces se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas, que son el principal sistema de fijación de la planta al suelo y además absorbe agua y nutrimentos (Yzarra y López, 2012).

Raíces aéreas.- Algunas raíces aéreas o raíces de anclaje emergen de dos a tres nudos por encima de la superficie del suelo, en algunos cultivares de maíz también se pueden desarrollar en mayor número de nudos. La principal función es mantener la planta erecta y evitar su vuelco en condiciones normales. Se cree ahora que estas raíces también colaboran en la absorción de agua y nutrientes (Yzarra y López, 2012).

1.3.3 Tallo

Es robusto y erecto, puede llegar a medir hasta cuatro metros de altura y está formado por nudos y entrenudos, los entrenudos de la base son cortos y se alargan a medida que se encuentran en posiciones superiores, son fistulosos es decir no huecos (Lafitte, 2001).

1.3.4 Hojas

Se desarrollan a partir de las yemas foliares, la planta presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras de 4 a 10 centímetros de ancho por 35 a 50 centímetros de longitud y están constituidas por: vaina, lígula y limbo (Lafitte, 2001 y Deras, 2012).

1.3.5 Inflorescencias

El maíz es monoico, con inflorescencia terminal estaminada (panoja) o flor masculina e inflorescencias femeninas pistiladas, ubicadas en yemas laterales (mazorcas o espigas) (Deras, 2012).

Inicialmente ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales, durante el proceso de desarrollo los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y quedan así solo las inflorescencias femeninas. Del mismo modo, los primordios

gineceos en la inflorescencia apical abortan y quedan entonces solo inflorescencias masculinas (Lafitte, 2001).

1.3.5.1 Inflorescencia estaminada.- se encuentra dispuesta por parejas en espiguillas estas últimas se distribuyen en ramas de la inflorescencia conocida como panoja, su coloración es amarilla y posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos (Lafitte, 2001 y Gobierno del Estado de Veracruz, 2011).

1.3.5.2 Inflorescencia pistilada.- Esta inflorescencia se encuentra en un soporte central denominado marlo o tusa, cubierto por una envoltura denominada brácteas foliares, sus estigmas sobresalen de la envoltura y forman una cabellera característica del maíz de 12 a 20 centímetros de longitud (Lafitte, 2001).

1.3.6 Fruto o grano

El grano o fruto del maíz es un cariósipide, 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 endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona (Lafitte, 2001).

1.4 Fenología del maíz

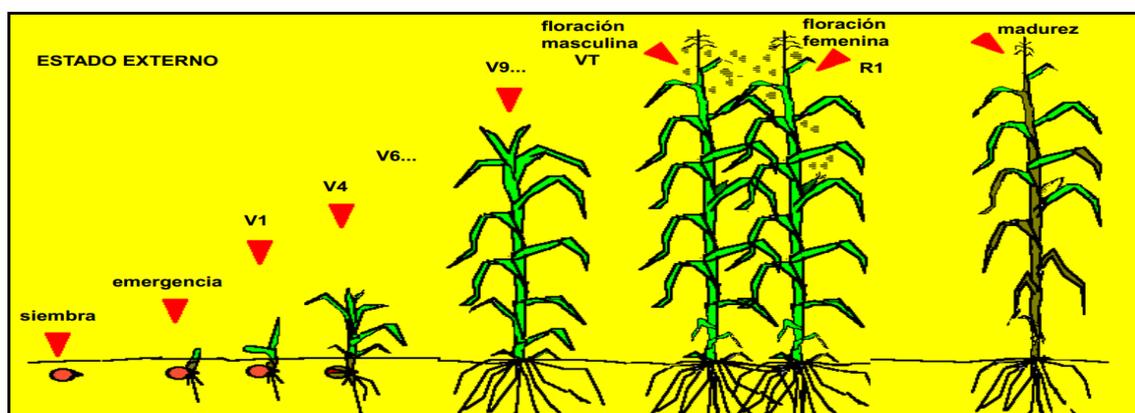


Figura 3. Etapas fenológicas del maíz.

Fuente: Toledo (2014)

El desarrollo de la planta se divide en: 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 (Ritchie, 2002).

El primer estadio vegetativo se designa como VE (emergencia) y el ultimo estadio vegetativo es designado como VT (presencia de la panoja), con respecto a la etapa

reproductiva, está distribuida en seis subdivisiones designadas numéricamente y con los nombres comunes que más adelante se mencionan.

1.4.1 Germinación, emergencia VE a V2

En condiciones adecuadas de campo, las semillas sembradas absorben agua y comienzan a crecer. La radícula es el primer órgano en elongar a partir del grano hinchado. Luego le sigue el coleoptile con la pluma incluida y posteriormente surgen tres o cuatro raíces seminales (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

El sistema de raíces nodales se inicia alrededor del estadio VE, el primer par de raíces nodales comienza a alongar desde el primer nudo durante el estadio V1 hasta R3.

1.4.2 Estadío V3 a V5

El ápice de crecimiento de la planta está aún por debajo de la superficie del suelo y la elongación del tallo es mínimo, los pelos radiculares crecen desde las raíces nodales y el crecimiento de las raíces seminales virtualmente ha terminado en este estadio (Ritchie, 2002).

Todas las hojas y las espigas que la planta pueda presentar ya han iniciado su desarrollo, en el estadio V5 la iniciación de todos los primordios de hojas y espigas se ha completado y una microscópica panoja ha iniciado su desarrollo en la punta del ápice de crecimiento (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.3 Estadío V6 a V8

El ápice de crecimiento y la panoja está sobre la superficie del suelo y la caña comienza su periodo de mayor elongación, por debajo del nivel del suelo, las raíces nodales son ahora el sistema radicular de mayor funcionamiento, en este punto existen grupos de raíces creciendo desde el tercer o cuarto nudo basal del tallo. En el estadio V8 puede ocurrir la degeneración y pérdida de las hojas inferiores (Ritchie, 2002).

1.4.4 Estadío V9 a V11

Varios primordios de la espiga son fácilmente visibles disectando la planta, en este estadio la panoja comienza a desarrollarse rápidamente y el tallo continúa su rápida elongación, esta va desde los primeros entrenudos hasta los de arriba (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.5 Estadío V12 a V14

El número de óvulos (granos) en cada espiga y el tamaño de la espiga se determina en este momento, en este punto la espiga superior es más pequeña que la espiga inferior (Ritchie, 2002).

1.4.6 Estadío V15 a V17

En el estadío V15 las plantas están aproximadamente entre 10 a 12 días de alcanzar el estadío R1, el desarrollo de las espigas en la parte superior del tallo supera a las espigas que se desarrollan en la parte inferior, en este estadío una hoja aparece cada 1 o 2 días y los estambres comienzan a crecer en las espigas superiores, en el estadío V17 el primordio de la espiga superior puede haber crecido lo suficiente para que sus puntas sean visibles de manera directa (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.7 Estadío V18 en adelante

Las raíces aéreas o nodales crecen ahora desde el primer o segundo nudo sobre la superficie del suelo, las mismas que ayudan a mantener la planta erecta.

1.4.8 Estadío VT (Aparecimiento de la panoja)

Se inicia cuando la última rama de la panoja está completamente visible y los estigmas aún no han emergido, este estadío comienza uno o dos días antes de la emergencia de los estigmas, en este punto la planta de maíz ha alcanzado su máxima altura e inicia la liberación del polen (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.9 Estadíos reproductivos de la planta del maíz

Los seis estadíos reproductivos se refieren al desarrollo del grano y de sus componentes, la descripción corresponde al inicio de cada estadío, también cabe señalar que los granos utilizados para describir el estadío son los de la mitad de la mazorca (Ritchie, 2002 y Acevedo, 2005).

1.4.10 Estadío R1 – Aparición de los estigmas

Comienza cuando algunos de los estigmas están visibles fuera de las envolturas, en este punto los óvulos o granos están completamente absorbidos en el marlo o tusa y su cara externa es de color blanco, el material interno del grano es claro y tiene poco fluido, el embrión o germen no es aun visible y en este estadío se produce la polinización (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.11 Estadío R2 – Ampolla o grano acuoso

En este estadío los granos son blancos por fuera y tienen forma de ampolla, el endospermo es ahora un abundante fluido color claro y se puede visualizar un diminuto embrión. En este punto el marlo o tusa ha alcanzado su tamaño máximo, los estigmas han terminado su función y toman un color oscuro (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.12 Estadío R3 – Grano lechoso

El grano en el estadío R3 tiene un color externo amarillo y el fluido interno es ahora lechoso debido a la acumulación de almidón, además el embrión está en crecimiento rápido y se puede observar fácilmente disectando los granos. La mayoría de los granos han sobresalido las estructuras que lo sujetan al marlo y los estigmas son de color marrón oscuro y comienzan a secarse (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.13 Estadío R4 – Grano pastoso

La continua acumulación de almidón en el endospermo hace que el fluido interior del grano que era lechoso se espese y alcance una consistencia pastosa debido a la acumulación de sólidos, en este estadío el embrión ya ha formado 4 hojas embrionarias. El color del marlo varía de rojo a rosa dependiendo de la variedad del caso (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

Asimismo a finales de este estadío los granos completan el crecimiento o llenado y comienzan a indentarse y a perder humedad (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.14 Estadío R5 – Indentación de los granos

Todos o casi todos los granos están dentados o indentándose y el marlo es de color rojo oscuro, los granos comienzan a secarse comenzando por la parte superior donde una pequeña y dura capa blanda de almidón está formándose. Esta capa de almidón aparece inmediatamente después de la indentación como una línea a través del grano cuando se lo mira desde el lado opuesto al embrión, con la madurez esta capa avanzara hacia la base del grano (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.4.15 Estadío R6–Madurez fisiológica

Este estadío se alcanza cuando todos los granos de la espiga han alcanzado su máximo peso seco, lo que es igual a la máxima acumulación de materia seca. La capa dura de almidón ha avanzado completamente hacia el marlo y se ha formado una capa negra o marrón oscura en la base del grano (Ritchie, 2002 y Toledo, 2014).

1.5 Requerimientos edafoclimáticos

1.5.1 Precipitaciones

Las estimaciones de las necesidades hídricas del maíz oscilan entre 500 y 600 mm, dependiendo de la fecha de siembra, las mismas que deben estar distribuidas a lo largo del ciclo productivo, la falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido el cultivo, puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento, Sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

Cerca de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de los estigmas, hasta dos semanas después de la emisión de éstos) el maíz es muy sensible al estrés hídrico y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

El maíz es muy sensible al aniego o encharcamiento, es decir a los suelos saturados y sobresaturados (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

1.5.2 Temperaturas

La temperatura óptima durante el ciclo vegetativo del maíz es de 25 a 30 °C, contando con un adecuado suministro de agua la máxima velocidad de crecimiento se alcanza con temperaturas diurnas de 28 a 30 °C, temperaturas inferiores a 10°C deterioran e inhiben la germinación (Fassio, 2013).

Los días soleados seguidos de noches frescas son los más beneficiosos para el crecimiento rápido del maíz. Si ocurren altas temperaturas nocturnas, las plantas consumen demasiada energía en la respiración celular y la cantidad total que se acumula en los granos es menor que en las noches frescas cuando la respiración es menos intensa (Fassio, 2013).

Temperaturas de 30 a 35 °C pueden reducir el rendimiento y disminuir el contenido de proteínas en el grano especialmente cuando falta el agua (Fassio, 2013).

1.5.3 Humedad

El cultivo de maíz exige niveles óptimos de humedad, dependiendo si se cultivan variedades precoces o tardías. Bajo condiciones de cultivo en seco y con variedades

adaptadas es posible obtener buenos rendimientos con 500 mm de lluvia bien distribuidos durante el ciclo vegetativo. En regiones con precipitaciones menores 400 mm, se cultivan variedades tradicionales con rendimientos inferiores (SEDAF, 1998).

1.5.4 Luminosidad

El maíz es una de las plantas que más responde a los efectos de la luz, depende de la luz solar intensa y prolongada para su mejor y más rápido desarrollo, si ocurren días muy nublados durante la polinización se produce una importante reducción del rendimiento en grano. Una disminución del 30 al 40% en la intensidad de la luz produce un retraso en la madurez fisiológica, las variedades tardías son más sensibles a la escases de luz (SEDAF, 1998).

Se ha observado que las variedades adaptadas a climas de días cortos al ser expuestas a días de 10 a 15 horas de luz retrasan su floración, por el contrario los días cortos inducen a su floración (SEDAF, 1998).

1.5.5 Suelos

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

La planta, en general, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio, con un pH superior a 8 tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc. Los síntomas del pH inadecuado en el campo, generalmente se asemejan a los problemas de deficiencia de micronutrientes (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

1.5.6 Riego

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día, el riego por aspersión es el más empleado en la producción de maíz (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

Las necesidades hídricas varían a lo largo del cultivo, cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero si mantener una humedad constante. En la fase de crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se necesita y se

recomienda unos 10 a 15 días antes de la floración (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

La fase de floración es el periodo más crítico de necesidad hídrica, porque de ello depende el cuajado y la cantidad de producción obtenida, por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permitan la eficaz polinización y cuajado, por último para en el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).

1.6. Requerimientos hídricos

Alonso (2005), en su artículo “necesidades de agua en el cultivo de maíz” nos muestra una determinación sobre las necesidades hídricas del maíz. El maíz es una planta con unas necesidades hídricas importantes durante todo su periodo vegetativo, unos 250 mm por cada Kg de materia seca producida o 500 a 600 mm por ciclo del cultivo, pero hay determinados momentos en los que la falta de humedad condiciona enormemente la producción.

1.6.1 Fases del maíz y sus requerimientos hídricos

Desde la germinación al estado de 5 o 6 hojas.- La planta se instala en el terreno de cultivo y comienza a desarrollar sus raíces. La parte aérea es aún muy frágil, las necesidades de agua son bastante bajas.

Desde el estado de 5 o 6 hojas al estado de 8 o 10 hojas.- La consistencia de la parte aérea aumenta, se alargan los nudos y entrenudos y las necesidades de agua aumentan progresivamente.

Del estado de 8 o 10 hojas hasta la floración,- En este periodo el ápice vegetativo sufre grandes transformaciones que van a afectar al rendimiento. En dos o tres días el ápice se transforma y algún tiempo después se forma la panoja, en ese momento el crecimiento radicular y aéreo es muy rápido. En la inflorescencia masculina se forma el polen y en la femenina los óvulos que una vez fecundados darán lugar al cariósido, por ello es este uno de los periodos más críticos del ciclo del maíz; si falta agua en los días anteriores a la salida de la panoja el rendimiento se ve muy afectado (Jara y Valenzuela, 1998 y Alonso 2005).

Para que haya una buena fecundación es necesario que las sedas tengan suficiente humedad y una temperatura no muy elevada, con lo que si falta agua en la floración y en los 10 días siguientes la producción se resentirá (Jara y Valenzuela, 1998 y Alonso, 2005).

Desde la fecundación a la cosecha: se distinguen dos subfases, en la primera el grano se llena de agua y sustancias de reserva y a continuación viene la desecación. Si en la primera de estas falta el agua, la producción baja considerablemente (Jara y Valenzuela, 1998 y Alonso, 2005).

1.7 Balance hídrico (IBH)

Es la dinámica de entrada y salida de los recursos hídricos en un sistema, para los cultivos se desarrolla un modelo de índice de balance hídrico, este modelo es un indicador del desarrollo del cultivo basado en la disponibilidad de agua durante el periodo de crecimiento. El IBH para una temporada de cultivo está basado en el abastecimiento y demanda de agua que el cultivo tiene durante el periodo. El IBH se calcula como la relación entre la evapotranspiración actual (ETA) y el requerimiento hídrico (RH) del cultivo para la temporada (Aguilar, 2005).

$$\text{IBH}=\text{ETA}/\text{RH}*100$$

El requerimiento hídrico del cultivo (RH), en cualquier etapa dentro del periodo de crecimiento es calculado al multiplicar la evapotranspiración potencial, con un coeficiente Kc obtenido de la FAO para cada cultivo (Aguilar, 2005).

$$\text{RH}=\text{ETP}*Kc$$

El valor de ETA, representa la cantidad real de agua extraída de la reserva del suelo, siempre y cuando el contenido de agua de suelo este por encima del nivel de reducción máximo permitido (RMP) basado en el tipo de cultivo, la ETA se mantendrá igual al RH, esto significa que no habrá estrés cuando causado por falta de agua. Pero cuando el nivel de agua este por debajo del RHP, la ETA será menor que el RH en proporción al contenido de agua restante del suelo (Aguilar, 2005).

1.8. Fertilización del maíz

El proceso de fertilización de maíz requiere planificación para lo cual es necesario en primer lugar realizar muestreo y análisis del suelo, de esta manera se puede hacer un diagnóstico de las características físicas y nutricionales del suelo, los mismos que en conjunto con la demanda de nutrientes por parte de la planta nos proporcionan un estimado de las necesidades nutricionales que necesita aplicarse para el cultivo (Melgar y Torres, 2009).

El maíz como toda gramínea, es altamente demandante de nitrógeno, por lo que es este nutriente uno de los principales a tener en cuenta en cualquier plan de fertilización dentro

de una nutrición balanceada. Para conseguir que la planta de maíz trabaje óptimamente, es necesario un aporte balanceado de nutrientes, los principales nutrientes considerados como esenciales para el maíz son: Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, zinc, hierro y manganeso (Bonilla, 2010).

1.8.1 Nitrógeno

El cultivo de maíz requiere un estimado de nitrógeno de 20 a 25 Kg por cada tonelada de grano producido (200 a 250 Kg/ha), la oferta del lote (nitrógeno del suelo más nitrógeno aplicado) debe satisfacer las necesidades para mantener el sistema de equilibrio nutricional, algunos ensayos indican que para maximizar la producción el aporte de nitrógeno del suelo debe ser de 140 a 150 Kg/ha, la demanda de nitrógeno se refiere al nitrógeno asimilable (nitratos más amonio), los cuales pueden estar presentes en el suelo y también pueden ser incorporados por medio de fertilizantes (Alvarado, 2002 y Gómez, 2002).

