

Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) utilizando cuatro híbridos

Evaluation of the development and yield of the corn crop (Zea mays L.) using four hybrids

Rocío Noemí Guamán Guamán^{1*}, Teodoro Xavier Desiderio Vera², Ángel Fabián Villavicencio Abril³, Santiago Miguel Ulloa Cortázar⁴, Edison Javier Romero Salguero⁵

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Vía Santo Domingo-Quevedo km 24, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador P.O.BOX: 171-5-231B.

 <https://orcid.org/0000-0002-1795-4068>

² Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Vía Santo Domingo-Quevedo km 24, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador P.O.BOX: 171-5-231B.

 <https://orcid.org/0000-0002-7040-1809>

³ Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Vía Santo Domingo-Quevedo km 24, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador P.O.BOX: 171-5-231B.

 <https://orcid.org/0000-0003-0058-271X>

⁴ Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Vía Santo Domingo-Quevedo km 24, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador P.O.BOX: 171-5-231B.

 <https://orcid.org/0000-0001-6403-6780>

⁵ Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Vía Santo Domingo-Quevedo km 24, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador P.O.BOX: 171-5-231B.

 <https://orcid.org/0000-0001-6403-6780>

✉ Autor para correspondencia: mguaman@espe.edu.ec

Resumen

El maíz es un cultivo de importancia económica a nivel mundial. Las características genotípicas y fenotípicas, son afectadas por las condiciones ambientales a las que se expone la planta. El objetivo de la investigación fue evaluar el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz, utilizando cuatro híbridos de maíz, durante el periodo noviembre-febrero 2016. El ensayo se desarrolló en la parroquia Luz de América, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. La fertilización y control de plagas del cultivo fue de forma similar en todos los tratamientos, los híbridos fueron: Trueno-NB-7443®, Iniap-H-551®, Pioneer-F30K73® y Gladiador-DOW-2B-688®, los cuales se ofertan como las mejores opciones de material genético en la zona. Se evaluaron las variables rendimiento por hectárea, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca y peso de la mazorca, número de hojas, altura de la planta, altura de inserción a la mazorca, y mazorcas por planta. El híbrido mejor desarrollado fue Pioneer-F., al expresar altos rendimientos en cuanto a producción por hectárea; mientras Trueno-NB. e Iniap-H., ocupan rangos no significativos, Gladiador-DOW-2B-688®, es el menos potencializado. Se concluye que durante el periodo de tiempo evaluado, el híbrido que mejor se desarrolla y genera los mejores rendimientos, bajo las condiciones agroclimáticas que ofrece la zona de Luz de América, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, fue el híbrido Pioneer F30K73®, siendo una de las mejores opciones que tiene el agricultor, al momento de elegir un material genético para cultivar, dentro del periodo evaluado.

Palabras clave: desarrollo, híbridos, maíz, rendimiento.

Abstract

Corn is a crop of economic importance worldwide. The genotypic and phenotypic characteristics are affected by the environmental conditions where the plant is exposed. The objective of the research was to evaluate the development and performance of the corn crop, using four corn hybrids, during the period November 2015-February 2016. The trial was developed in the parish of Luz de América, province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. The fertilization and pest control of the crop was similar in all treatments, the hybrids were: Trueno-NB-7443®, Iniap-H-551®, Pioneer-F30K35® and Gladiador-DOW-2B-688® which are offered as the best

options of genetic material in the area, were evaluated the variables yield per hectare, length of the cob, diameter of the cob and weight of the cob, number of leaves, height of the plant, height of insertion to the cob, and cobs per plant. The best developed hybrid was Pioneer-F., expressing high yields in terms of production per hectare; while Trueno-NB., and Iniap-H., occupy non-significant ranges, Gladiador DOW 2B-688®, is the least potentialized. It is concluded that during the evaluated period of time, the hybrid that better develops and generates the best yields, under the agro-climatic conditions offered by the zone of Luz de America, province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, was the hybrid Pioneer F30K73®, being one of the best options that the farmer has, at the moment of choosing a genetic material to cultivate, within the evaluated period.

Keywords: development, hybrids, corn, yield.

1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es el único cereal que puede ser utilizado como alimento ya sea para personas o animales, en cualquier etapa del desarrollo de la planta o producción (Sánchez, 2014). Es un cultivo de importancia económica a nivel mundial, debido a su utilidad como alimento para humanos y ganado, este cultivo es fuente de un gran número de productos industriales (FIRA, 2016). En el estudio realizado durante el año 2014, el maíz duro seco abarcó el 40% de la producción mundial de granos (Monteros & Salvador, 2014), mientras que en el año 2016 la producción mundial de maíz alcanzó 1.025,6 millones de toneladas, generando un rendimiento promedio de 5,69 toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), según Fideicomisos Instituidos en Relación (FIRA, 2016).

El maíz es un cultivo tradicional que ha llegado a alcanzar una gran importancia económica en varias zonas del Litoral y Sierra ecuatoriana (Segovia, 2006). La producción de maíz es cada vez mayor en los cultivos ecuatorianos, ya que las semillas híbridas de alto rendimiento permiten a los agricultores cosechar más, en una misma superficie (Monteros & Salvador, 2014). La producción de maíz se triplicó pasando de 0,42 a 1,4 millones de toneladas de maíz, producidas en el periodo 2000-2013, variación que fue generada por el cambio en la utilización de semilla criolla, a paquetes tecnológicos, los cuales incluyen semilla híbrida (Lusero, 2013), toda esta producción se obtuvo dentro de un promedio de 270 mil hectáreas cultivadas.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2016), la producción nacional de maíz duro es de 1'091.108 toneladas dentro de 341.254 hectáreas sembradas, generando un promedio de $3,2\ t\ ha^{-1}$, mientras que dentro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se produjeron 9.209 toneladas en un área de 3.096 hectáreas sembradas, alcanzando una producción promedio de $2,97\ t\ ha^{-1}$, durante el año 2016 (Baca, 2016).

A nivel nacional la producción de maíz se fracciona en aquellas que se generan de manera tecnificada por parte de los grandes productores (agricultura convencional) y de forma manual, conformada por los pequeños productores (agricultura tradicional), los cuales han alcanzado un rendimiento promedio de 7,1 y $4,8\ t\ ha^{-1}$ respectivamente (Monteros & Salvador, 2014). La desventaja por parte de los pequeños productores es que no cuentan en su gran mayoría con la información necesaria, que les proporcione características representativas del cultivo, así como adaptación a la zona, niveles de producción, resistencia a plagas y enfermedades, exigencias agroclimáticas, e incluso requerimientos nutricionales, considerando la calidad de los suelos de la zona, que son particularidades esenciales al momento de elegir el material genético que va a implantar en sus predios en busca de alcanzar una producción elite, y sencillamente se guían por la semilla que se encuentra en la casa comercial de su confianza.

En la actualidad los agricultores tienen la opción de emplear híbridos de maíz que cuentan con el aval de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad) e Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que distribuyen las semillas según la ubicación y las condiciones geográficas mediante estudios previos. Sin embargo, lugares considerados agrícolas como es el caso de la parroquia Luz de América, Santo Domingo de los Tsáchilas, no cuentan con estudios realizados por parte de las entidades competentes, que les sirvan de referencia y brinden opciones al momento de elegir un material de siembra que sea apropiado para obtener un aprovechamiento máximo. Los rendimientos de grano de maíz varían entre genotipos, por lo que se dificulta la selección de híbridos con mayor adaptación a las condiciones ambientales de una misma localidad (Aguilar *et al.*, 2015). La expresividad de las características genotípicas y fenotípicas son afectadas por las condiciones ambientales presentes en localidades distintas a la seleccionada para el presente estudio, siendo necesaria la evaluación de los híbridos

en áreas potenciales para la producción comercial de maíz (Ávila *et al.*, 2009).

Aguiluz (1998) menciona además que pese a décadas de investigación en el desarrollo de germoplasma mejorado de maíz, aún se obtienen bajos rendimientos, consecuencia directa de factores como los climáticos, poca fertilidad del suelo, manejo agronómico inadecuado o porque no se dispone del material genético más adecuado en la región. Esto debido a que cada híbrido tiene características propias de rendimiento y adaptación, que marcan su diferencia (Paratori, 1986).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo y rendimiento de cuatro híbridos de maíz: Trueno NB-7443®, Iniap H-551®, Pioneer F30K73® y Gladiador DOW 2B-688®, con la finalidad de generar una referencia que pueda ser utilizada por los agricultores de la zona al momento de decidir qué material genético va a cultivar

en sus predios, en la zona de Luz de América, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, en busca de aportar a la expansión de la frontera agrícola del país.

2. Materiales y métodos

La presente investigación se realizó, en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas (UFA) ESPE, ubicada en el kilómetro 35 de la vía Santo Domingo-Quevedo de la parroquia Luz de América, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador; en las coordenadas UTM; (X) 0684203 m, (Y) 9945330 m (Figura 1), la ubicación ecológica fue: bosque húmedo tropical, precipitación 2.700 mm, 700 horas luz, humedad relativa 80-90%, temperatura 24,5°C, valores promedios respectivamente; suelo franco arenoso y altitud 224 m s.n.m., en el periodo de tiempo noviembre-febrero 2016, correspondiente al inicio de lluvias.