Las pérdidas de nitrógeno del suelo se contempla también como eficiencia de uso por parte de las plantas normalmente oscila entre un 50 a 70 % dependiendo del momento de la aplicación, el maíz comienza su rápida absorción a partir del estadio V6.

La principal fuente de Nitrógeno para las plantas es la materia orgánica del suelo, a partir de la cual se genera amonio y nitrato. El nitrato, una vez absorbido es reducido con gasto de energía proveniente de la fotosíntesis. El amonio no necesita ser reducido y es incorporado rápidamente a aminos y amidas dado que no puede ser almacenado porque es tóxico para la planta. Para cumplir las demandas necesarias, el nitrógeno aplicado mediante fertilizantes se presenta en su mayoría en forma de amonio y nitratos (Gómez, 2002 y Korsakov et al., 2008).

Función principal:

- Forma parte de proteínas, clorofila, alcaloides y enzimas responsables de la regulación y formación del material vegetal.
- Asociado al potasio para la formación de la parte vegetativa.
- Desarrollo de inflorescencias.
- Producción de mayor número de granos.

Signos de deficiencia; Hojas viejas y amarillento uniforme en toda la planta (Gómez, 2002 y Bonilla, 2010).

1.8.2 Fósforo

A diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno, al abordar la fertilización fosfatada en maíz hay que considerar que el funcionamiento del fósforo en el sistema suelo-planta es totalmente diferente al del nitrógeno. Desde el punto de vista del manejo nutricional, el principal aspecto a considerar es su baja movilidad en el suelo, lo hace principalmente por difusión, la presencia de retención específica de los fosfatos en las arcillas, cuya magnitud depende de la cantidad y mineralogía de esta fracción. Por otro lado el pH es un factor que impacta considerablemente sobre la disponibilidad de fósforo, la mayor disponibilidad ocurre con pH entre 5.5 y 6.5, mientras que valores fuera de este rango su concertación en la solución del suelo se reduce significativamente (Gómez, 2002).

Las consideraciones previas tienen implicancias muy relevantes en el manejo de la fertilización. Así, la baja movilidad del fósforo permite independizarnos del efecto del clima (lluvias) sobre la dinámica del nutriente en el suelo, siendo las pérdidas por lavado y escorrentía mínimas desde el punto de vista práctico, siempre y cuando no haya erosión hídrica. Esto determina que haya residuos del efecto de la fertilización, es decir parte del fósforo aplicado queda disponible para próximos cultivos de la rotación (Alvarado, 2002; Gómez, 2002 y Korsakov et al., 2008).

Función principal:

- El cultivo puede tomar más de 110 Kg/ha.
- Es esencial para el crecimiento vigoroso de las raíces y partes aéreas.
- Es necesario en el almacenamiento y transferencia de energía en la planta.
- Es inmóvil en el suelo y se mantiene donde se coloca.
- Ayuda a sobreponer los efectos de la compactación.

El suplemento adecuado incrementa la eficiencia del agua, aumenta la madurez y disminuye la humedad del grano en la cosecha (Gómez, 2002).

1.8.3 Potasio

El potasio está involucrado en el movimiento hídrico de la planta. Su rol más relevante lo cumple en todo proceso de traslado de azúcares fotosintetizados. A medida que la planta va fotosintetizando, acumula azúcares en las hojas, estos azúcares son los que la planta trasloca a los granos en el momento del llenado de los mismos. El potasio es

el responsable principal de este traslado. Las gramíneas y oleaginosas son altamente exigentes en este nutriente (Alvarado, 2002 y Gómez, 2002).

1.8.4 Calcio

Es uno de los nutrientes más importantes y tal vez al que menos atención se le presta por considerar a los suelos supuestamente bien abastecidos del mismo. Su rol principal está asociado a la síntesis de componentes de estructura de la planta en la forma de pectato de calcio. La demanda de este nutriente es lineal a lo largo de todo el ciclo de vida, puesto que la planta la utiliza durante la etapa de crecimiento radicular, durante la etapa de crecimiento vegetativo, durante la floración y finalmente durante la etapa de crecimiento del fruto. Es decir cumple un rol muy importante en todos los órganos en activo crecimiento, manifestándose más claramente durante la etapa del desarrollo inicial de raíces. Es fundamental en el balance hormonal, el calcio es conocido como el nutriente anti estrés, ante la deficiencia la planta altera su comportamiento hormonal, acelerándose los procesos de degradación de tejidos. Esto se traduce en menor duración del ciclo de cultivo (Gaspar y Tejerina, 2008).

1.8.5 Magnesio

Cumple tres roles importantes en la planta, en primer lugar es integrante de la clorofila, potenciando de esta manera la síntesis de azúcares; también interviene en el proceso de traslado de azúcares a los granos en forma similar al potasio aunque en un segundo plano de importancia, finalmente optimiza el aprovechamiento del fósforo dentro de la planta facilitando el desdoblamiento del ATP (fuente de fósforo) (Gaspar y Tejerina, 2008).

1.8.6 Azufre

Fundamental para el aprovechamiento del nitrógeno, una vez que el nitrógeno se acumuló como nitrato en las hojas, debe ser transformado en proteína. En ese proceso interviene una enzima llamada nitrato reductasa, en la que el azufre es uno de sus principales componentes, también forma parte de la síntesis de aminoácidos azufrados (cistina, cisteína y metionina) de algunas vitaminas (tiamina, biotina) y de la coenzima A, fundamental para la respiración (García, 2008).

1.8.7 Hierro

Directamente ligado a la fotosíntesis, participa en la síntesis de clorofila junto con el magnesio. Es fundamental para el aprovechamiento del nitrógeno, cumpliendo un rol

similar al azufre en este sentido, cómo también para el aprovechamiento interno del fósforo por parte de la planta (Sánchez, 2004).

1.8.8 Manganeso

Este nutriente junto con el zinc, es fundamental para las gramíneas. Es el primer nutriente que interviene en el proceso de la fotosíntesis, permitiendo el desdoblamiento de la molécula de agua encargada de liberar los electrones para que se desencadene el proceso, sin manganeso la fotosíntesis no se desencadena. Por otro lado tiene propiedades fungistáticas ya que a medida que la planta esté bien nutrida en este elemento, la tolerancia a las enfermedades fúngicas es mayor (Sánchez, 2004).

1.8.9 Zinc

Otro nutriente fundamental para las gramíneas, junto con el nitrógeno son los dos promotores del crecimiento en las plantas al promover también la síntesis de hormonas de crecimiento. Su carencia limita también el desarrollo radicular ya que son las raíces las promotoras de la floración, en la medida que falte este nutriente en la planta se verá perjudicada. Además tiene propiedades fungistáticas, potencia el cuaje de frutos y promueve la síntesis de proteínas (Alvarado, 2002; Gómez, 2002 y Sánchez, 2004).

1.8.10 Cobre

Fundamental para optimizar el transporte del agua dentro de la planta al potenciar la síntesis de lignina (rigidez de tejidos). En la medida que los tejidos se encuentren lignificados, las pérdidas de agua por transpiración serán menores. Al hacer los tejidos más fuertes por la síntesis de lignina, la planta se vuelve menos susceptible a las enfermedades. Junto con el manganeso y el zinc, tiene efectos fungistáticos al promover la síntesis de fitoalexinas, compuestos hormonales sintetizados en la misma planta que actúan contra los hongos (Bonilla, 2010).

1.8.11 Boro

Este nutriente cumple varios roles dentro de la planta entre los que podemos citar a los siguientes como los más importantes: junto con el calcio interviene en la síntesis de la pared celular dándole mayor rigidez a los tejidos; Junto con el potasio y el magnesio completa el trío de “carriers” de azúcares, es fundamental para el cuaje ya que favorece el crecimiento del tubo polínico en especial en aquellos granos que se encuentran en el extremo de las espigas (Bonilla, 2010 y Deras, 2012).

1.9 Principales insectos y enfermedades del maíz en el Ecuador

1.9.1 El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)



Figura 4.- Planta afectada por el gusano cogollero.

Fuente: Terrazas (2012)

Es una de las principales plagas del cultivo de maíz que año a año se presenta afectando los cultivos. El cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas, una vez que la larva alcanza cierto desarrollo empieza a comer follaje perfectamente en el cogollo que al desplegarse las hojas muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas comidas. En esta fase es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín (Polania y Arévalo, 2007 y Chango, 2012).

1.9.2 Orugas cortadoras (*Lepidóptera: Noctuidae*)

Las orugas cortadoras tienen un gran potencial de daño en el maíz, durante la etapa de emergencia debido a que el hábito de corte de plantas contiguas en la misma hilera limita significativamente la capacidad de compensación de las plantas (García, 2007).

1.9.3 Barrenador de la caña (*Diatraea saccharalis*)



Figura 5.- Larva del barrenador del tallo.

Fuente: Flores (2010)

Plaga importante del maíz y sorgo, el barrenador del maíz tiene un alto potencial de disminución de rendimiento del 10-20 % por daño fisiológico, a lo cual deben sumarse las eventuales pérdidas por caída de plantas y espigas en híbridos convencionales.

Las larvas de *Diatraea* pueden completar su desarrollo en 25 a 35 días y luego de dos semanas emerge el adulto para reiniciar el ciclo. Las larvas de la segunda generación, luego del nacimiento, se introducen en las axilas de las hojas afectando los meristemos de crecimiento, así como también en la base de las espigas. Esta generación suele ser la que mayor daño produce en función del estado fenológico del cultivo (García, 2007).

1.9.4 Oruga de la espiga (*Heliothis zea*, *Helicoverpa zea*)



Figura 6.- Oruga de la espiga del maíz.

Fuente: Gastón (2013)

Luego del nacimiento en los estigmas o “pelo del choclo”, las larvas de *Heliothis sp* penetran rápidamente en la parte superior de la espiga, escapando no sólo de la acción de parásitos y predadores sino también de los insecticidas que se utilizan para su control. Esta especie es de origen subtropical por lo cual las larvas y pupas invernantes no toleran los fríos del invierno (García, 2007).

1.9.5 Barrenador menor del maíz (*Elasmopalpus lignosellus*.)



Figura 7.- Barrenador menor del tallo de maíz.

Fuente: Flores (2010)

El barrenador menor es una oruga de tamaño entre (1,5 - 1,8 cm), delgada, marrón, con bandas transversales claras, de movimientos muy activos cuando se la molesta. Los adultos machos presentan color claro en las alas anteriores mientras que las hembras son oscuras. Los adultos hembras colocan sus huevos (100-200) en la base de los tallos de plantas jóvenes. Las pequeñas larvas efectúan galerías externas al comienzo del ataque, pero luego penetran en el interior del tallo, lo que debilita la planta y le ocasiona luego la muerte. *Elasmopalpus* puede completar su etapa de larva en 15 días con 28° C de temperatura media diaria y tolera muy bien las altas temperaturas del suelo durante las horas de mayor exposición al sol. Desde la perforación de entrada a la planta la larva construye un tubo de seda en profundidad al cual se adhieren partículas de suelo. Las larvas se transforman en pupas en el túnel de seda para emerger como adulto luego de una a dos semanas dependiendo de la temperatura del suelo (García, 2007).

1.9.6. Enfermedades del maíz

En la siguiente tabla describimos a las principales enfermedades que afectan a las plantaciones de maíz de nuestro país (Tabla 2).

Tabla 2.- Principales enfermedades del maíz en el Ecuador.

Nombre Común	Nombre científico	Sintomatología	Condiciones para su presencia
Curvularia	<i>Curvularia lunata</i>	Esta enfermedad es causada por hongos que producen pequeñas manchas cloróticas o necróticas con halo de color amarillo.	Áreas maiceras cálidas húmedas .
Roya	<i>Puccinia polysora</i>	Enfermedad caracterizada por presentar pústulas pequeñas de color claro y circular, que se pueden encontrar en ambas caras de la hoja. A veces las pústulas se tornan a color caféoscuro a medida que la planta se acerca a la madurez.	Regiones cálidas húmedas o secas.
Tizón	<i>Bipolaris maydis</i>	Quemadura en las hojas de forma romboidal, a medida que maduran se alargan, pero el crecimiento se ve	Alta temperaturas y ambientes secos y/o húmedos.

		limitado por las nervaduras adyacentes. Las lesiones pueden fusionarse llegando a producir la quemadura completa de un área foliar.	
Mancha de asfalto	<i>Phylachora maydis</i> <i>Monographella maydis</i>	En las hojas se presentan manchas brillantes ligeramente abultadas, oscuras que se semejan al salpicado de gotas de asfalto.	Alta humedad
Tizón	<i>Exerohilum turcicum</i>	Enfermedad caracterizada por la presencia de manchas ovales pequeñas, que posteriormente se transforman en zonas necróticas alargadas y ahusadas.	Alta humedad
Cinta roja	<i>Spiroplasma kunkellii</i> MBS	Enanismo de la planta enrojecimiento de borde y ápices de las hojas.	Enfermedad relacionada con la presencia de chicharritas (<i>cicadélidos</i>).

Fuente: Cabascango (2011)

1.10 Variedades de maíz

Tabla 3: Variedades de maíz cultivadas a nivel mundial.

Tipos de maíz	Área sembrada (millones de ha)
Amarillo duro	20
Blanco duro	12,5
Blanco dentado	19
Amarillo dentado	9,5
Harinoso y Morocho	0,6
Reventón, Dulce y Ceroso	No hay datos

Fuente: Paliwal (2011)

El maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano, la textura, la composición y la apariencia, puede ser clasificado en distintos tipos según la constitución del endospermo y del grano, el color del grano, el ambiente en que es cultivado, la madurez y su uso (Paliwal, 2011).

Económicamente los tipos más importantes de maíz cultivados para grano, forraje y ensilaje están dentro de las tres categorías más importantes: maíz duro, dentado y harinoso. Los tipos de maíz de menor importancia comparativa como aquellos usados como alimento o forraje, pero con un importante valor económico agregado son: maíz reventón cultivado por sus granos para preparar bocadillos, tipos de maíz dulce cultivados para consumir las mazorcas verdes y tipos de maíz ceroso (Jácome, 2007; Paliwal, 2011 y Sánchez, 2011).

1.11 Producción de maíz en el Ecuador

En el Ecuador hay una gran variedad de razas de maíz, adaptadas a distintas altitudes, tipos de suelos y ecosistemas. De acuerdo a una clasificación oficial existen 25 variedades de maíz ecuatoriano. El 18% de las colecciones de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) proviene del Ecuador, lo que ha llevado al Ecuador a obtener un tercer lugar como uno de los países de mayores variedades de maíz. Según las normas del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2012) en el Ecuador se producen anualmente un promedio de 717.940 toneladas de maíz duro seco y 43.284 toneladas de maíz suave choclo, indicando que el maíz duro seco tiene una producción altamente polarizada en la Costa y en el caso del maíz suave es altamente polarizado en la sierra. Analizando la cadena alimentaria del maíz duro seco y del maíz suave choclo se puede mostrar que el maíz representa uno de los más importantes alimentos en el Ecuador para salvaguardar la seguridad alimentaria de aquellos que lo consumen. Es así como Espinel (2012) establece que: Ecuador ya será autosuficiente en la producción del maíz en el año 2014, por su gran incremento de la producción del maíz a nivel nacional por la existencia de un cambio radical en la producción de maíz amarillo en los campos, en 1999 una ha de cultivo producía 1,5 toneladas por cosecha. En 2009 subió a 3 toneladas y en este año (2012), el promedio está entre 4,5 y 7,5 toneladas, gracias a los procedimientos y a la aplicación de nuevas tecnologías implementadas por el gobierno. De esta manera se puede establecer que el Ecuador está aprovechando al máximo los recursos agrícolas propios de cada región y así la producción de maíz ha crecido considerablemente en los últimos 5 años (Reyes et al., 2004 e INEC, 2012).

1.11.1 Destino de la producción del maíz en el Ecuador

De la producción nacional de maíz, la avicultura consume el 57%, la exportación a Colombia 25%, alimentos balanceados para otros animales 6%, industrias de consumo humano 4% y el resto sirve para el autoconsumo y semilla. Además Ecuador tiene la

capacidad de exportar subproductos del maíz, tales como el grits y la sémola. Estos productos son utilizados para elaborar polenta, arepas y snacks (Reyes et al., 2004).

1.11.2 Superficie cultivada de maíz dividida en regiones

Tabla 4.-Área sembrada de maíz en el Ecuador.

Regiones	Maíz duro choclo(ha)	Maíz duro seco (ha)	Maíz suave choclo (ha)	Maíz suave Seco (ha)
Total nacional	18.397	237.170	40.910	146.848
Región sierra	1.093	43.853	40.825	145.925
Región costa	17.176	184.359	60	910
Resto del país	128	8.958	25	13

Fuente: INEC (2012)

1.11.3 Híbrido Dekalb 7088

Este híbrido simple fue desarrollado para clima tropical por “Monsanto”, su adaptación ha sido comprobada a las condiciones del litoral ecuatoriano, es producido en Brasil y distribuido en el Ecuador por Ecuaquímica. Bajo condiciones adecuadas de nutrición clima y manejo puede llegar a producir hasta 12,72 T/ha, además tiene tolerancia a enfermedades como: *helminthosporium* (*Helminthosporium maydis*), mancha de asfalto (*Phyllachora Maydis*), cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*) y roya (*Puccinia polysora*) (Dekalb, 2013).

Características agronómicas

Tabla 5.- Características agronómicas del híbrido de maíz Dekalb 7088.