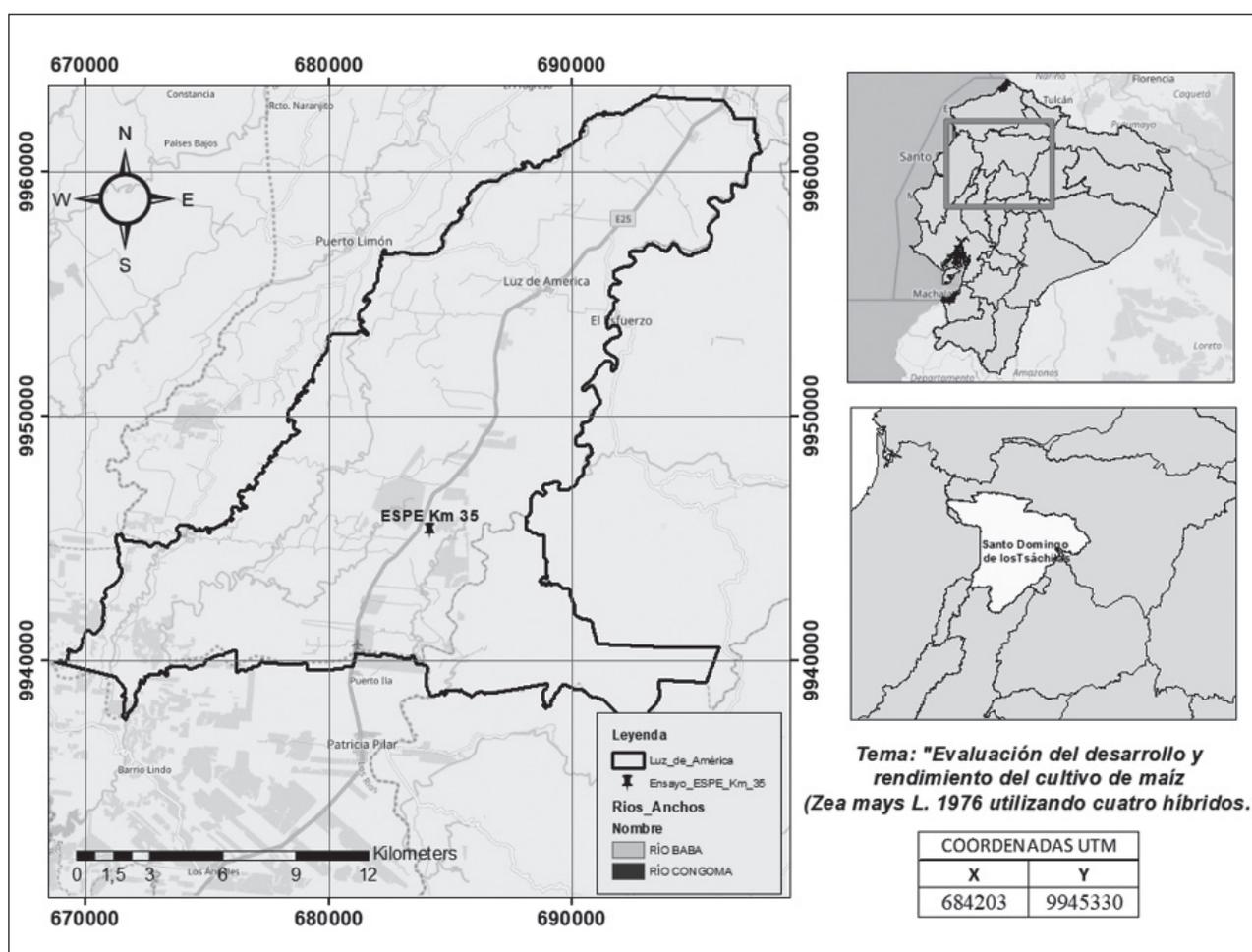


Figura 1. Ubicación del ensayo desarrollado en la Universidad de las Fuerzas Armadas (UFA) ESPE- Hacienda San Antonio, parroquia Luz de América, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

Se estableció el cultivo de forma manual en un terreno previamente preparado mecánicamente con el uso de la rastra de discos por dos ocasiones en direcciones contrarias, bajo un distanciamiento de siembra de 0,8 (entre hileras) y 0,20 m (entre plantas) con una densidad de 62.500 plantas por hectárea, simulando las distancias de una siembra mecanizada. La toma de datos del cultivo se realizó cada ocho días, y se concluyeron los resultados tomando en consideración la información de la estación meteorológica Puerto Ila que fue la más cercana al lugar de estudio.

Se trabajó con un diseño de bloques completos al azar, los tratamientos utilizados fueron los cuatro materiales genéticos, con igual número de repeticiones. El número de unidades experimentales fueron 16, mientras, que el número de las muestras analizadas en todo el estudio fueron 160 plantas, lo que corresponde al 10% del total de plantas establecidas en las parcelas, basándose en los protocolos de evaluación para el manejo de ensayos en el cultivo de maíz determinado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1999), las cuales se seleccionaron aleatoriamente y se identificaron bajo una numeración, para que las distintas tomas de datos sean sobre la misma planta evitando que exista una alteración en los resultados. Los materiales genéticos usados fueron los híbridos Trueno NB-7443®, Iniap H-551®, Pioneer F30K73® y Gladiador DOW 2B-688® los cuales se ofertan como las mejores opciones de material genético en la zona.

El manejo agronómico fue similar para todos los tratamientos, la fertilización se realizó tomando en consideración el requerimiento nutricional estándar del cultivo establecido por Mosaic (2005), que corresponde a nitrógeno (N) 176, fósforo (P) 32 y potasio (K) 152 kilogramos por hectárea (kg ha^{-1}), comparado con el contenido nutricional expresado en el análisis químico del suelo que fue de N (46,9), P (10,4) y K (70,2) kg ha^{-1} , el cual fue ejecutado con anterioridad en el sitio, en donde luego de los cálculos correspondientes, se aplicó las dosis de úrea **4,5 gramos por planta (g plta^{-1})** ($281,5 \text{ kg ha}^{-1}$), Murriato de potasio **0,7 g plta^{-1}** ($43,8 \text{ kg ha}^{-1}$) y Súper fosfato triple **2,9 g plta^{-1}** ($181,3 \text{ kg ha}^{-1}$), distribuido en tres aplicaciones uniformemente balanceadas, a los 15 días (presencia de 5 hojas, desarrollo vegetativo de maíz **estadio V5**), a los 25 días (**estadio V6**, comienza el periodo de rápida elongación) y a los 40 días (**estadio V10**, inicia la etapa reproductiva) de la germinación respectivamente, considerando que las plantas requieren de altas cantidades de nutrientes

para poder cumplir con las funciones fisiológicas (Ritchie *et al.*, 1993).

Se efectuó un control para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) que fue la única plaga presente en el cultivo, con el uso de cipermetrina y clorpirifos utilizados en rotación, en la dosis de 1 ml por litro de agua (dos aplicaciones), la primera fue a los 21 días de germinadas las plantas, tiempo en el cual aparecieron los primeros gusanos cogolleros, la segunda a los 40 días, antes de llegar a la floración.

Las variables en estudio fueron medidas en las 160 plantas elegidas de manera aleatoria, siendo estas; (i) rendimiento por hectárea (pesando el grano seco producido por planta y expresado por hectáreas), (ii) longitud de la mazorca (se midió con ayuda de una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la mazorca), (iii) diámetro de la mazorca (con ayuda de un calibrador se tomó el dato de la parte media de la mazorca), (iv) peso de la mazorca (en una balanza electrónica regulada en la unidad de medida en gramos), (v) número de hojas por planta, (vi) altura de la planta (se midió con ayuda de una cinta métrica desde la base de la planta hasta el ápice de la planta), (vii) altura de inserción de la mazorca (desde la base hasta la apertura en donde se originó la mazorca), (viii) número de mazorcas por planta, (ix) enfermedades (se evaluó de forma visual con ayuda de un especialista según las características físicas de cada enfermedad, planta por planta, y se cuantificaron las plantas afectadas de cada tratamiento expresándolo en porcentajes), (x) porcentaje de acame de la planta (luego de la floración se registró la cantidad de plantas viradas con una inclinación menor a un ángulo de 25 grados desde el nivel del suelo), (xi) tasa fotosintética (con ayuda de un medidor de clorofila, bajo la unidad de medida en grados Spad, la evaluación se realizó de la misma hoja, en tres puntos formando un triángulo, y realizando un valor promedio de las tres tomas), (xii) días a la floración (cuando las plantas de cada tratamiento alcanzaron un 75% del total de las plantas con aparición de la espiga floral, se anotó la fecha y se calcularon los días que habían transcurrido), y (xiii) días a la fructificación (cuando las plantas de cada tratamiento alcanzaron un 75% del total de las plantas con aparición de la mazorca, se anotó la fecha y se calcularon los días que habían transcurrido).

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante el software para análisis estadístico InfoStat, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias para confirmar su significancia se llevó a cabo mediante Tukey ($p < 0,05$).

3. Resultados y discusión

En la presente investigación, considerando los resultados en cuanto al rendimiento del cultivo expresado en orden descendente fue 7,15; 5,25; 4,65 y 4,50 t ha⁻¹, correspondiente a los materiales genéticos Pioneer F., Iniap H., Trueno N., y Gladiador D., respectivamente, alcanzando una diferencia altamente significativa en donde se obtuvo un valor de $p \leq 0,0001$ (Figura 2a). Se considera que el rendimiento del cultivo expresado depende de la adaptación de la planta en el ambiente y el desarrollo que la misma puede alcanzar en la zona plantada.

Cuando las plantas están bajo condiciones de estrés a causa de los entornos agroclimáticos del lugar en donde está establecida, esta acción de adaptabilidad repercute en la productividad y la calidad de los frutos (Garzón *et al.*, 2013). Por lo que se puede afirmar que Pioneer F. (7,15 t ha⁻¹) es el mejor adaptado a la zona, ya que el mismo híbrido sembrado en la zona de Balzar provincia del Guayas, en el año 2009 solo alcanzó 6,1 t ha⁻¹ (Andino, 2009), considerando el rendimiento por hectárea, mientras Gladiador D., (4,50 t ha⁻¹), tiende a ser el híbrido peor adaptado a la zona de Luz de América dentro de la investigación ejecutada, comparando el rendimiento obtenido por Zambrano (2016), que fue de 16,2 t ha⁻¹ en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos. Por medio de estas comparaciones se afirma que la adaptabilidad de una planta depende de la zona agroclimática donde está plantada, lo que es corroborado por Wong & Gutiérrez del Río (2007); quienes mencionan que los híbridos comerciales poseen una mayor longitud y peso de la mazorca para obtener los

más altos rendimientos, estas características se conservan, siempre y cuando el sitio de siembra conserve las condiciones agronómicas requeridas por el híbrido; también observaron que el diámetro y la longitud de mazorca contribuyen a aumentar el número y tamaño de granos por mazorca por unidad de superficie y, por lo tanto, el rendimiento.