Características agronómicas, Dekalb 7088	
Días a floración	54
Días a cosecha	135
Altura de la planta	2,32
Altura de inserción de mazorca	1,45
Cobertura a mazorca	Buena
Helminthosporium	Tolerante
Cinta roja	Muy tolerante
Mancha de asfalto	Tolerante
Pudrición de asfalto	Muy tolerante
Número de hileras por mazorca	16 – 20
Color del grano	Amarillo anaranjado
Textura del grano	Cristalino

Fuente: Ecuaquímica (2013)

1.11.4 Híbrido INIAP-H-601

Es un híbrido simple para condiciones de ladera del trópico seco ecuatoriano, generado mediante el cruzamiento de la línea S4 LP3a como progenitor femenino y la línea S6 L14 como progenitor masculino, introducido en el Centro Internacional de Mejoramiento del maíz y trigo.

La capacidad productiva del INIAP–H-601 es superior a la de algunos híbridos comerciales actualmente sembrados por los agricultores, el rendimiento promedio de este híbrido bajo condiciones de ladera en varias localidades de Manabí durante la época de lluvias de los años 2001 y 2002 fue de 5.472 Kg/ha. En terrenos planos con riego, durante la época seca del año 2002 este híbrido presentó un rendimiento de 7.381 Kg/ha superado varios híbridos comerciales (Reyes et al., 2004).

Tabla 6.- Características agronómicas del híbrido INIAP–H–601.

INIAP–H-601	
Tipo de híbrido	Simple
Altura de la planta	232 cm
Altura de la mazorca	118 cm
Floración masculina	52 días
Floración femenina	55 días
Ciclo vegetativo	120 días
Mazorca	Cónica – cilíndrica
Longitud mazorca	19 cm
Diámetro de la mazorca	5 cm
Color del grano	Amarillo
Textura del grano	Cristalino
Peso de 1000 semillas	412 g

Fuente: Reyes et al (2004)

1.12. Generalidades del Diviner 2000

El Diviner 2000 es un sistema de medición de humedad en el suelo, robusto y portátil que registra la humedad a distintas profundidades de la zona radical del cultivo (Sentek, 2003).

El Diviner 2000 consiste en una sonda y una unidad visual que permite al agricultor medir el grado de humedad en el suelo y tomar decisiones respecto al riego, de manera inmediata en 99 sitios distintos a la vez. Este equipo incorpora la tecnología vanguardista de EnviroSCAN (Sentek, 2003).

La sonda portátil mide el contenido de humedad en el suelo a cada intervalo uniforme de 10 cm a través del perfil del suelo. Los indicadores se leen a través de la pared de un tubo de acceso con graduaciones, hecho de PVC. Los datos se recogen mediante una red de tubos de acceso instalados en sitios seleccionados.

No hay necesidad de parar, pausar, ni de mantener la sonda a cierta profundidad mientras que se realiza la lectura de los indicadores. En una sola acción de barrido el Diviner 2000 registra los datos de todos los horizontes en un perfil del suelo dado hasta la profundidad donde llegue la sonda, es decir: 0,7 m, 1 m, o 1,6 m (Sentek, 2003).

Cada lectura es la representación del contenido de humedad en el suelo, a una profundidad específica en un perfil dado. Cuanto más frecuentes se hacen las lecturas más completa es el conjunto de datos del contenido de la humedad del suelo.

1.12.1. Flexibilidad de su uso

La flexibilidad de distintas opciones de visualización significa que la información respecto al control de agua puede ser observada en situ por medio de la pantalla LCD, grande e iluminada de la unidad visualizadora. Los datos tomados pueden ser descargados en una computadora para realizar un análisis más profundo con el programa de EnviroSCAN para Windows. Esto le brinda al productor agrícola una amplia variedad de opciones, desde la toma de decisiones instantáneas y precisas in-situ al uso del mejor software disponible para la administración del riego. El software representa gráficamente el estado de humedad en el suelo lo que permite tomar decisiones precisas y oportunas respecto a la cantidad y el lugar donde debe regar para lograr la máxima producción y calidad.

1.12.2 Usos

La unidad de visualización Diviner 2000, combinada con la sonda, los tubos de acceso instalados y las Utilidades del software del Diviner 2000 le proporcionarán datos significativos acerca de:

- La humedad del suelo y del uso diario del agua por el cultivo.
- De la pauta de extracción de las diferentes capas de un perfil del suelo de la profundidad y distribución de la zona radical.
- De la profundidad, distribución y eficacia del frente húmedo posterior a un evento de irrigación o precipitación pluvial.
- De cambios en la textura y/o estructura del suelo.
- Del uso del agua por cultivo, en cultivos bajo estrés y/o sin estrés.

- La línea de estrés: el momento en que los cultivos comienzan a sufrir por falta de agua.

Los cambios en la utilización de agua por cultivo por ejemplo, los efectos de diferentes cultivos, variedades, edades, tamaño de la copa, carga de fruta, la eficacia de los sistemas de riego, tipos de suelo, topografía, incidencia de enfermedades, prácticas administrativas, cambios en la salinidad del suelo, problemas estructurales del suelo, condiciones climáticas y muchos otros factores.

1.12.3 Beneficios de su uso

- Mejora la producción y la calidad de sus cultivos con decisiones fundamentadas en plena información respecto al riego.
- Optimización del uso de agua, fertilizante y energía.
- Uso de avanzada y comprobada tecnología utilizada en más de 100 tipos de cultivos en todas partes del mundo.
- Ahorra tiempo y personal para el análisis de contenido de humedad del suelo.

1.12.4 Cuidado del equipo

- Mantener todo el equipo limpio y seco.
- Guardar el equipo en las cajas de protección cuando no esté en uso o durante el transporte.
- Embalar al equipo de manera apropiada cuando se lo transporte al lugar de utilización (Sentek, 2003).

CAPÍTULO 2
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del ensayo

El ensayo se desarrolló en el cantón Pindal, el área de investigación se encuentra ubicada en el kilómetro dos de la vía Pindal – Zapotillo, sector Pindal Bajo, perteneciente a la provincia de Loja.

La cabecera cantonal de Pindal está situada a una altitud de 780 msnm, ubicada en la latitud 4° 5' S y longitud 79° 56' O, con una temperatura promedio de 22 °C y la precipitación anual es de 1.035 mm (Aguilera, 2013).

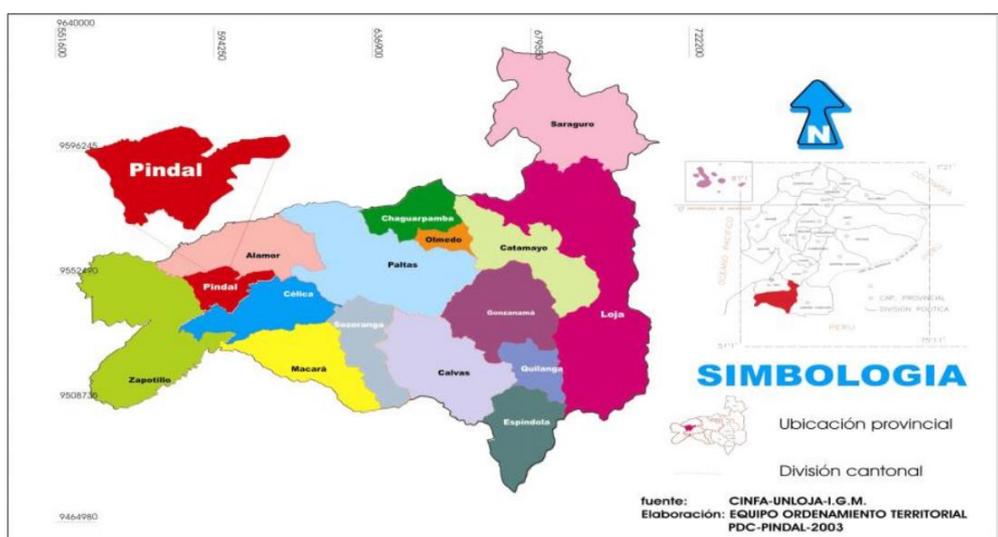


Figura 8. Ubicación del cantón Pindal en la provincia de Loja.

Fuente: CINFA-UNL-I.G.M (2003)

2.2 Materiales.

- Semilla de maíz híbrido INIAP-H-601.
- Semilla de maíz híbrido Dekalb 7088.
- Rollos de piola.
- Cinta métrica.
- Baldes plásticos.
- Regla de 30 cm.
- Espeques (tola).
- Balanza.
- Estacas (latillas o latas).
- Botellas plásticas.
- Cámara fotográfica.
- Lápiz y esferográficos.
- Libro de campo y fichas de campo.

- Ovillos de hilo de colores.
- Calculadora.

Insumos

- Curador de semilla pontiak de ECUAQUÍMICA.
- Herbicida: Ranger y Pendimentali.
- Insecticida: Puñete y Netomil.
- Fertilizantes:
 - Sulfato di magnésico.
 - Di fosfato di amónico.
 - Sulfato de zinc.
 - Urea.
 - Muriato de potasio.
 - Sulfato de amonio.

Equipos

- Diviner 2000.
- Calibrador digital.
- Computadora.

2.3 Métodos

Para el desarrollo de este proyecto se sembró 18 bloques de maíz duro de cinco metros de ancho por seis metros de largo, en sentido horizontal para que todos estén ubicados a la misma altitud, los cuales se dividieron en: 9 bloques del híbrido INIAP–H–601 y 9 bloques del híbrido Dekalb 7088, compuestas por dos combinaciones de fertilizantes y un testigo, en tres repeticiones.

Se determinó las diferencias fenológicas, fenométricas y del índice de balance hídrico entre las dos combinaciones de fertilizante más el testigo, aplicadas a los híbridos de maíz anteriormente descritos, indicando que no se determinó diferencias entre los híbridos, puesto que genéticamente son muy distintos.

Semanalmente se realizó un levantamiento de información fenométrica (altura de la planta, número de hojas verdes, ancho del tallo, diámetro de la mazorca y longitud de la mazorca), en la parte fenológica se contabilizó los días hasta la emergencia, floración, llenado del grano y cosecha.

Los bloques tuvieron un manejo técnico, con labores culturales y control de insectos. La fertilización se aplicó en tres ocasiones durante el estado vegetativo de la planta de

acuerdo a cada uno de los tratamientos, los cuales son: fertilización completa (FC), fertilización del agricultor (FA) y el testigo (T). Las dosificaciones del fertilizante para cada tratamiento están basadas en el análisis de suelo realizado por el INIAP, (Ver resultados del análisis de suelo en el anexo 1).

Además en un bloque de cada tratamiento, se introdujo un tubo de policarbonato de 50 cm de longitud para el ingreso de la sonda Diviner 2000 al interior del suelo a fin de determinar la humedad del suelo en cada uno de los tratamientos.

2.4. Diseño experimental

2.4.1. Factores de estudio

Tabla 7.- Esquema de la división y codificación de los tratamientos.

TRATAMINETOS	
Codificación	Identificación
1	(V1FA)
2	(V1FC)
3	(V1T)
4	(V2FA)
5	(V2FC)
6	(V2T)
V1 = Híbrido 1 (INIAP-H-601). V2 = Híbrido 2 (DEKALB 7088). FA = Fertilización del agricultor. FC = Fertilización completa. T = Testigo.	

Fuente: El Autor.

- 1.- (V1FC)= Híbrido INIAP-H-601, Tratamiento con fertilización completa o FC.
- 2.- (V1FA)= Híbrido INIAP-H-601, Tratamiento con fertilización del agricultor o FA.
- 3.- (V1T)= Híbrido INIAP-H-601, Testigo sin fertilizante o T.
- 4.- (V2FC)= Híbrido Dekalb 7088, Tratamiento con fertilización completa o FC.
- 5.- (V2FA) =Híbrido Dekalb 7088, Tratamiento con fertilización local o FA.
- 6.- (V2T)= Híbrido Dekalb 7088, Testigo sin fertilizante o T.

2.5. Tratamientos



Figura 9. Fotografía del ensayo tres semanas después de la siembra.

Fuente: El Autor.

Los tratamientos utilizados son dos combinaciones de fertilizante mineral y un testigo, aplicados a dos híbridos tal como se lo muestra en la Tabla 1, cada tratamiento con tres repeticiones (Tabla 8).

Tabla 8. Tratamientos con sus respectivas repeticiones.

TRATAMIENTOS		
Repetición I	Repetición II	Repetición III
(V1T)	(V1T)	(V1T)
(V1FA)	(V1FA)	(V1FA)
(V1FC)	(V1FC)	(V1FC)
(V2T)	(V2T)	(V2T)
(V2FA)	(V2FA)	(V2FA)
(V2FC)	(V2FC)	(V2FC)

Fuente: El Autor.

2.6. Tipo de diseño

2.6.1. Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado es de Bloques completos al azar como se lo muestra en la siguiente Figura 10. Para encontrar diferencias significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos se realizaron ANOVAS de una vía con pruebas de Tukey y subconjuntos homogéneos. El análisis se realizó con el programa estadístico SPSS 17.0.

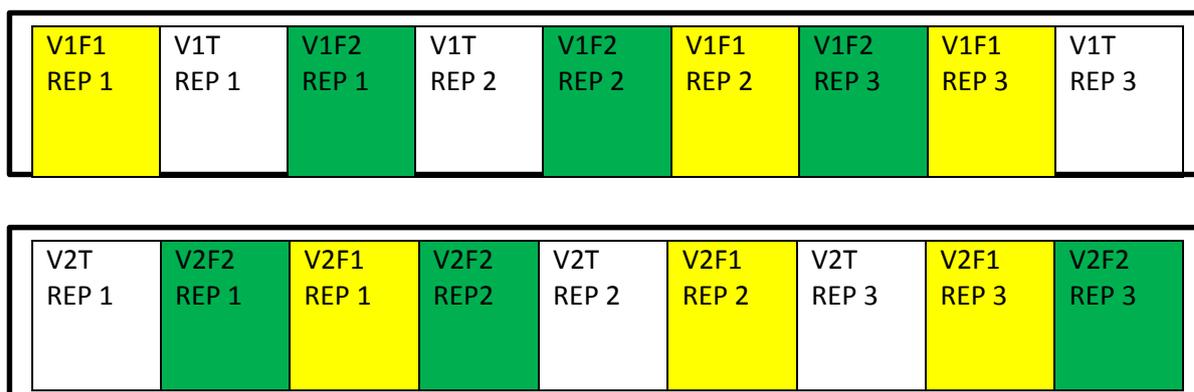


Figura 10. Distribución al azar parcelas, en el presente ensayo.

Fuente: El Autor.

2.7. Fase agroclimática

2.7.1. Fenología del cultivo

Para determinar las etapas fenológicas y las condiciones climáticas, se determinó las siguientes variables:

- Genética de la planta.
- Número de días transcurridos hasta cada cambio de etapa.

El levantamiento de datos fenológicos se realizó cada semana de manera periódica de acuerdo a la metodología de Andrew Hopkins (Ley Bioclimática, citada por Ojopi (2003)), en la cual recomienda las observaciones fenológicas en lugar de las observaciones meteorológicas, ya que las observaciones fenológicas muestran la reacción del microclima del suelo y los factores edáficos en la vida de las plantas, los resultados que se obtienen con este método ningún otro lo puede hacer.

2.7.2. Fenometría de las plantas

Se realizó el registro de datos fenométricos cada siete días, las plantas fueron elegidas al azar, las estructuras de la planta se midieron con la ayuda de la cinta métrica o calibrador dependiendo de la estructura de la planta a medir.

2.7.3. Modelo de índice de balance hídrico (IBH)

Es el equilibrio entre los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado, para determinar el índice de balance hídrico en los cultivos se ha desarrollado un modelo el cual es un indicador del desarrollo del cultivo basado en la disponibilidad de agua durante el período de crecimiento. El IBH para una temporada de cultivo está fundamentado en el abastecimiento y demanda de agua que el cultivo presenta durante el ciclo de vida, el IBH se calcula como la relación entre la Evapotranspiración actual (ETA) y el requerimiento hídrico (RH) del cultivo para la temporada.

En nuestro ensayo mediante el cálculo del índice de balance hídrico se determinó la humedad total retenida en cada etapa fenológica de los híbridos, para el cálculo del IBH nos basamos en un lineamiento planteado por los dirigentes del INAMHI, encargados del proyecto, el mismo que está establecido de acuerdo al método de Thornthwaite (Ruiz, 2012).

Tabla 9: Formato establecido para calcular la humedad total retenida.

Fecha:
ETP
Precipitación (P)
(P-ETP)
Sum (P-ETP)
Almacenaje (humedad establecida con el Diviner 2000)
Variación de almacenamiento (almacenaje de la fecha – almacenaje del día anterior)
Evapotranspiración real
Déficit de agua (Etp + Etr)
Exceso de agua (P-ETP-Var)
Escurrimiento total (50% del escurrimiento total)
Humedad total retenida (almacenaje + escurrimiento)

Fuente: El Autor.

La Evapotranspiración potencial (ETP) se obtuvo de la información agroclimática recopilada en la Estación meteorológica Zapotillo (Ver anexo 9), la cual es la más cercana existente al lugar del ensayo.

Además con el equipo Diviner 2000 (Figura 11), se midió la humedad del suelo dividiendo al perfil del suelo por cada diez centímetros.



Figura 11. Equipo Diviner 2000 utilizado en la investigación.

Fuente: El Autor.

Cabe señalar que el requerimiento hídrico (RH) del cultivo del maíz en grano seco es de 336,11 mm, en la localidad de Quevedo, aunque en el sector de nuestro ensayo no se han presentado resultados sobre este tema (Vascones, 2010).

2.8. Variables del estudio

2.8.1. Altura de la planta



Figura 12. Medición de la altura del maíz.

Fuente: El Autor.

Se registró la altura de la planta (Figura 13) periódicamente cada semana después de la emergencia, para tal efecto elegimos cinco plantas al azar de la parcela neta y utilizando una cinta métrica se midió desde el cuello de la planta hasta la inserción “v” que forma la planta de maíz. Los resultados se presentaron en promedios por tratamiento.

2.8.2. Número de hojas



Figura 13. Planta de maíz con 6 hojas desarrolladas.

Fuente: El Autor.

Se registró el número de hojas completamente desarrolladas periódicamente cada siete días desde la emergencia hasta la presencia de la flor masculina, etapa en la cual termina el desarrollo foliar, para lo cual se escogió a las mismas plantas que se tomó la altura. Los resultados se presentaron en promedios por cada tratamiento.