En las variables consideradas factores determinantes para el rendimiento, como longitud, diámetro y peso de la mazorca obtuvieron un valor de $p \leq 0,0001$ que origina una diferencia altamente significativa (Figura 2: b, c, d); donde Pioneer F., fue el mejor, al ubicarse en los rangos más altos generados con una longitud de 21,5 cm; diámetro 4,7 cm; y peso de la mazorca de 257,3 g, mientras que Gladiador D., ocupó el rango más bajo obteniendo las siguientes medidas de las mazorcas: longitud 16 cm; diámetro 4,3 cm y peso 159,7 g; sin embargo, los valores inferiores en la investigación en cuanto al diámetro de la mazorca fue para Trueno N., 4,1 cm.

Se considera que existió una correlación estadísticamente significativa entre diámetro, longitud y peso de la mazorca, como se puede apreciar en la Tabla 1, donde el coeficiente de correlación Pearson abarca desde 0,64 hasta 0,96, motivo por el cual el rendimiento generado por Pioneer F., y Gladiador D., fueron los rangos más elevados y bajos respectivamente en comparación con los demás híbridos evaluados, siendo el largo de la mazorca un parámetro de influencia directa en el rendimiento acompañado del diámetro y el llenado de la mazorca de maíz (Domínguez, 2005).

Tabla 1. Coeficiente de correlación (Pearson) de las medidas lineales entre las variables con diferencia significativa.

	Altura de la planta	Número de hojas	Altura de inserción a la mazorca	Longitud de la mazorca	Diámetro de la mazorca	Peso de la mazorca	Rendimiento del cultivo	Presencia de enfermedades
Altura de la planta	1							
Número de hojas	0,3	1						
Altura de inserción a la mazorca	0,76	0,12	1					
Longitud de la mazorca	0,54	0,29	0,62	1				
Diámetro de la mazorca	0,36	0,51	0,11	0,64	1			
Peso de la mazorca	0,55	0,35	0,56	0,96	0,71	1		
Rendimiento del cultivo	0,51	0,42	0,4	0,94	0,78	0,94	1	
Presencia de enfermedades	-0,75	0,23	-0,8	-0,43	0,08	-0,35	-0,26	1

Al evaluar la variable número de hojas se presentó una diferencia significativa ($p=0,025$), se puede observar que existe una relación, al comparar esta variable con la altura de la planta la cual generó una diferencia significativa ($p=0,038$) entre los híbridos de maíz, al expresarse un coeficiente de correlación de 0,3 (Tabla 1), donde Pioneer F., adquirió los valores de 11 hojas y 203 cm de altura promedio, considerados los valores más altos, siendo el número de hojas promedio 10, para los híbridos restantes, mientras su altura de planta fue: 177,5; 191,2 y 196,6 cm, valores correspondientes a Gladiador D., Trueno N., e Iniap H., respectivamente.

Considerando en la investigación como variable, la altura en la cual se presentó la inserción de las mazorcas de maíz en los híbridos evaluados (Figura 2f), los resultados adquiridos fueron similares entre Trueno N., y Pioneer F., siendo de 81,2 cm, considerándose el valor más elevado obtenido en la investigación. De manera contraria, los valores más bajos fueron de Iniap H., y Gladiador D., con 69,6 y 57,7 cm, respectivamente, obteniendo una diferencia significativa entre los híbridos evaluados ($p=0,0054$).

Las variables altura de la planta, número de hojas y altura de inserción de la mazorca, en mayor proporción fueron desarrolladas por el híbrido Pioneer F., quien expresa una relación entre ellas, como se visualiza en la tabla 1, al presentar los valores de 0,3 y 0,76 en el coeficiente de correlación, es decir, a medida que aumenta el tamaño de la planta, incrementa el número de hojas y por ende la altura de inserción de la mazorca será más alta; dando como resultado la producción de una mayor biomasa, tomando en consideración la altura de la planta y la cantidad de hojas presentes. Mediante estudios realizados se menciona que la eficiencia en el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz depende de la cantidad de biomasa que se distribuye hacia el grano (Paliwal *et al.*, 2001), la tasa de crecimiento del cultivo es considerado un índice específico que refleja la productividad del cultivo (Santos *et al.*, 2010), por lo que las plantas de maíz que alcanzan alturas más elevadas tienen rendimientos potenciales más altos, a pesar de ser esta una variable que depende de un número elevado de factores como el ambiente y la variedad de la semilla. Aquello es corroborado en nuestra investigación al observar las variables antes mencionadas y el rendimiento, tomando en cuenta que los híbridos utilizados tienen doble propósito, tanto para la industria como para consumo forrajero.

Al determinar el número de mazorcas por planta no se presentó diferencia estadística significativa ($p=0,108$), sin embargo, Gladiador D. consiguió el rango más alto, y el rango más bajo lo alcanzó Trueno N., con 1,4 y 1,1 mazorcas por planta promedio, respectivamente.

En la Figura 2g con un valor de $p=0,015$ se observa que se genera una diferencia significativa, el tratamiento más susceptible a enfermedades es Gladiador D., con un 63,3% de plantas afectadas por *Physoderma maydis*, *Curvularia lunata* y *Helminthosporium maydis*, lo que repercutió directamente en el rendimiento, variable donde presentó 4,50 t ha⁻¹ considerándose la producción más baja en el ensayo, resultado que es corroborado por el coeficiente de **correlación negativo (-0,26)** que se expone en la Tabla 1. Una de las características de este híbrido, es que tolera muy bien el estrés hídrico (ARIS, 2014), por lo que la humedad a la que se expone debe ser baja, por ello la presencia de enfermedades es muy reducida, mientras que la zona de Luz de América presentó una humedad relativa alta (86%), según la estación meteorológica de Puerto Ila durante la etapa de desarrollo vegetativo de las plantas, lo que genera que el cultivo sea susceptible a presentar enfermedades fúngicas, ya que éstas son influenciadas por las condiciones ambientales, como temperaturas moderadas y alta humedad (Sillon, 2012).

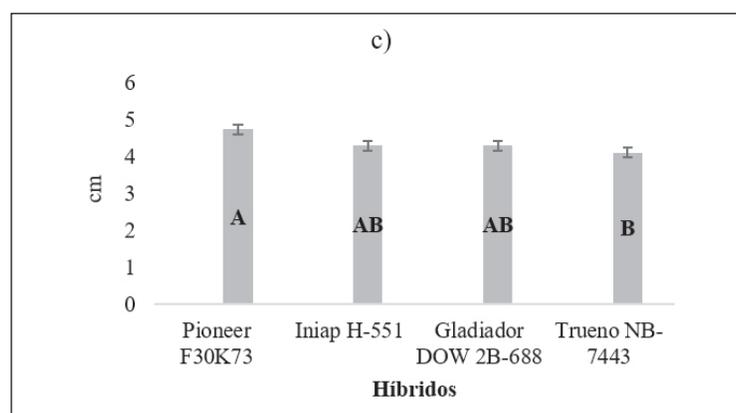
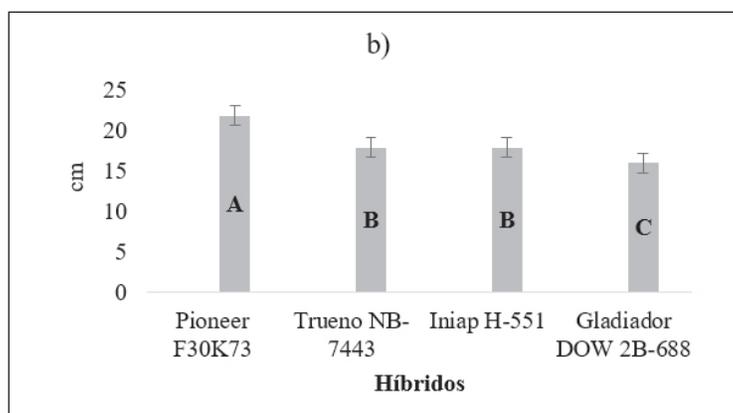
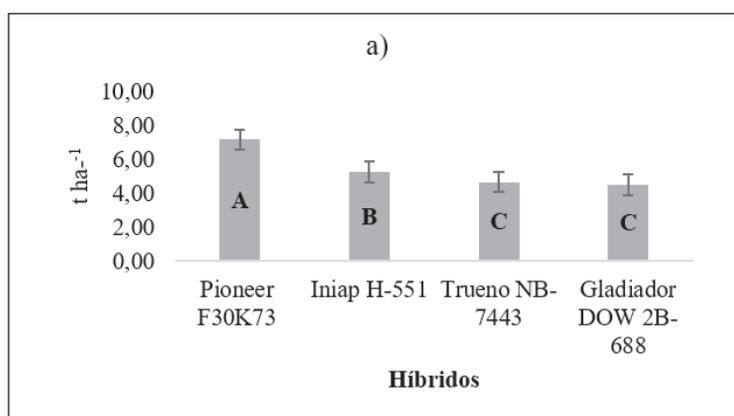
Por el contrario, Iniap H-551 obtuvo un 17,5% de afectación, siendo el híbrido mejor adaptado a la zona, mientras Trueno N., y Pioneer F., alcanzaron un 22,5 y 29,3% de afectación, respectivamente (Figura 2g). Las enfermedades se presentaron en todos los tratamientos, en distintas proporciones, debido a que no se usó funguicidas para que sea factible la evaluación de adaptabilidad de las plantas.

En cuanto a la tasa fotosintética, se concluye en la presente investigación que no se presentó diferencia estadística ($p=0,066$), entre los híbridos evaluados, debido a la aplicación del fertilizante nitrogenado, el cual influye directamente en la tasa fotosintética ya que fue aplicado de manera homogénea en todos los tratamientos, esto se determinó luego de usar el medidor de grados Spad, el cual sirve para detectar en el campo niveles críticos de nitrógeno en hojas de maíz específicamente de lo que depende la tasa fotosintética (Novoa, 2002). Sin embargo, Pioneer F., fue quien presentó mayor grado de asimilación de nitrógeno considerando la relación entre tamaño de la planta y número de hojas presentes en las plantas, lo que se encuentra reflejado en su rendimiento.

El rendimiento de los cultivos es dependiente al tamaño en el área foliar, el índice de área foliar y la duración de la misma, que es ocasionado por la presencia del mayor número de hojas por unidad de superficie (Olalde-Gutiérrez *et al.*, 2000), por ello las plantas que reciben la mayor proporción de energía radiante, tendrán una eficiencia fotosintética aumentada, aquellas plantas que se desarrollan más grandes y frondosas tienden a realizar sus procesos bioquímicos de manera correcta con rendimientos favorables (Arboleda, 2011).