2.8.3. Diámetro del tallo



Figura 14. Medición del diámetro del tallo de una planta de maíz.

Fuente: El Autor.

Se registró el diámetro del tallo (Figura 14) periódicamente cada semana, desde la emergencia hasta la cosecha, para tal efecto se tomó las mismas plantas de la variable anterior y utilizando un calibrador digital, se midió a la altura a los 2/3 de la planta. Los resultados se expresaron en promedios por cada tratamiento.

2.8.4. Longitud y diámetros de las mazorcas

Se registró el diámetro y longitud de siete de mazorcas, utilizando un calibrador digital, se midió tanto largo y ancho de la mazorca, previamente retirando las envolturas. Los resultados se presentan en promedio por tratamiento.

2.8.5. Número de días a la cosecha

Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha los resultados están expresados en número de días promedio a la cosecha por tratamiento.

2.8.6. Peso promedio de la mazorca

Se pesó las mazorcas de siete plantas de cada tratamiento, el resultado se expresó en peso de las mazorcas por planta, luego se desgrano las mazorcas para obtener el peso neto por planta y finalmente se hizo una proyección a Kg/ha.

Cabe señalar que se calculó el peso de mazorcas por planta, con la finalidad de examinar el tratamiento que contenga plantas con mayor producción.

2.8.7. Rendimiento

Se pesaron 200 semillas o granos de maíces fisiológicamente maduros y secos, de cada una de las parcelas.

2.9. Manejo específico del ensayo

2.9.1. Siembra

El inicio del ensayo se dio con la ubicación y división de los bloques (6m x 5m) para posteriormente proceder a sembrar, lo cual se realizó los días 21 y 22 de enero de 2014, la siembra se realizó de manera manual con la ayuda de espeques o tola para realizar el hoyado y baldes para contener la semilla a sembrar, la densidad de siembra es de 40 cm entre planta y de 80 cm entre hilera o surco estableciendo 6 hileras por cada bloque y la cantidad de granos sembrados por golpe (por hoyo) es de tres, dos, tres, dos, así consecutivamente.

2.9.2. Curado de la semilla



Figura 15. Semilla de maíz utilizada para la investigación.

Fuente: El Autor.

La semilla sembrada previamente fue curada con Thiamethoxam, que es el principio activo del curador de semillas “Pontik”, el mismo que evita que la semilla después de ser sembrada sea devorada por insectos del suelo o roedores.

2.9.3. Manejo

2.9.3.1. Labores culturales

En el caso del cultivo de maíz duro en clima tropical la labor cultural más necesaria es la eliminación de malezas, esta actividad se la realizó de manera general en dos ocasiones durante todo el ciclo de cultivo.

La primera se realizó posteriormente a la siembra el día 22 de enero del 2014, la cual fue mediante la aplicación de herbicidas químicos “Ranger: un herbicida no selectivo a base de Glifosato y DK-PROHL: un herbicida pre emergente selectivo y sistémico a base de Pendimethalin”; en dosificación de 300 cc de cada uno en 20 litros de agua (Drokasa, 2012).

La segunda eliminación de malezas se realizó el día 13 de marzo del 2014, a 58 días después de la siembra, en esta ocasión se realizó la eliminación de malezas mediante el uso de una moto guadaña.

2.9.3.2. Control de insectos

Esta actividad se realizó en tres ocasiones durante este ensayo, en el mismo que se utilizó distintos tipos de productos químicos para el control de insectos como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el cual se presentó en mayor número en el cultivo.

El primer control de insectos se realizó el día 28 de enero del 2014, una semana después de la siembra, en esta ocasión se utilizó un producto distribuido por la empresa “Ecuaquímica” denominado “Puñete” (principio activo clorpirifos), el cual tiene acción sobre insectos chupadores y barrenadores que se encuentran en el suelo y pueden afectar a la planta de maíz, la concentración que se utilizó en este producto fue de 100cc/20 litros de agua y se aplicó mediante aplicación con bomba manual.

El segundo control de plagas que se realizó fue el día 20 de febrero del 2014, 33 días después de la siembra, en esta ocasión fue con la finalidad de controlar el gusano cogollero específicamente, para lo cual se utilizó un producto químico llamado “Methomyl” (principio activo S-metil-N-[(metilcarbamoil)oxi] tioacetamidato) el mismo que tiene una acción insecticida, la concentración en la que se aplicó fue de 30gr/20 litros de agua y se aplicó mediante aplicación con bomba manual.

El tercer control de plagas se realizó el día 18 de marzo del 2014, 61 días después de la siembra, esta vez se realizó la aplicación de un cebo insecticida específicamente contra el gusano cogollero, se aplicó de manera manual a cada una de las plantas que estaban afectadas, el cebo fue compuesto por: 30gr de Methomyl disueltos en 2 litros de agua y esto se mezcló con 100 libras de arena muy fina, luego esta arena se recogió en botellas plásticas de 2 litros para tener facilidad de aplicar una cantidad similar a medio puñado de arena en el cogollo de cada una de las plantas afectadas.



Figura16. Bomba manual utilizada para el control de malezas e insectos.

Fuente: El Autor.

2.9.4. Fertilización

La fertilización se formuló basándose en los análisis de suelos (Ver anexo 1) realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se aplicó de manera manual directa en el contorno de las plantas.



Figura 17. Arriba, Fertilizantes utilizados en la investigación. Abajo, Bloques del ensayo luego de ser fertilizados.

Fuente: El Autor.

Para tener una equilibrada distribución del fertilizante en todas las plantas de la parcela, se dividió la cantidad a aplicar en toda la parcela para el número de hileras presentes en la misma (6 hileras por cada bloque), el resultado de esta división se recogió en recipientes para luego aplicar esta determinada cantidad a cada una de las hileras de un determinado bloque.

La fertilización se realizó mediante la aplicación de distintas combinaciones de fertilizantes en tres fechas diferentes:

2.9.4.1 Composición de la Fertilización 1

Se aplicó el día 28 de enero del 2014, una semana después de la siembra.

Tabla 10.- Fertilizantes utilizados en la primera aplicación en el ensayo.

Fertilización completa o FC	Fertilización del agricultor FA
32 gr de difosfato diamónico/hilera 32,9 gr de sulfato dimagnésico/hilera 14,7 gr e sulfato de zinc/hilera	32,9 gr de sulfato dimagnésico/hileras

Fuente: El Autor.

2.9.4.2. Fertilización 2

Se aplicó el día 06 de febrero del 2014, 16 días después de la siembra.

Tabla 11.- Fertilizantes utilizados en la segunda aplicación al ensayo.

Fertilización completa o FC	Fertilización del agricultor FA
40 gr de urea/hilera 32 gr de Mureato de potasio/hilera 32,9 gr de Sulfato de magnesio/hilera	42 gr de urea/hilera

Fuente: El Autor.

2.9.4.3 Fertilización 3

Se aplicó el día 20 de febrero del 2014, a 33 días después de la siembra.

Tabla 12.- Fertilizantes utilizados en la tercera aplicación al ensayo.

Fertilización completa o FC	Fertilización del agricultor FA
42 gr de urea/hilera 10,24 gr de sulfato di-amónico/hilera	42,9 gr de urea/hilera

Fuente: El Autor.

2.10. Cosecha

Cuando los dos híbridos de maíz habían alcanzado la madurez fisiológica se procedió a la cosecha, aunque algunos ejemplares especialmente del híbrido INIAP-H-601 habían alcanzado la madurez fisiológica unos pocos días antes.

La cosecha consistió en tomar todas las mazorcas o espigas de siete plantas elegidas al azar, luego de esto se procedió a eliminar la envoltura o chala para que sean pesadas, las mazorcas correspondientes a cada en bloque particular y así cada uno de los 18 bloques.

Siguiente a la cosecha se ha procedido a secar las mazorcas exponiéndolas al sol hasta que alcancen la humedad requerida para nuevamente ser pesadas y de esta manera calcular el rendimiento.

CAPÍTULO 3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis fenológico

3.1.1 Fenología del híbrido INIAP-H-601

La Figura 18 muestra los resultados del análisis fenológico del híbrido INIAP-H-601 con los tratamientos: Testigo (V1T), fertilización similar al agricultor (V1FA) y fertilización completa (V1FC). (Ver anexo 3).

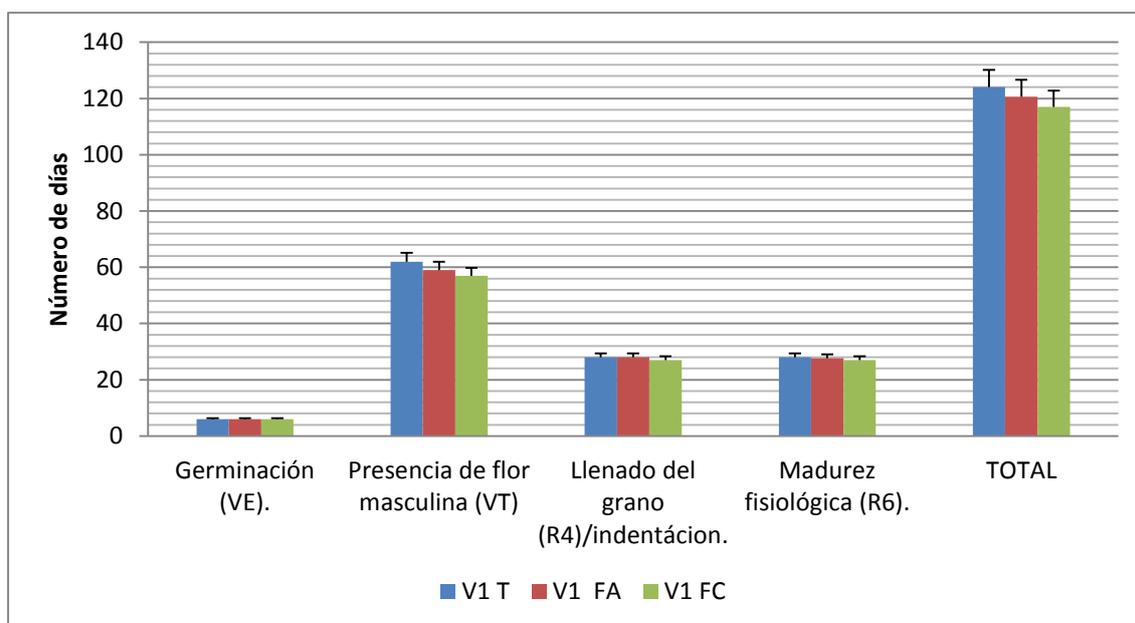


Figura 18. Promedios fenológicos del híbrido INIAP-H-601.

Fuente: El Autor.

a.- Etapa de germinación (VE)

Entre los tratamientos estudiados podemos resumir que la etapa de germinación no tiene diferencias en su tiempo de duración, ya que el promedio de cada uno de los tratamientos es de seis días. En esta etapa (Figura 18) no se aprecia diferencia estadística significativa, la homogeneidad en la germinación de los tratamientos probablemente se presentó debido a que hasta dicha etapa ningún tratamiento había recibido el aporte de fertilizantes externos, además de las condiciones edafoclimáticas similares. Estos datos concuerdan a lo que menciona Ritchie (2002), el cual indica que: “la germinación del maíz se prolonga de 4 a 15 días después de la siembra”.

b.- Etapa vegetativa (VT)

Esta etapa presenta diferencias estadísticas significativas en el tiempo promedio de duración, las mismas que reflejan el accionar de las combinaciones de fertilizantes externos incorporados. Como se observa en la Figura 18, el tratamiento testigo o V1T, tiene mayor tiempo de duración (62 días), seguido del tratamiento con fertilización del

agricultor o V1FA el cual tiene una duración de 59 días y por último el tratamiento con fertilización completa o V1FC con duración de 57 días siendo considerado como el tratamiento más precoz. El INIAP, institución creadora de este híbrido describe al mismo con 52 días de duración de la etapa vegetativa con fertilización completa, hay que recalcar que este híbrido fue creado para ser producido en el trópico seco del litoral ecuatoriano. Molina (2010) en un estudio realizado en el mismo sector bajo fertilización a base de urea, menciona que este híbrido presentó un tiempo de duración de 64 días desde la siembra hasta la finalización de esta etapa. Mientras que Orozco (2010) en un estudio realizado en el cantón Alausí, indica que este híbrido presentó 52 días de duración desde la emergencia hasta la floración masculina. Por otra parte en una investigación realizada en la provincia del Azuay por Guncay (2014) quién comenta que el híbrido INIAP-H-601, presentó 46 días desde la emergencia hasta la floración masculina, con tratamiento de fertilización completa para el suelo del sector. Estos resultados posiblemente difieran de nuestro estudio debido a las condiciones edafoclimáticas propias de cada zona, sin embargo, si comparamos este ensayo y el de Molina (2010) que han sido realizados en el cantón Pindal, presentaron datos con diferencias muy bajas en la etapa vegetativa.

c.- Llenado del grano (R4) y madurez fisiológica

En esta etapa no existen diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos, en la Figura 18 se aprecia que el tratamiento V1T y V1FA tienen una similar duración con 28 días, aun cuando la época de floración fue distinta, el tratamiento V1FC tiene una duración de 27 días, con estos resultados se puede mencionar que independientemente de la fertilización el llenado del grano tiene una duración similar entre los tratamientos con fertilización o sin ella.

Los resultados que se obtuvieron son muy similares a los de Acevedo (2005) quien indica que el transcurso de la floración hasta el estadio R4 en el maíz es de 24 a 28 días, en este ensayo se ha corroborado dicha información. Así mismo la madurez fisiológica (R6) no presentó diferencias estadísticas.

d.- Ciclo de vida

Al hacer una sumatoria del tiempo de duración de las etapas fenológicas en los tratamientos, encontramos diferencias estadísticas significantes en su ciclo de vida, el testigo o V1T presentó mayor tiempo de duración con 124 días, seguido por el tratamiento V1FA que presentó una duración de 121 días, por último el tratamiento V1FC en relación con los dos tratamientos anteriores, presentó menor tiempo de duración en su ciclo de vida con 117 días. Molina (2010), en un ensayo realizado en el cantón Pindal indica que este híbrido presentó 120 días desde la siembra hasta alcanzar la madurez fisiológica. Por otra parte el INIAP en la caracterización de este híbrido indica que el ciclo de vida promedio de este híbrido es 120 días, resultados que son muy similares al de nuestro trabajo con este mismo híbrido, lo cual indica que probablemente e independientemente del sector en donde se lo cultive, el ciclo de vida no diferirá en gran proporción en lo que corresponde a este ciclo.

3.1.2 Fenología del híbrido Dekalb 7088

La Figura 19 muestra los resultados del análisis fenológico del híbrido Dekalb 7088 con los tratamientos: Testigo (VT), fertilización similar al agricultor (VFA) y fertilización completa (VFC).

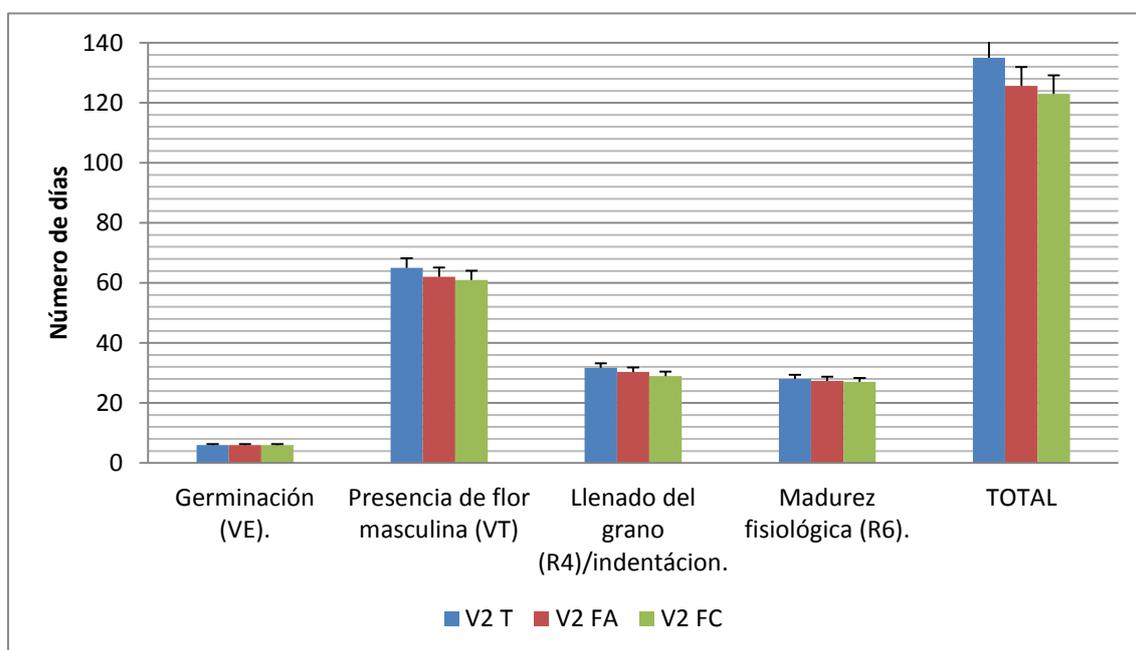


Figura 19. Promedios fenológicos del híbrido Dekalb 7088.

Fuente: El Autor.

a.- Etapa de germinación (VE)

La Figura 19 muestra que el promedio de duración de esta etapa (germinación), es de 6 días para los tres tratamientos, los análisis estadísticos no presentan diferencia significativa para los tratamientos establecidos, la razón de este hecho podría ser similar a la del anterior híbrido; la aplicación de los fertilizantes se realizó una semana después de la siembra, cuando todos los tratamientos habían germinado. Estos resultados también muestran la homogeneidad del agroecosistema donde se desarrolló el ensayo. Este resultado de igual manera que en el anterior híbrido está dentro del rango que indica Ritchie (2002), que por lo general el maíz germina entre 4 días a 15 días posteriores a la siembra.

b.- Etapa vegetativa

Esta etapa presenta las primeras diferencias visuales en el desarrollo fenológico de este híbrido (presencia de flor masculina). El tratamiento que presenta mayor duración es el tratamiento testigo o V2T con 65 días, mientras que el tratamiento de fertilización del agricultor o V2FA tiene duración de 62 días, el mismo que difiere de un día más que el tratamiento con fertilización completa o V2FC que tiene duración de 61 días. En lo que respecta a los estadísticos se puede apreciar diferencias entre el tratamiento testigo con el tratamiento de fertilización completa (V2T–V2FC).

Diferentes autores se refieren a tiempos similares de duración en esta etapa, por ejemplo: 54 días (Ecuaquímica, 2013), 64 días (Molina, 2010) y 57,11 días, 56,88 días y 56,44 días (Medina, 2010), siendo datos comparables con los obtenidos en este ensayo, adjudicando las diferencias posiblemente a factores edafoclimáticos de cada zona de los ensayos.

c.- Llenado del grano (R4)

En esta etapa no se aprecia diferencias estadísticas significativas, lo que se observa es que el tratamiento V2T tiene mayor tiempo de duración con 32 días, mientras que el tratamiento V2FA tiene 30 días, el tratamiento con menor duración es V2FC con 29 días de duración, se puede indicar que es el que más rápido llenó el grano. Acevedo (2005) menciona que el transcurso desde la floración hasta el estado R4 en el maíz es de 24 a 28 días, aquí podemos indicar que nuestro ensayo con este híbrido tiene datos muy cercanos a los que este autor menciona, de manera especial con el tratamiento de fertilización completa.

d.- Ciclo de vida (desde la siembra hasta la madurez fisiológica)

No se observa diferencias estadísticas en esta etapa, sin embargo de la observación en campo podemos notar que entre los tratamientos, el V2T es el menos precoz con 135 días, seguido por el tratamiento V2FA con 126 días y el tratamiento más precoz es el V2FC con 123 días. Ecuaquímica (2013), al describir a este híbrido indica que bajo condiciones normales de manejo en el Ecuador presenta 135 días de duración en su ciclo de vida, lo cual es similar al tratamiento testigo de este ensayo; además los tratamientos V2FA y V2FC presentan mayor precocidad posiblemente esto se deba a la influencia de la fertilización externa aplicada en nuestro ensayo.

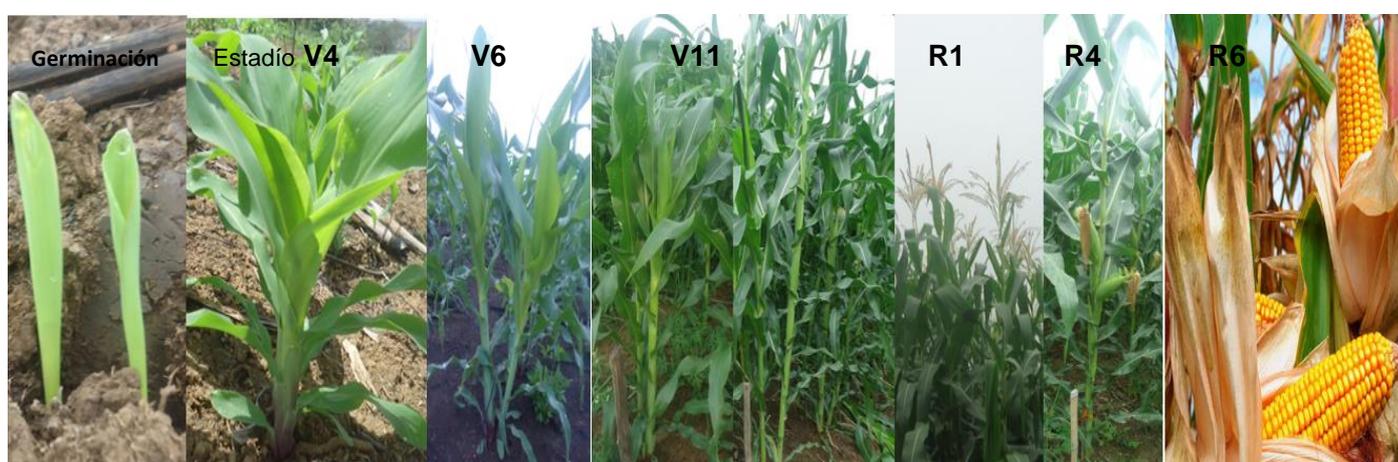


Figura 20. Desarrollo fenológico del maíz en el presente ensayo.

Fuente: El Autor.

3.2. Análisis fenométrico

3.2.1. Análisis fenométrico del híbrido INIAP-H-601(Ver anexo 5)

a.- Altura de la planta

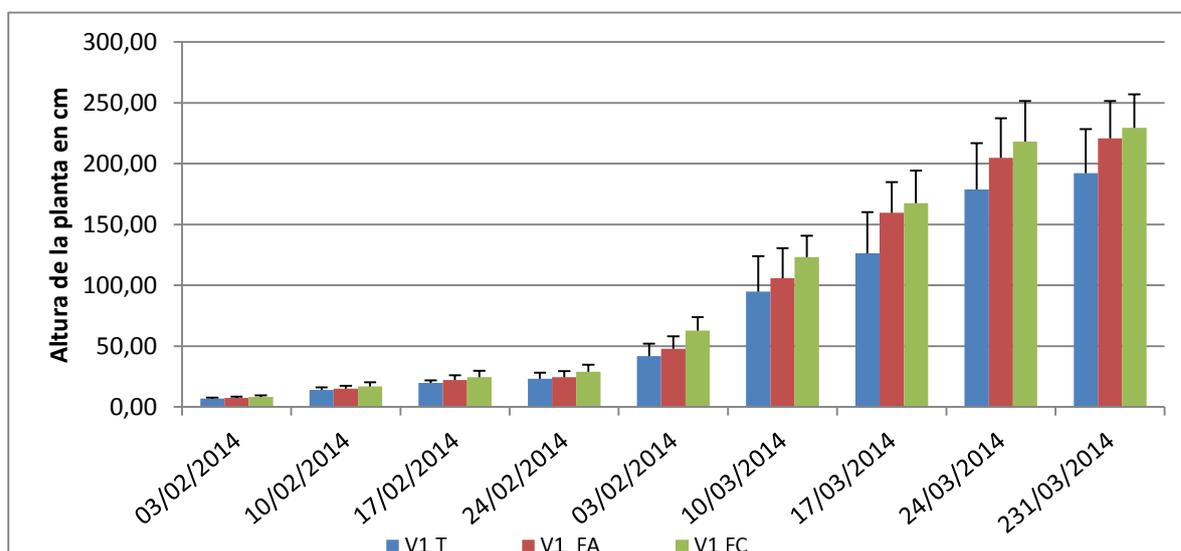


Figura 21. Altura de las plantas del híbrido INIAP-H-601.

Fuente: El Autor.

Observando la Figura 21, en el tratamiento V1FC las plantas alcanzaron mayor promedio de altura con 229,90 cm, hasta el estadio VT, mostrando diferencia significativa frente a los otros tratamientos, tomando en cuenta que el manejo agronómico fue igual para todos los tratamientos la diferencia para esta mayor altura se atribuye de manera directa a la fertilización aplicada. El tratamiento V1FA presentó un promedio de crecimiento de 220,87 cm y por ultimo tenemos V1T con un promedio de 192,27 cm.

Los datos aquí obtenidos al ser comparados con los de Molina (2010) quién en un ensayo realizado en el cantón Pindal con fertilización a base de urea, muestra resultados para este híbrido con promedios de altura de 247 cm. Por otra parte Orozco (2010) en su ensayo realizado en el cantón Alausí presenta datos con este híbrido de 241,23 cm de altura en promedio a base de fertilización completa. Mientras que Guncay (2014) en su ensayo realizado en el sector de Molleturo de la provincia del Azuay, indica que este híbrido alcanzo una altura de 256 cm en promedio con fertilización completa, vemos que existe una diferencia considerable en la altura final obtenida, esto se atribuye a que posiblemente el híbrido se adaptó de mejor manera a suelos y condiciones climáticas en los lugares de los ensayos realizados por estos autores.

b.- Número de hojas verdes

La Figura 22 muestra el incremento en número de hojas verdes desde el surgimiento de la primera hoja (V1) hasta la presencia de la panoja (VT-Vegetativo transitoria) donde también finaliza el desarrollo foliar.

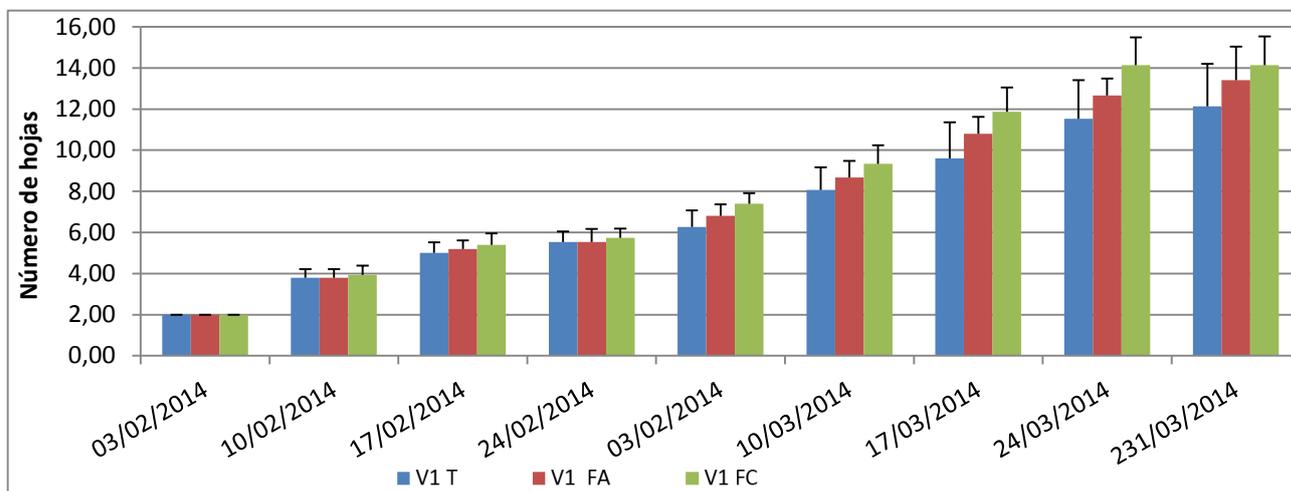


Figura 22. Promedio de número de hojas verdes del híbrido INIAP-H-601.

Fuente: El Autor.

En la Figura 22 se puede observar que en el tratamiento V1FC las plantas alcanzaron mayor número de hojas en comparación con los distintos tratamientos de este híbrido, aunque de manera no significativa. El tratamiento V1FC alcanzó 14,13 hojas; el tratamiento con fertilización V1FA resultó con 13,40 hojas y el tratamiento testigo con 12,13 hojas. Considerando las similitudes del manejo en el cultivo, las condiciones edáficas y de clima similares en donde se sembraron los tratamientos, las diferencias fenométricas únicamente se las puede atribuir a las combinaciones de los tratamientos de fertilizante aplicado, indicando que la fertilización completa ha dado mejores resultados para este parámetro. Al comparar los datos aquí obtenidos con un estudio de maíz forrajero realizado por Cueto (2006) quien expresa que con mayor eficiencia en la fertilización de un cultivo de maíz se incrementa la producción de materia foliar, estos resultados están acorde con los nuestros ya que al comprobar que la fertilización completa presenta mayor número de hojas hasta la etapa de floración masculina.

c.- Diámetro del tallo (desde la etapa de emergencia hasta la finalización de la etapa vegetativa o el estadio VT)

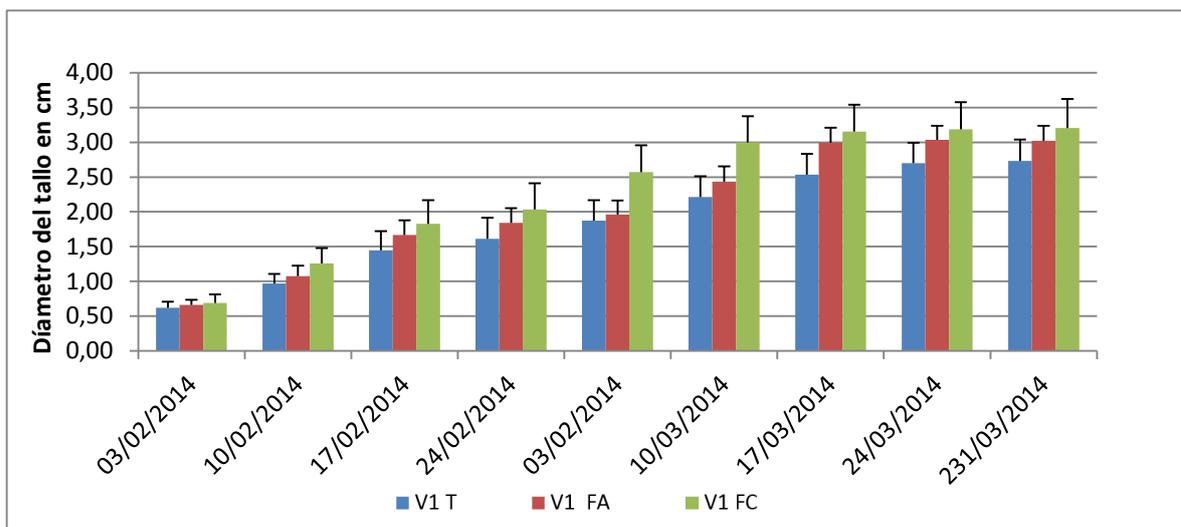


Figura 23. Promedios del diámetro del tallo en los tratamientos del híbrido INIAP-H- 601.

Fuente: El Autor.

Analizando los datos de diámetro del tallo tomados semanalmente, en la Figura 23 se puede observar que el tratamiento V1FC ha obtenido mayor diámetro con un promedio de 3,21 cm, mientras que el tratamiento V1FA presenta un promedio general de 3,02 cm y el testigo con 2,73 cm; indicando diferencias significativas entre los dos tratamientos de fertilización frente al testigo; basándonos en que el tratamiento testigo no tuvo incorporación de ningún fertilizante externo, podemos comprobar que la aplicación fertilizantes en la producción de maíz es muy importante en su desarrollo.

Estos resultados son comparables con los de Vera (2011) quien obtuvo en su ensayo realizado en el cantón Manta provincia de Manabí datos de diámetros del tallo entre 2,57 a 2,70 cm en el híbrido de INIAP H-602, aunque hay que indicar que el híbrido no es el mismo pero tiene características similares al INIAP-H-601.

La robustez del tallo es indispensable para evitar el volcamiento de las plantas, lo cual es un problema muy común en la producción de maíz que reduce el rendimiento, el volcamiento puede ser producido por varios factores como insectos, vientos, etc (Arellano et al., 2000). El tratamiento V1FC presenta menor vulnerabilidad al volcamiento debido a sus tallos más gruesos.

d.- Longitud de la mazorca

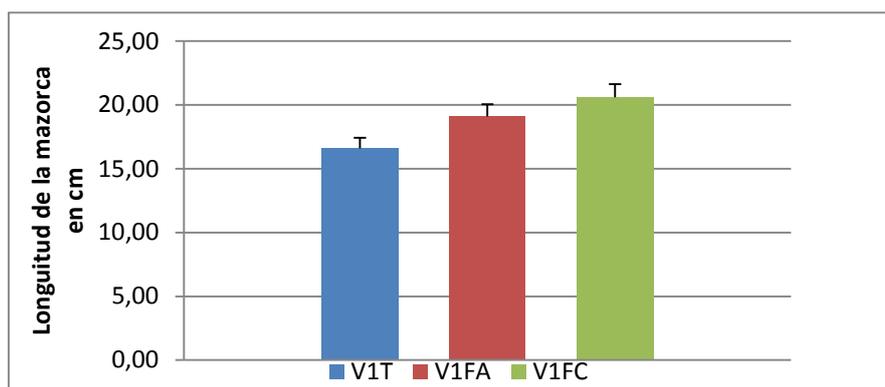


Figura 24. Promedios de la longitud de la mazorca, híbrido INIAP-H-601.

Fuente: El Autor.

La Figura 24 muestra que el tratamiento V1FC tiene mayor promedio de longitud de la mazorca con 20,61 cm, el tratamiento V1FA presenta un promedio de longitud de las mazorcas de 19,1 cm y el tratamiento V1T es de menor tamaño con 16,60 cm de longitud promedio. El tratamiento V1FC muestra diferencias significativas en este parámetro frente a los otros tratamientos. Otros autores que han realizado ensayos con este híbrido en nuestro país muestran resultados muy similares al nuestro como por ejemplo Orozco (2010) en su trabajo realizado en el cantón Alausí indica que este híbrido obtuvo 19,1 cm en promedio de longitud de la mazorca. Mientras que Guncay (2014) en su ensayo en la provincia del Azuay, sector Molleturo obtuvo 19,80 cm en promedio de longitud de las mazorcas de este híbrido.

e.- Ancho de la mazorca

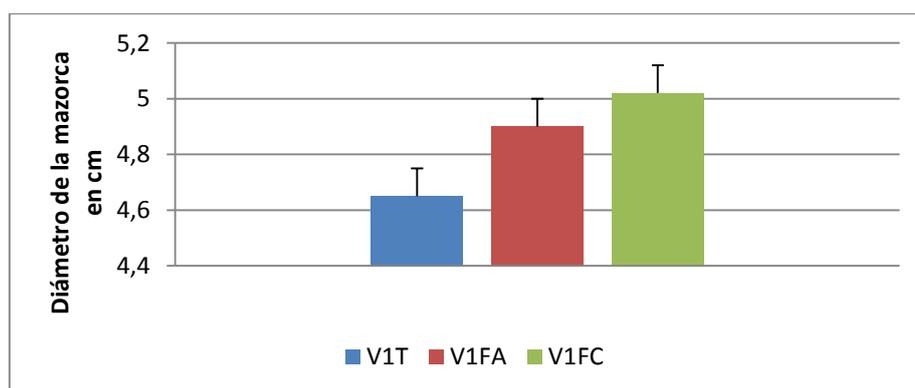


Figura 25. Promedios del diámetro de la mazorca, híbrido INIAP-H-601.