Los resultados en cuanto al porcentaje de acame de la planta, días a la floración y días a la fructifica-

ción no presentaron diferencias estadísticas ($p=0,301, 0,817, 0,696$ respectivamente). Frente a este resultado se concluye que este efecto se presenta al estar todas las plantas expuestas a las mismas condiciones climáticas, aunque unas plantas se hayan desarrollado físicamente idénticas o no, al tamaño que corresponde a sus características genéticas, los días a la floración obtenida promedio por parte de todos los híbridos evaluados en la investigación fue de 57 días, con lo que se considera que todos los genotipos tienden a presentar un desarrollo precoz, al generar un promedio menor a los 60 días a la floración, considerado como el tiempo establecido para el trópico húmedo en cuanto a los híbridos (Tosquy *et al.*, 2005).



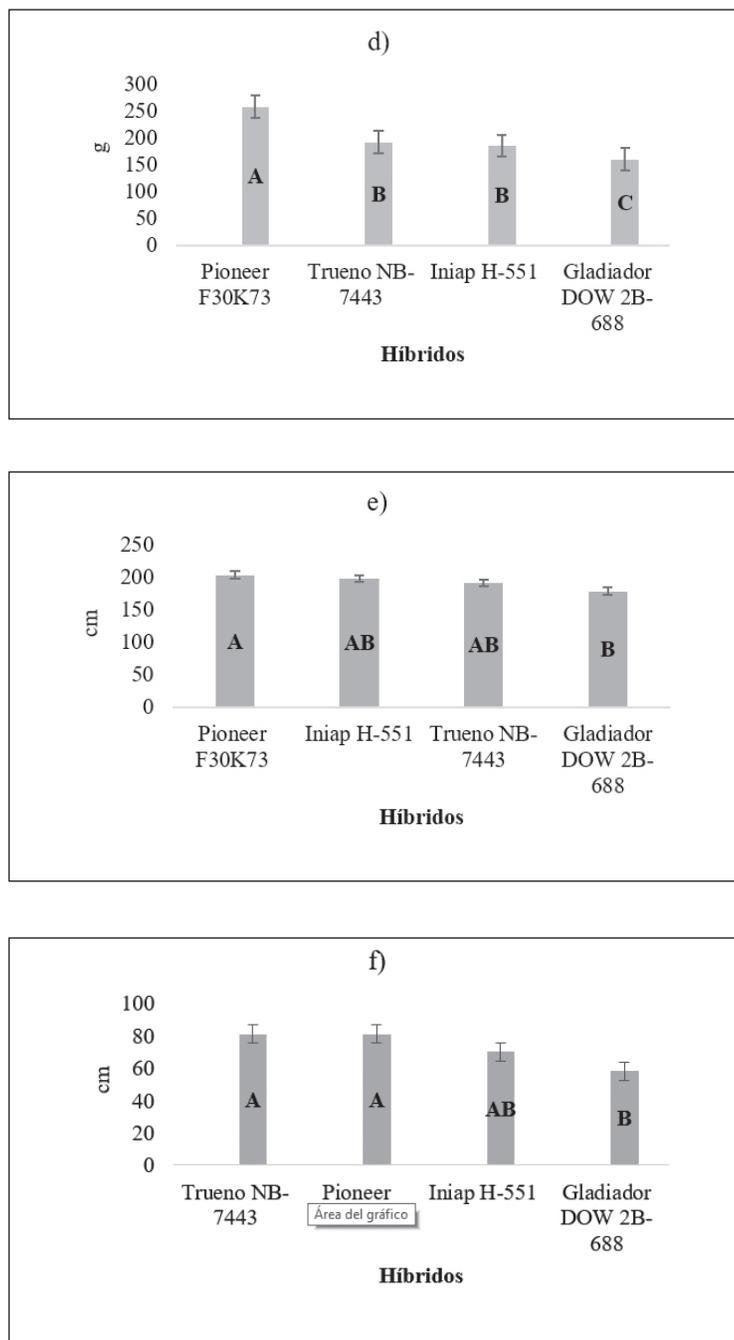


Figura 2. Variables estudiadas en la evaluación del desarrollo y rendimiento de maíz, utilizando cuatro híbridos en la parroquia Luz de América, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: rendimiento del cultivo (a), longitud de la mazorca (b), diámetro de la mazorca (c), peso de la mazorca (d), altura de la mazorca (e) y altura de la inserción a la mazorca (f).

4. Conclusiones

Luego del análisis correspondiente de los resultados, se concluye que durante el periodo de tiempo evaluado, noviembre-febrero 2016, donde se presenta el inicio de las lluvias, el híbrido que mejor se desarrolla y genera los más altos rendimientos, bajo las condiciones agroclimáticas que ofrece la

zona de Luz de América, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, fue el híbrido Pioneer F30K73®, siendo una de las mejores opciones que tiene el agricultor al momento de elegir un material genético para cultivar, dentro del periodo evaluado.