Fuente: El Autor.

La Figura 25 muestra que el tratamiento V1FC tiene mayor diámetro central de la mazorca con 5,02 cm en promedio, mostrando diferencia significativa con el tratamiento V1T; el tratamiento V1FA presenta un promedio general de 4,90 cm de diámetro en la

parte central de la mazorca, el tratamiento V1T presenta 4,65 cm, de esta manera se convierte en el tratamiento con las mazorcas más delgadas. Además estos datos al relacionarlos con la Figura 18, corroboran que el largo y el diámetro de la mazorca de este híbrido de maíz duro están relacionados proporcionalmente. Orozco (2010) en su estudio con este híbrido, indica que en el cantón Alausí las mazorcas presentaron un diámetro de 4,85 cm, resultado que al compararlo con el nuestro, podemos observar que los diámetros están relacionados, de esta manera se puede apreciar que la producción de maíz duro de este híbrido en las dos provincias descritas no presenta mayor variación, posiblemente debido al similar manejo fitotécnico.

3.2.2. Análisis Fenométrico del híbrido Dekalb 7088 (Ver anexo 6)

a.- Altura de la planta

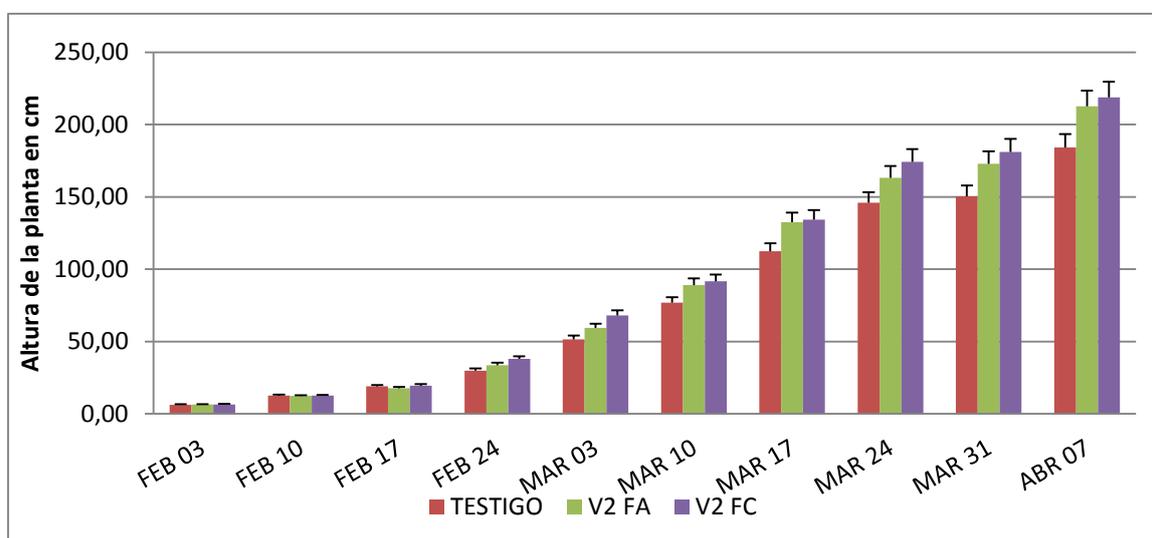


Figura 26. Promedios de la altura de la planta, híbrido Dekalb 7088.

Fuente: El Autor.

En la Figura 26 se puede apreciar que el tratamiento V2FC ha alcanzado mayor altura con 218,7 cm en promedio, el tratamiento V2FA presentó un promedio de 212,7 cm de altura, mostrando diferencias significativas con el testigo de este híbrido el cual obtuvo menor altura con 184,1 cm. Molina (2010) en su estudio realizado en el cantón Pindal indica que este híbrido alcanzó 190 cm de altura con fertilización únicamente a base de nitrógeno (urea); por otra parte Delgado y Vergara (2011) en su estudio realizado en Santa Ana (Manabí) muestran que este híbrido consiguió una altura de 248 cm con fertilización completa; además Velázquez y Vincés (2011) en otro estudio realizado en el cantón Santa Ana sector valle del río Babahoyo indican que este híbrido presentó un promedio de altura de 246 cm con fertilización completa. De acuerdo a los resultados presentados, las diferencias entre el ensayo de Molina (2010) y el nuestro se debe

posiblemente a la composición de los fertilizantes externos, ya que Molina aplicó fertilización únicamente a base de urea y este ensayo fertilización completa; las diferencias existentes con los ensayos realizados en Manabí podrían ser debido a las diferentes condiciones edafoclimáticas propias de cada zona.

b.- Número de hojas verdes

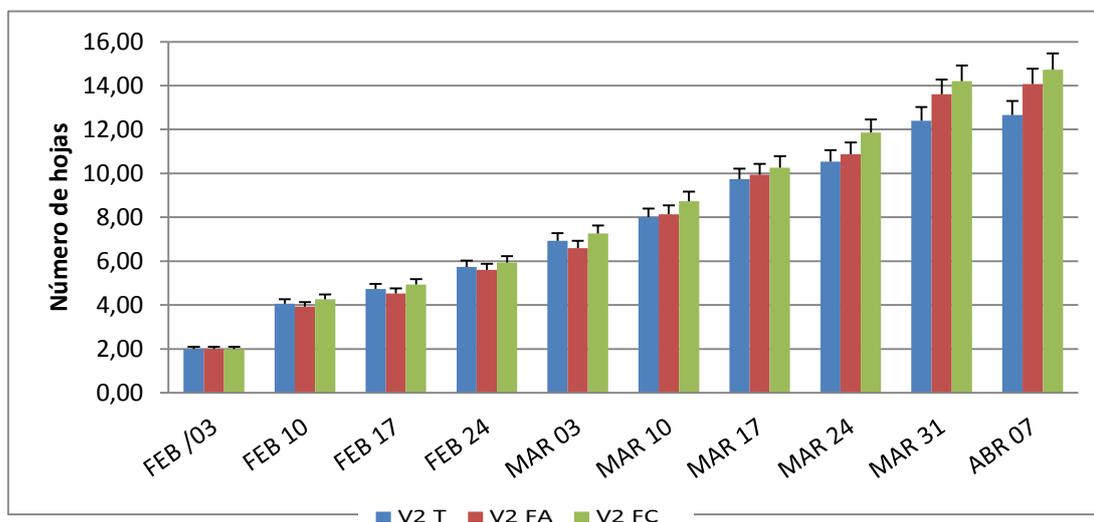


Figura 27. Promedios del número de hojas verdes, híbrido Dekalb 7088

Fuente: El Autor.

De la misma manera que la altura de planta, el número de hojas es mayor en el tratamiento V2FC (Figura 27), alcanzando un promedio de 14,73 hojas, seguido con una pequeña diferencia del tratamiento V2FA que tienen un promedio de 14,07 hojas, el V2T presenta menor número de hojas con 12,67 mostrando diferencia significativa con los otros dos tratamientos. Con estos resultados podemos corroborar lo indicado por Ritchie (2002), quien menciona que la incorporación de los principales nutrientes necesarios para el cultivo de maíz en las primeras etapas de vida de la planta ayuda a incrementar su crecimiento y producción de masa vegetativa.

c.- Diámetro del tallo

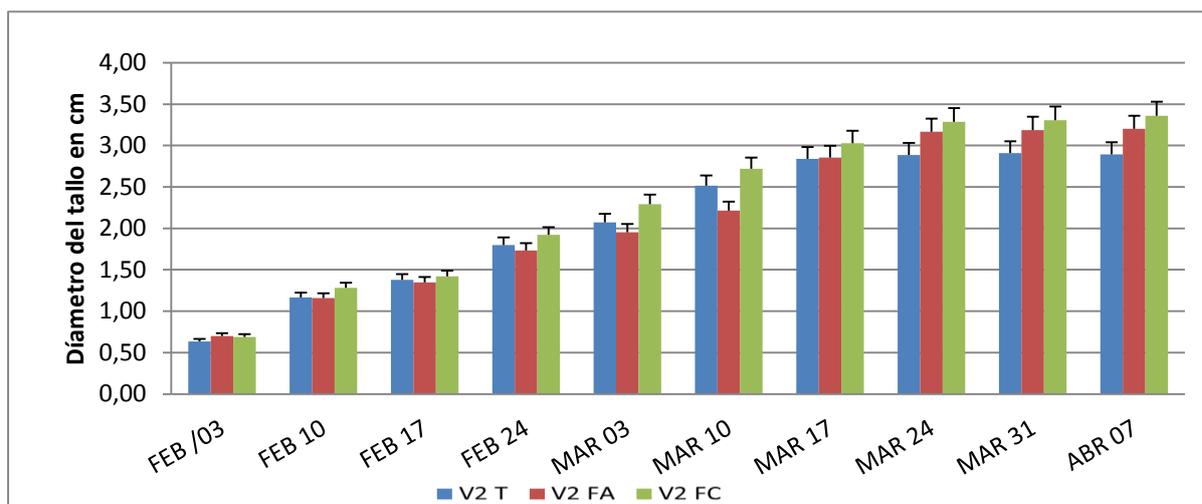


Figura 28. Promedios del diámetro del tallo, híbrido Dekalb 7088.

Fuente: El Autor.

La Figura 28 muestra que el tratamiento V2FC presenta mayor diámetro del tallo con 3,36 cm de promedio, el tratamiento V2FA tiene una corta diferencia con respecto al anterior tratamiento con un promedio de 3,20 cm, no mostrando diferencia significativa con el tratamiento de fertilización completa, pero estos dos si muestran diferencia con el tratamiento V2T, el cual presenta menor diámetro del tallo con un promedio de 2,89 cm. Estos datos son comparables con la investigación de Medina (2010) en la cual este híbrido presentó promedios entre 3,10 a 3,14 cm de diámetro del tallo, señalando que dicho ensayo fue fertilizado únicamente a base de urea, lo que podría influenciar en las pequeñas diferencias entre los dos ensayos.

Se puede indicar que plantas con fertilización completa podrían tener mayor resistencia al volcamiento esto debido a su tallo más robusto, como indica Arellano et al.,(2000) que las variedades de maíz con tallos más anchos son las menos susceptibles al volcamiento.

d.- Longitud de la mazorca

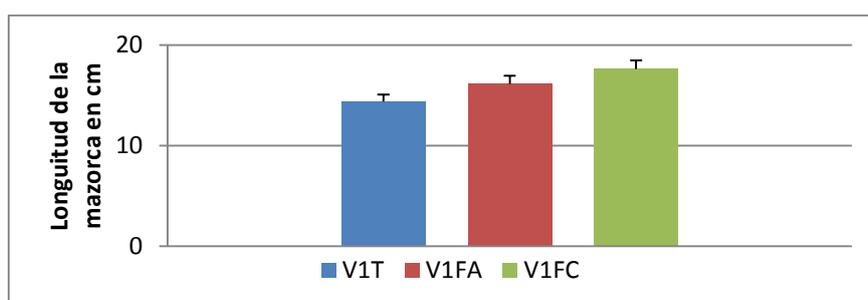


Figura 29. Promedios de la longitud de la mazorca, híbrido Dekalb 7088.

Fuente: El Autor.

El tratamiento V2FC presenta mazorcas con mayor tamaño (Figura 29) tiene un promedio de 17,1 cm, el tratamiento V2FA tiene mazorcas con longitud de 16,3 cm en promedio, el tratamiento V2T presenta menor longitud en las mazorcas con una media de 14,7 cm, mostrando diferencia significativa con los dos tratamientos en los que se ha incluido algún tipo de fertilización (Ver anexo 8). Al comparar los datos con ensayos realizados en la misma temática en los que Delgado y Vergara (2010) dicen que en su ensayo realizado en el cantón Santa Ana (Manabí) este híbrido presentó un promedio de 16,10 cm de longitud de las mazorcas, Velázquez y Vences (2011) presentan datos promedios de 14,96 cm de longitud de las mazorcas; por ultimo Medina (2010) en su trabajo en el cantón Vences con este híbrido presenta promedios de longitud de las mazorcas entre 17,1 cm a 18,09 cm. Comparando los resultados de nuestro ensayo con los autores descritos anteriormente podemos apreciar que lo obtenido concuerda aproximadamente con los promedios descritos por ellos, de esta manera se puede considerar que la producción de este híbrido de maíz en nuestro país tiene poca diferencia en lo que corresponde a diámetro de las mazorcas y los factores de clima y suelo posiblemente no han influenciado de manera significativa en su crecimiento.

e.- Diámetro de la mazorca

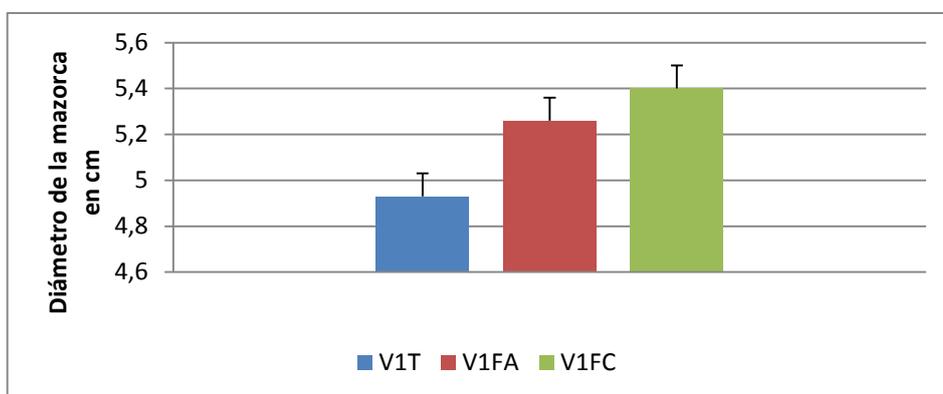


Figura 30. Promedios del diámetro de la mazorca, híbrido Dekalb 7088.

Fuente: El Autor.

De igual manera que en la longitud de la mazorca, el tratamiento V2FC (Figura 30) presenta mayor diámetro central de la misma con 5,4 cm de promedio, el tratamiento V2FA tiene un promedio de 5,26 cm no mostrando diferencia significativas con V2FC, sin embargo estos dos presentan diferencia significativa frente al tratamiento V2T que presenta el menor diámetro de este híbrido con 4,93 cm de promedio. En los mismos ensayos Delgado y Vergara (2011) presentan un promedio de 7 cm de diámetro central, Velázquez y Vences (2011) muestran un promedio de 5,9 cm y Medina (2010) indica que obtuvo 5,51; 5,49 y 5,48 cm de diámetro central. Al comparar nuestros datos con las investigaciones descritas anteriormente podemos observar que en lo que respecta al

diámetro central de la mazorca, el nuestro presenta promedios inferiores, esto posiblemente se deba a factores como las propiedades del suelo y condiciones climáticas de cada zona, además de la cantidad de fertilizante que se le ha dado a cada cultivo.

3.3. Rendimientos

3.3.1. Híbrido INIAP-H-601

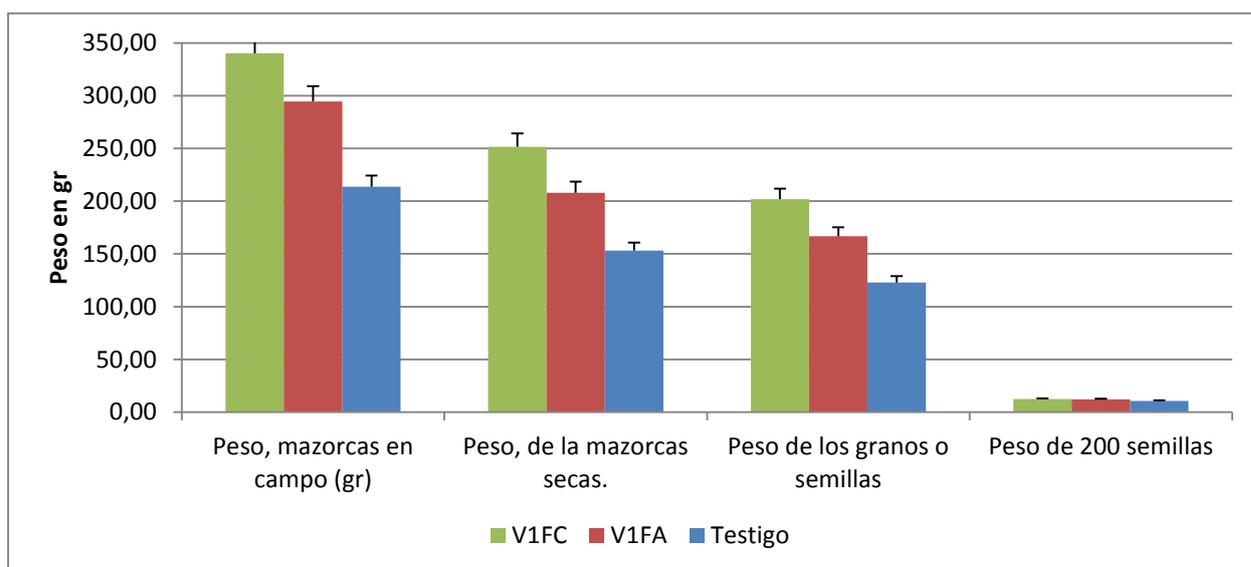


Figura 31. Promedios de rendimientos por planta y peso promedio de 200 granos o semillas del híbrido INIAP-H-601.

Fuente: El Autor.

La Figura 31 muestra los datos del rendimiento de los tratamientos para este híbrido, se aprecia que el tratamiento V1FC presenta mayor productividad de manera general tanto para el peso en mazorca y peso de granos o semillas, este tratamiento muestra diferencias significativas con los otros dos tratamientos, de manera similar se menciona que el tratamiento V1FA muestra diferencia significativa con el testigo, el cual presenta menor rendimiento en los parámetros analizados.

El rendimiento al ser proyectado a Kg/ha, presenta los siguientes resultados: V1T con 3.646 Kg/ha, V1FA presenta 4.955 Kg/ha y V1FC con datos de 5.991 Kg/ha. Siendo resultados aproximados y comparables los de Orozco (2010), quien presenta un rendimiento de 4.775 Kg/ha en este híbrido con fertilización completa; Además Edifarm (2010) indica que este híbrido presenta un rendimiento de 5.663 Kg/ha en condiciones de secano y con fertilización completa.

3.3.2. Híbrido Dekalb 7088

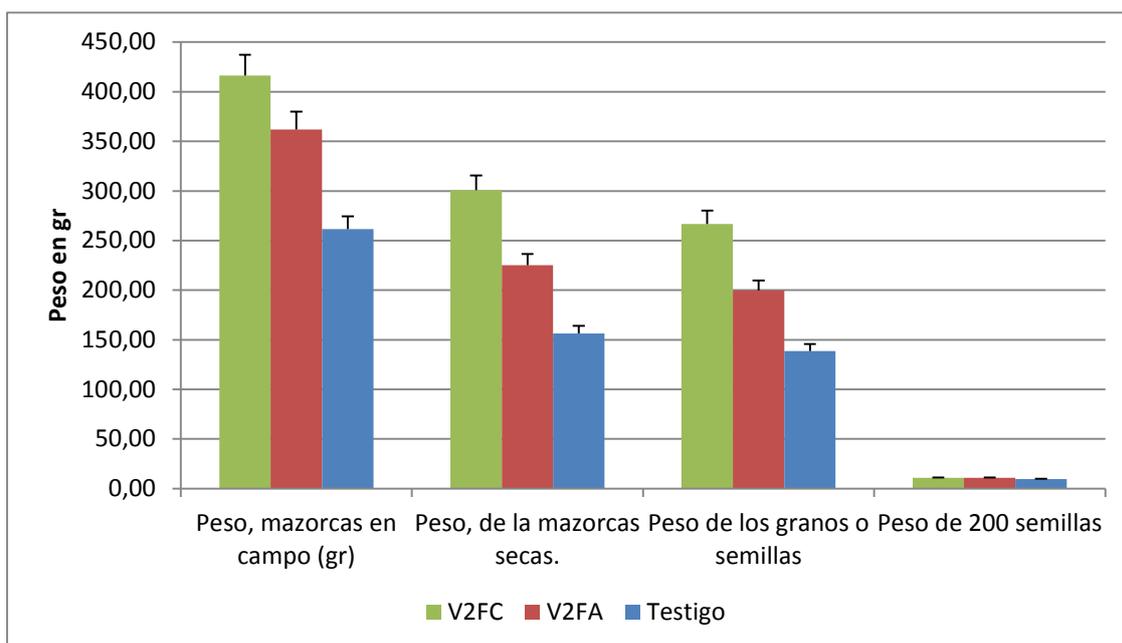


Figura 32. Promedios de rendimientos por planta y peso promedio de 200 granos o semillas del híbrido Dekalb 7088.

Fuente: El Autor.

El rendimiento presentado por este híbrido, en la Figura 32 se puede observar que el tratamiento V2FC, presenta mayor rendimiento en los parámetros descritos, frente al tratamiento V2FA y el testigo.

Proyectando el rendimiento del cultivo a Kg/ha se obtuvo los siguientes resultados: V2T presentó 4.117 Kg/ha, V2FA presentó 5.932 Kg/ha y V2FC presentó 7.920 Kg/ha. Siendo resultados comparables con los de Velásquez y Vínces (2011), quienes presentaron un rendimiento de 7.771 Kg/ha, en el sector Santa Ana de la provincia de Manabí con fertilización completa. Por otra parte Delgado y Vergara (2011), en el sitio Buenos Aires del cantón Rocafuerte de la Provincia de Manabí presentan una producción de 4.462 Kg/ha, en este mismo híbrido, el cual es aproximadamente similar a nuestro testigo, mencionando que en la fertilización aplicada fue con MixPac en 2 aplicaciones (15-13-17) (80Kg/ha) al inicio del cultivo y (28-0-36) en su fase de desarrollo.

3.4. Humedad total retenida

3.4.1. Híbrido INIAP-H-601

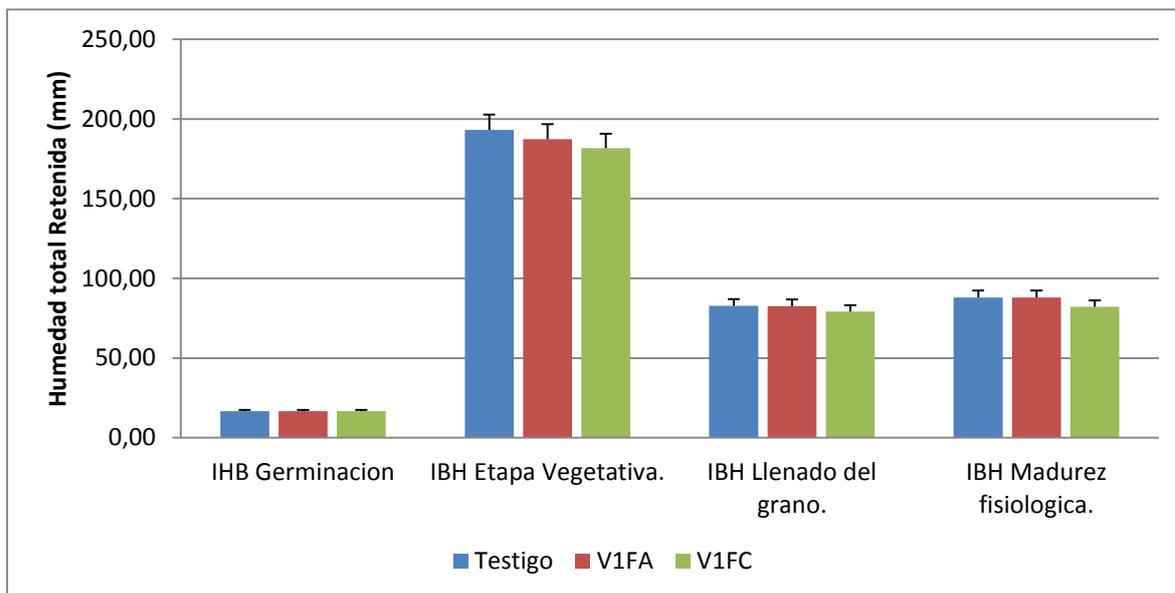


Figura 33. Promedios de la humedad total retenida, según la etapa fenológica y el tratamiento, del híbrido INIAP-H-601.

Fuente: El Autor.

Mediante el cálculo del Índice de Balance hídrico (Ver anexo 2) se ha determinado la humedad total retenida conforme a los tratamientos del híbrido INIAP-H-601 (Figura 33, los cuales han presentado los siguientes datos en su ciclo de vida (ciclo del cultivo); el tratamiento testigo V1T presentó 379,37 mm; el tratamiento V1FA presentó 373,8 mm; y finalmente el tratamiento V1FC presentó 358,98 mm, como se puede apreciar en la Figura 27 no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos.

Es importante indicar que las diferencias presentadas en los resultados de la Figura 27, el volumen de agua retenida por cada tratamiento está relacionada con el tiempo de duración del ciclo de vida de los tratamientos, de manera que el tratamiento más precoz presentó menor cantidad de humedad total retenida.

Rivetti (2006) realizó un análisis de diferentes dosificaciones de riego y un testigo en condiciones de secano utilizando un híbrido un simple de NIDERA (AX 884), los resultados de esta investigación indican que en su tratamiento testigo (en secano) las plantas retuvieron 308 mm de agua, mientras que en los tratamientos con riego las plantas retuvieron 575 mm de agua y como resultados en la producción los tratamientos con riego rindieron un 72% más que los tratamientos en condiciones de secano. Al comparar estos datos con los de nuestro estudio, se aprecia que los datos son aproximados a los que Rivetti (2006) obtuvo con su testigo. Finalmente podemos indicar

que la distribución de las precipitaciones del lugar de ensayo no fueron las adecuadas, ya que en la etapa de madurez fisiológica las precipitaciones no disminuyen.

3.4.2. Híbrido Dekalb 7088

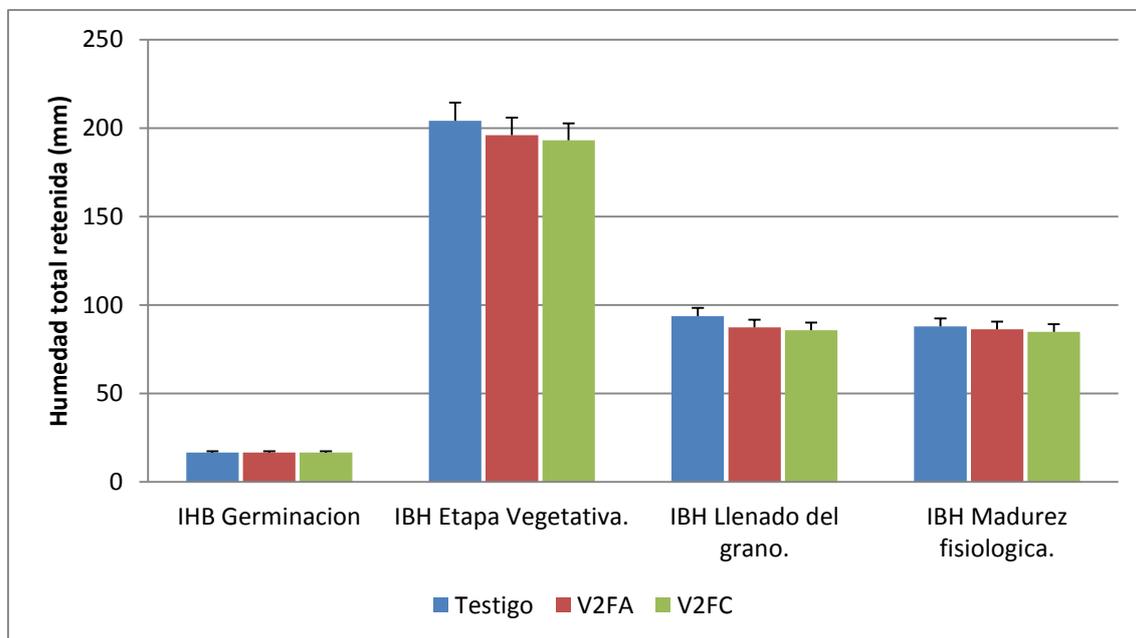


Figura 34. Promedios de la humedad total retenida, según la etapa fenológica y el tratamiento, del híbrido Dekalb 7088.

Fuente: El Autor.

La humedad total retenida a lo largo del ciclo de vida de este híbrido (Figura 34), fue el siguiente: V2T presentó: 402,55 mm; V2FA presentó: 386,9 mm; y el tratamiento V2FC presentó: 380,9 mm. Se puede indicar que el tratamiento con fertilización completa presenta menor retención de agua en su ciclo de vida esto debido a su mayor precocidad en relación con los otros dos tratamientos. Sin embargo y como se aprecia en la Figura 27 no se ve diferencia significativa entre los tres tratamientos, datos similares se obtiene en el híbrido INIAP-H-601 (Ver anexo 2).

Un ensayo similar que desarrolló Vascones et al (2010) en la provincia de Santo Domingo de los Colorados con los híbridos INIAP-H-551, ND 7443 y DAS-668 con fertilización completa, los resultados presentaron una retención de humedad promedio de 336,1mm de agua, en condiciones de secano; además en otro ensayo similar Rivetti (2006) indica que bajo condiciones de secano el maíz retuvo 308 mm de agua y bajo riego puede retener hasta 575 mm de agua.

Con estos resultados podemos indicar que las precipitaciones del lugar de nuestro ensayo, en este año satisfacen la demanda hídrica del maíz (330 - 412 mm) que plantea

Giralt (2002); además el consumo hídrico de nuestro ensayo es cercanamente similar a los resultados presentados por Vascones et al (2010). También hay que mencionar que la distribución de las lluvias en el lugar de nuestro ensayo no fue la correcta, ya que en la etapa vegetativa las precipitaciones fueron escasas y aumentaron a medida que las plantas llegaban a la madurez fisiológica, lo cual expone a que la producción o las mazorcas sean afectadas por problemas de humedad.

CONCLUSIONES

Luego de analizar los resultados fenológicos, fenométricos e índice de balance hídrico de los híbridos del estudio (INIAP-H-6001 y Dekalb 7088) se puede concluir:

Que los dos híbridos presentaron mejores resultados con el tratamiento de fertilización completa en todos los parámetros analizados, siempre presentaron mayor precocidad en el desarrollo fenológico, diferencia marcada en la etapa vegetativa, sin embargo en las etapas del llenado del grano y madurez fisiológica, no presentaron diferencias mayores con los otros dos tratamientos (fertilización del agricultor y testigo).

En lo que corresponde al análisis fenométrico, los dos híbridos estudiados presentaron mejores resultados con el tratamiento de fertilización completa; hubo mejor desarrollo en la altura de tallos, así mismo fueron más robustos y presentaron mayor cantidad de materia foliar. En lo que corresponde al rendimiento de manera similar la fertilización completa dio mayor rendimiento por planta, las mazorcas fueron más grandes y las semillas con mayor peso, aunque con poca diferencia frente a los otros dos tratamientos.

Cabe señalar que en el híbrido INIAP-H-601, el rendimiento del tratamiento con fertilización del agricultor es del 17% menos que el rendimiento de fertilización completa; mientras que en el híbrido Dekalb 7088, el tratamiento con fertilización del agricultor presenta un rendimiento del 25% menos que el tratamiento con fertilización completa. Concluyendo que el híbrido Dekalb 7088, presenta mayor eficiencia al uso de fertilización completa con respecto al híbrido INIAP-H-601.

De acuerdo a los resultados del índice de balance hídrico, se puede concluir que los tratamientos con fertilización completa presentaron menor retención de humedad, sin embargo no se vio diferencias significativas entre los tres tratamientos. Pero la menor retención de humedad se relaciona directamente con la precocidad de cada tratamiento.

En general, el híbrido Dekalb 7088 resultó ser más productivo en comparación con el híbrido INIAP-H-601; aunque es menos precoz y por ende requiere mayor tiempo de cuidado y más demanda de agua.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones o establecimientos de cultivos se recomienda tomar en cuenta las fechas de siembra, las cuales podrían ser demasiado anticipadas para la siembra en condiciones de secano y la presencia de excesivas precipitaciones en las últimas etapas fenológicas del maíz, esto puede repercutir en daños a la mazorca por causa de la humedad y por ende afectar a la productividad.

En caso de tener que seleccionar entre los dos híbridos estudiados, sería aconsejable el híbrido Dekalb 7088; debido a que se puede obtener mayor producción, aunque el costo de la semilla es superior.

Por último, sería recomendable realizar un estudio de estas variedades, en este mismo sector, pero bajo condiciones de riego considerando una adecuada dosificación y distribución con referencia a las respectivas fases fenológicas del maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. (2005). Fisiología del rendimiento del maíz. Universidad de Chile.
- Aguilera, R. (2013). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del cantón Pindal GAD Pindal, 2011-2015.
- Aguilar, M.; Pedreros, D.; Verdin, J.; Senay, G.; Funk, C. (2005). Modelo de índice de balance hídrico para el monitoreo de la producción agrícola y reducción de la inseguridad alimentaria en Centro América. Mesoamerican Food Security Early Warning System (MFEWS)/United States Geological Survey (USGS) University of California Santa Barbara (UCSB).
- Alonso, A. (2005). Necesidades de agua del cultivo de maíz. INEA.
- Alvarado, L. C. (2002). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la fertilización con Nitrogeno, Fosforo, Potasio y Zinc, en los suelos del norte de Tamaulipas. Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- Arellano, J. Salinas, Y. Mendoza, A. (2000). Efecto del ethrel sobre el acame, rendimiento y sus componentes en las variedades de maíz V-18 y H-139. Revista Fitotec – Mexico.
- Arte y Antropología. (2013). Historia del maíz sagrado. Revista aprendiendo la vida.
- Bonilla , N. (2008). Generalidades del cultivo del maíz. INTA.
- Bonilla, N. (2010). Producción de semillas de maíz. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).
- Cabascango, R. (2011). Evaluación del comportamiento agronómico de cinco híbridos triples promisorios de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) y tres híbridos comerciales en la época lluviosa en la zona de Quevedo y Balzar. Latacunga / UTC.
- Chango, L. (2012). Control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Universidad Tecnica de Ambato-Facultad de Ingeniería Agronómica.
- CINFA-UNL-I.G.M., (2003). Universidad Nacional de Loja – Instituto Geográfico Militar.