Luego de realizar las correspondientes comparaciones se afirma que la adaptabilidad de una planta

depende de la zona agroclimática donde está establecida, ya que mediante su influencia se pueden o no expresar los rasgos fenotípicos y genotípicos que poseen los híbridos, lo que repercute directamente en el desarrollo de la planta y en el rendimiento productivo de la misma.

En cuanto al desarrollo de la planta, mediante nuestra investigación se concluye que los híbridos utilizados tienden a generar una producción que tiene relación directa con el tamaño de la planta, por tanto mientras más grande sea la planta de maíz, mayor producción se presentará, debido a que la eficiencia fotosintética de la planta es mayor, por ende sus procesos bioquímicos tienen rendimientos favorables.

Referencias

- Andino, B. (2009). *Evaluación de la producción de seis híbridos de maíz duro, con dos formulaciones de fertilización química en la zona de Balzar, provincia del Guayas*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Aguilar Carpio, C., Escalante Estrada, J. A. S. & Aguilar Mariscal, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Revista Terra Latinoamericana*, 33(1), 51-62.
- Aguiluz, A. (1998). Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en ambientes de Centroamérica, Panamá y el Caribe. *Agronomía Mesoamericana*, 9(1), 28-37.
- Arboleda, M. (2011). Efecto de la irradiancia en el crecimiento y desarrollo de *Aptenia cordifolia* (L.f.) Schwantes como cobertura ornamental, Venezuela. *Revista Bioagro*, 23(3), 175-184.
- ARIS (2014). Ficha técnica. Obtenido de: <https://s3.amazonaws.com/apprunn-acl/COM-PRU-01/ARQ88/application/FT-DOW-2B688.pdf>
- Ávila, M. E., Borges, O. L., & Bernáez, J. C. (2009). Caracterización biométrica del cultivo y perfil descriptivo de mazorcas del híbrido de maíz superdulce “delicia” (bt1), Venezuela. *Revista Bioagro*, 21(2), 143-147.
- Baca, L.A. (2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- CIMMYT - Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (1999). *Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT*. México D.F.: CIMMYT.
- Domínguez, R. (2005). Proyecto de investigación agronómica sobre el efecto del ácido giberélico activado en la producción de frutas y hortalizas. Madrid.
- FIRA - Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2016). *Panorama agroalimentario*. México: Dirección de investigación y evaluación económica sectorial. Maíz 2016.
- Garzón, D., Vélez., J. & Orduz, J. (2013). Efecto del déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de frutos de naranja Valencia (*Citrus sinensis* Osbeck) en el piedemonte del Meta, Colombia. *Revista Acta Agronómica*. 62(2), 136-147.
- INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, ESPAC-2016*. Quito: Unidad de Estadísticas Agropecuarias.
- Lusero Sumba, E. (2013). *Producción histórica de maíz duro seco*. Quito: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Monteros Guerrero, A., & Salvador Saráuz, S. (2014). *Rendimiento de maíz duro seco en verano*. Quito: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Mosaic, A. (2005). Soluciones de fertilización, comparación de requerimientos nutricionales de soja y maíz. Obtenido de: <https://www.agrositio.com.ar/noticia/53388-recomendaciones-para-el-cultivo-de-la-soja>
- Novoa, R. (2002). Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz, Chile. *Revista Agricultura Técnica*, 62(1), 166-171.
- Olalde-Gutiérrez, V.M., Escalante-Estrada, J.A., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Mas-

- tache-Lagunas A.A. & Carreño-Román, E. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido, México. *Revista Terra*, 18(4), 313-323.
- Sánchez Ortega, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Re-
duca (Biología)*. Serie Botánica, 7(2), 151-171.
- Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R., Violic, A. D., & Marathée, J. P. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*, Roma: FAO, Departamento de Agricultura, Grupo de Cultivos Alimentarios Extensivos Servicio de Cultivos y Pastos. Roma.
- Paratori, O. (1986). Producción de maíz y comportamiento de híbridos comerciales. *IPA La Platina*, 37, 44-48.
- Santos M., Segura, M., & Núñez, C.E. (2010). Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63 (1), 5253-5266.
- Segovia, J. (2006). *Evaluación agronómica de tres híbridos de maíz (Zea mays l.) con cinco dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, bajo el sistema de siembra directa en la zona de San Carlos, Quevedo*. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.
- Sillon, M. (2012). Programa de investigación en cultivos extensivos - Las principales enfermedades fúngicas del cultivo de maíz. Facultad de Ciencias Agrarias de Esperanza, Santa Fe. *Revista Horizonte A*, 7-12.
- Ritchie, S.W., Hanway, J.J., & Benson, G.O. (1993). *How a corn plant develops*. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, Ames.
- Tosquy, O.H., Palafox, C.A., Sierra, M.M., Zambada, M.A., Martínez, M.C. & Granados, R.G. (2005). Comportamiento agronómico de híbridos de maíz en dos municipios de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 7-12. <https://doi.org/10.15517/am.v16i1.5177>
- Wong, R., & Gutiérrez del Río, J. (2007). Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 181-189.
- Zambrano, G. (2016). *Plan de semillas de maíz duro de alto rendimiento (MAGAP), costos de producción y rentabilidad en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.