- Cueto, J. A., & Reta, D. & Barrientos, J. & Salazar, E. (2006). Rendimiento del maíz forragero en respuesta a la fertilización nitrogenada y densidad de población. Revista Fitotecnia Mexicana, sociedad mexicana de fitogenetica A.C. Mexico.
- Dekalb 7088. (2013). Guía técnica DEKALB® ZAFRIÑA 2012. Monsanto.
- Delgado, J. C.; Vergara, C. A. (2011). Evaluación del comportamiento agronómico de 15 híbridos comerciales de maíz (*Zea mays L.*) en el sitio buenos aires del cantón Rocafuerte. Santa Ana, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Agronomía.
- Deras, H. (2012). El cultivo de maíz. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura (IICA).
- Drokasa. (2012). DK-PROHL. Drokasa Ficha técnica.
- Ecuaquímica. (2013). Dekalb 7088. Ecuaquímica division semillas.
- Espinel, F. (2012). Rendición de cuentas del consejo sectorial de la producción. Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad.
- Fassio, A. (2013). Maíz, Aspectos sobre fenología. Instituto nacional de investigación agropecuaria (INIA-Uruguay).
- Flores, F. (2010). Manejo de plagas en el cultivo de maíz. EEA INTA Marcos Juárez.
- García, S. (2007). Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. CIMMYT.
- García, F. (2008). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur.
- Gastón H. (2013). El Campo sin comentarios. Revista Argentina Córdoba Times.
- Gaspar , L.; Tejerina, W. (2008). Fertilización del cultivo de maíz. agroestrategias consultores.
- Giralt, P. (2002). Requerimientos Hídricos del cultivo del maíz. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, 1984, La Habana.
- Gobierno del Estado de Veracruz. (2011). Monografía del maíz. Gobierno del Estado de Veracruz.
- Gómez, L. (2002). Eficiencia en el uso del nitrógeno en maíz. SAGARPA.

- Guncay , C. A. (2014). Evaluación Agronómica de seis híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en estado de choclo, en la zona de Molleturo de la provincia del Azuay. Universidad de Guayaquil.
- INEC. (2012). Sistema agroalimentario del maíz. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INIA. (2008). Origen y distribución del maíz. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillan, Chile.
- Jacome, S. (2007). Análisis del comportamiento de dos híbridos (*Zea mays* L) para la producción de baby corn y forraje, aplicando tres densidades de siembra y tres fuentes de materia orgánica en la Hacienda Cobuendo, del cantón Antonio Ante. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede – Ibarra.
- Jara, J.; Valenzuela, A. (1998). Desarrollo de sistemas de riego en el secano interior y costero. Componente Nacional: Capacitación y difusión de tecnologías de riego. Universidad de Concepción - Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Korsakov, R.; Rubio, G.; Lavado, R.. (Septiembre 2008). Destino del nitrógeno del fertilizante en un cultivo de maíz. Internatinal Plant Nutrition Institute (INPI).
- Lafitte, H. R. (2001). Fisiología del maíz tropical. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), Dirección de producción y Protección Vegetal.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura).
- Medina, P. (2010). Evaluación del comportamiento agronómico del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) DK 7088.
- Melgar, R.; Torres, M. (2009). Manejo de la fertilización en maíz. Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino.
- Molina, R. A. (2010). Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro: INIAP-H-601, INIAP-H-553, HZCA 315, HZCA 317, AUSTRO 1, frente a dos testigos, AGRI 104 Y DEKALB 7088, sembrados por el agricultor local, en San Juan - cantón Pindal - provincia de Loja. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.
- Ojopi K, (2013). Caracterización de la fases fenológicas del cultivo de girasol. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Facultad de Ciencias Agrícolas.

- Orozco, J. A. (2010). Evaluación bioagronómica de una variedad y cinco híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.), en el sector la colombina del cantón Alausí. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ortega, Y. (2012). Ruralidad y su desarrollo en el cantón Pindal.
- Paliwal, R. (2011). Origen, evolución y difusión del maíz. Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 28. Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s03.htm>.
- Polanía, I.; Arévalo, H. (2007). El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae.*) y algunas plantas transgénicas. Revista colombiana de ciencias hortícolas - Vol. 1 - No.1 - pp. 103-113, 2007.
- Reyes, S.; Alarcon, D.; Carrillo, R.; Carvajal, T.; Cedeño, N.; Castillo, S. (2004). INIAP-H-601 Híbrido para condiciones de ladera del trópico ecuatoriano. INIAP Estación experimental portoviejo Programa de maíz.
- Ritchie, S. (2002). Cómo se desarrolla una planta de maíz. INPOFOS Cono sur.
- Rivetti, A. R. (2006). Producción de maíz bajo diferentes Regímenes de riego complementario en Río cuarto, Córdoba, Argentina. Rev. FCA UNCuyo.
- Ruiz Alvarez.; Arteaga Ramirez, R., Vázquez Peña, M., Ontiveros Capurata, R.; Lopez López, R. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. Universidad y Ciencia.
- Salvador, R. J. (2001). Maíz. Universidad Autónoma Chapingo, Dep. de Fitotecnia.
- Sánchez, H. (2004). Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas en Huaura-Departamento de Lima. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Sánchez, J. (2011). Diversidad del maíz y el teocinte. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.
- SEDAF. (1998). El cultivo de maíz. Centro para el desarrollo agropecuario y forestal, Santo Dom. Rep. Dominicana, Guía Técnica N°33.
- Sentek S.A. (2003). Diviner 2000 Guía de Usuario Versión 1.21. Sentek Pty Ltd
ABN 78 007 916 67277 Magill Road Stepney South Australia 5069.

- Serratos , J. A. (2012). El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la ciudad de México.
- Terrazas, D. (2012). Gusano cogollero del maíz. Gobierno autónomo del departamento de Santa cruz –Bolivia.
- Toledo, R. (2014). Etapas de desarrollo del cultivo de maíz. Dpto. Producción Vegetal F. C. A. – U. N. C. MP: 2818.
- Vargas, L. A. (2011). Difusión de maíz por el mundo. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM.
- Vasconez , G.; Calvache, A.M.; Diaz, G.; Sabando, F. (2010). Determinación de las Necesidades hídricas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo efecto de tres distanciamientos entre hilera. Sociedad ecuatoriana de la ciencia del suelo.
- Velazquéz, J. A.; Vinces, E. X. (2011). Comportamiento agronómico de 15 híbridos de maíz amarillo (*Zea mays* L.), en el valle del río Portoviejo. Universidad Técnica de Manabí.
- Vera, E. J. (2011). Fertilización química del híbrido de maíz INIAP H-602 con fuente alternativas de nitrógeno. Univesidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí.
- Yzarra, W. J., & López, F. M. (2012). Manual de observaciones fenológicas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de los análisis del suelo, del terreno donde se instaló el proyecto de investigación.

DATOS DE LOTE		pH		NH ₄		P		K		Ca		Mg		S		Zn		Cu		Fe		Mn		B		
		ppm						meq/100ml						ppm												
Alberto Vaca	Pindal	0-20	5,9	MeAc	33	B	6	M	0,2	A	21	A	4,6	A	20	M	3,7	M	12	A	84	A	133	A	0,37	B
		20-40	6,2	Lac	42	B	4	B	0,13	A	19	A	4,2	A	19	M	2,2	M	11,8	A	54	A	105	A	0,36	B

C.E.	M.O.	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	BASES	RAS	CIC	CI	AREN	LIMO	ARCIL	CLASE TEXTURAL
meq/100ml	%						meq/100ml		%			
0,33 NS	4,1 M	4,5	23	128	25,8		30,86		20	40	40	arcilloso
0,17 NS	1,8 B	4,5	32,3	178,46	23,3		29,47		32	26	42	arcilloso

Anexo 2: Resultados del índice de balance hídrico, sumatoria del requerimiento hídrico de las etapas fenológicas (mm), en los dos híbridos con sus respectivos tratamientos.

Índice de Balance Hídrico				
	Germinación	Etapas Vegetativa	Llenado de grano	Madurez fisiológica
V1T	16	196,65	82,8	87,93
V1FA	16	187,28	82,57	87,93
V1FC	16	181,69	79,15	82,14
V2T	16	204,18	93,78	87,99
V2FA	16	196,07	87,36	86,37
V2FC	16	193,07	85,8	84,32

Anexo 3: Resultados de la duración de las etapas fenológicas del híbrido INIAP-H-601.

Tratamiento	Repetición	GERMINACIÓN	PRESENCIA DE PANOJA	LLENADO DEL GRANO	MADUREZ FISIOLÓGICA	TOTAL
	Promedio 1	5	64	27	28	124
V1T	Promedio 2	6	59	27	29	122
	Promedio 3	6	63	28	27	124
	Prom. General	5,66	62	27,33	28	124
	Promedio 1	6	59	28	28	121
V1FA	Promedio 2	6	59	29	28	122
	Promedio 3	6	59	28	27	120
	Prom. General	6	59	28,33	27,66	121
	Promedio 1	5	56	27	27	115
V1FC	Promedio 2	6	56	27	26	115
	Promedio 3	6	59	27	27	119

	Prom. General	5,66	57	27	26,66	116,63
--	---------------	------	----	----	-------	--------

Anexo 4: Resultados de la duración de las etapas fenológicas del híbrido DEKALB 7088.

Tratamiento	Repeticiones	GERMINACIÓN	PRESENCIA DE LA PANOJA	LLENADO DEL GRANO	MADUREZ FISIOLÓGICA	TOTAL
V2T	Promedio	6	68	31	28	133
	Promedio	5	70	32	28	135
	Promedio	7	70	32	28	
	Prom general	6	69,33	31,66	28	135
V2FA	Promedio	6	65	28	27	128
	Promedio	6	65	28	28	125
	Promedio	6	65	29	27	125
	Prom general	6	67,66	30,33	27,33	125,33
V2FC	Promedio	6	63	28	27	129
	Promedio	6	63	27	27	129
	Promedio	6	63	27	27	129
PROM GENERAL		6	63	27	27	123

Anexo 5: Promedios y desviación estándar de las estructuras de las plantas en etapa vegetativa del híbrido INIAP-H-601.

MEDIA		ALTURA							
FECHA	03/02/2014	10/02/2014	17/02/2014	24/02/2014	03/02/2014	10/03/2014	17/03/2014	24/03/2014	231/03/2014
TESTIGO	6,89	14,11	19,83	23,20	41,87	94,87	126,47	178,86	192,27
F SIMILAR	7,53	14,95	22,07	24,57	47,93	106,00	159,73	204,87	220,87
F COMPLETA	8,23	16,91	24,43	28,90	62,80	123,20	167,47	218,33	229,60
DESVEST		ALTURA							
FECHA	03/02/2014	10/02/2014	17/02/2014	24/02/2014	03/02/2014	10/03/2014	17/03/2014	24/03/2014	231/03/2014
TESTIGO	0,73	2,07	1,98	5,10	10,13	29,26	33,87	38,17	36,27
F SIMILAR	0,88	2,46	3,92	5,03	10,09	24,52	25,22	32,42	30,63
F COMPLETA	1,41	3,54	5,30	5,79	11,05	17,52	26,92	33,12	27,49
MEDIA		HOJA							
FECHA	03/02/2014	10/02/2014	17/02/2014	24/02/2014	03/02/2014	10/03/2014	17/03/2014	24/03/2014	231/03/2014

TESTIGO	2,00	3,80	5,00	5,53	6,27	8,07	9,60	11,53	12,13
F SIMILAR	2,00	3,80	5,20	5,53	6,80	8,67	10,80	12,67	13,40
F COMPLETA	2,00	3,93	5,40	5,73	7,40	9,33	11,87	14,13	14,13
DESVEST	HOJA								
FECHA	03/02/2014	10/02/2014	17/02/2014	24/02/2014	03/02/2014	10/03/2014	17/03/2014	24/03/2014	31/03/2014
TESTIGO	0,00	0,41	0,52	0,52	0,80	1,10	1,76	1,88	2,07
F SIMILAR	0,00	0,41	0,41	0,64	0,56	0,82	0,83	0,82	1,64
F COMPLETA	0,00	0,46	0,56	0,46	0,51	0,90	1,19	1,36	1,41
MEDIA	TALLO								
FECHA	03/02/2014	10/02/2014	17/02/2014	24/02/2014	03/03/2014	10/03/2014	17/03/2014	24/03/2014	231/03/2014
TESTIGO	0,62	0,97	1,45	1,61	1,87	2,21	2,53	2,70	2,73
F SIMILAR	0,66	1,07	1,67	1,84	1,96	2,43	2,99	3,03	3,02
F COMPLETA	0,69	1,26	1,83	2,03	2,57	3,00	3,15	3,19	3,21
MEDIA	TALLO								
FECHA	03/02/2014	10/02/2014	17/02/2014	24/02/2014	03/03/2014	10/03/2014	17/03/2014	24/03/2014	231/03/2014
TESTIGO	0,09	0,14	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31
F SIMILAR	0,07	0,15	0,21	0,21	0,20	0,22	0,22	0,21	0,22
F COMPLETA	0,12	0,22	0,34	0,38	0,38	0,37	0,39	0,39	0,41

Anexo 6: Promedios y desviación estándar de los datos fenométricos de la etapa vegetativa del híbrido DEKALB 7088.

PROMEDIO DE ALTURA										
FECHA	03-feb	10-feb	17-feb	24-feb	03-mar	10-mar	17-mar	24-mar	31-mar	07-abr
TESTIGO	6,25	12,67	19,00	29,87	51,53	76,80	112,33	146,00	150,27	184,13
FA	6,37	12,27	17,60	33,57	59,40	89,07	132,40	163,20	172,93	212,73
FC	6,45	12,50	19,47	37,87	68,07	91,60	134,20	174,27	181,13	218,73
DESVEST DE ALTURA										
FECHA	03-feb	10-feb	17-feb	24-feb	03-mar	10-mar	17-mar	24-mar	31-mar	07-abr
TESTIGO	0,76	1,80	4,19	3,56	9,49	12,14	13,15	15,59	15,40	21,96
FA	0,83	2,23	3,76	4,20	10,71	10,24	11,43	15,07	12,34	13,03

FC	1,09	1,10	3,11	5,71	10,00	14,40	11,14	15,86	17,77	11,21
PROMEDIO DE NUM. DE HOJAS VERDES										
FECHA	03-feb	10-feb	17-feb	24-feb	03-mar	10-mar	17-mar	24-mar	31-mar	07-abr
TESTIGO	2,00	4,07	4,73	5,73	6,93	8,00	9,73	10,53	12,40	12,67
FA	2,00	3,93	4,53	5,60	6,60	8,13	9,93	10,87		14,07
FC	2,00	4,27	4,93	5,93	7,27	8,73	10,27	11,87	14,20	14,73
DESVEST DE NUM. DE HOJAS VERDES										
FECHA	03-feb	10-feb	17-feb	24-feb	03-mar	10-mar	17-mar	24-mar	31-mar	07-abr
TESTIGO	0	0,26	0,59	0,70	0,59	0,76	1,10	1,06	1,06	1,05
FA	0	0,59	0,52	0,63	0,99	0,83	1,03	1,06	1,40	1,28
FC	0,000	0,46	0,26	0,59	0,46	0,80	1,10	1,36	1,74	1,39
PROMEDIO DEL DIAMETRO DEL TALLO										
FECHA	03-feb	10-feb	17-feb	24-feb	03-mar	10-mar	17-mar	24-mar	31-mar	07-abr
TESTIGO	0,63	1,17	1,38	1,80	2,07	2,51	2,84	2,89	2,91	2,89
FA	0,70	1,16	1,35	1,73	1,95	2,21	2,85	3,17	3,19	3,20
FC	0,69	1,28	1,42	1,92	2,29	2,72	3,03	3,29	3,31	3,36
DESVEST DEL DIAMETRO DEL TALLO										
FECHA	03-feb	10-feb	17-feb	24-feb	03-mar	10-mar	17-mar	24-mar	31-mar	07-abr
TESTIGO	0,07	0,22	0,30	0,28	0,27	0,26	0,34	0,33	0,22	0,29
FA	0,08	0,22	0,22	0,40	0,29	0,25	0,40	0,19	0,27	0,25
FC	0,06	0,25	0,24	0,24	0,23	0,27	0,38	0,26	0,25	0,26

Anexo 7: Promedios de la longitud y ancho de la mazorca del híbrido INIAP-H-601.

Tratamiento	Repetición	Longitud	Diámetro
V1T	1	16,27	4,64
	2	16,75	4,64
	3	16,73	4,7
	Prom. General	16,58	4,66
V1FA	1	19,61	4,82
	2	18,32	4,92
	3	19,35	4,95
	Prom. General	19,1	4,90
V1FC	1	20,68	4,92
	2	20,61	4,97
	3	20,54	5,17
	Prom. General	20,61	5,02

Anexo 8: Promedios de la longitud y ancho de la mazorca del híbrido Dekalb 7088.

Tratamiento	Repetición	Longitud	Diámetro
V2T	1	14,8	4,97
	2	14,1	4,94
	3	14,21	4,87
	Prom. General	14,37	4,92
V2FA	1	16,45	5,24
	2	15,17	5,17
	3	16,77	5,37
	Prom. General	16,13	5,26
V2FC	1	17,62	5,37
	2	18,31	5,41
	3	17,05	5,38
	Prom. General	17,66	5,38

Anexo 9.- Precipitaciones tomadas por la estación meteorológica Zapotillo, en la fechas indicadas.

FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
enero																	
febrero	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0
marzo	1,3	3,1	2,5	1,7	2,3	1,3	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abril	1,8	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mayo	1,3	0	0	0	0	7	0,3	0	0,8	0	7,1	0	0	0	4,9	0	0
Total	5,4	4,2	2,9	1,7	2,3	8,3	0,3	0,5	0,8	0	7,1	0,4	0	0	4,9	0	0

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL
				1	0	0	1,1	0	0	0	0,6	0,4	2,2	0	5,3
	0	0	0,3	0	0	15,6	2,3	0	0	0	29,5				49,2
	1,5	0	0,9	0	0	0	11	0	1,3	0	0	0,7	0	0	28,1
	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	3,7	0,2		8,8
	0	0	9	0,2	0	0	0								30,6
	1,5	0,9	10,2	1,2	0	15,6	14,4	0	1,3	0	30,9	4,8	2,4	0	122

Anexo 10.- Fotografías del desarrollo del presente ensayo.

a. Planta de maíz en estado de germinación.



b.- Vista parcial del el ensayo, tres semanas después del establecimiento.



c.- Plántulas de maíz terminando el periodo de germinación.



d.- Planta de maíz perteneciente al Híbrido Dekalb 7088



e.- Planta de maíz, perteneciente al híbrido INIAP-H-601.



f.- Vista parcial del suelo, luego de la aplicación de fertilizantes externos.



g.- Equipo Diviner 2000, en el campo luego de haber tomado datos de humedad.



